

INTERACCIÓN  
XII  
2011

**XII Congreso Internacional de  
Interacción Persona-Ordenador  
2-5 de Septiembre de 2011  
Lisboa (Portugal)**

<http://interaccion2011.aipo.es>

**ACTAS DEL XII CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR (INTERACCIÓN 2011)**

**EDITORES**

**Nestor Garay Vitoria  
Julio Abascal González**

**Actas del XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador  
Interacción 2011**

**Editores:** Néstor Garay Vitoria y Julio Abascal González

**ISBN:** 978-84-9281-234-9

**IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., Madrid, 2010**

**Edición:** 1ª

**Impresión:** 1ª

**Nº de páginas:** 392

**Formato:** 17 x 24

**Materia CDU:** 004 Ciencia y tecnología de los ordenadores. Informática

Reservados los derechos para todos los países de lengua española. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 270 y siguientes del código penal vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reprodujeren o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte sin la preceptiva autorización. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste electrónico, químico, mecánico, electro-óptico, grabación, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización escrita por parte de la editorial.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos), [www.cedro.org](http://www.cedro.org), si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

COPYRIGHT © 2011 IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.

[info@garceta.es](mailto:info@garceta.es)

**Actas del XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador Interacción 2011**

Derechos reservados ©2011 respecto a la primera edición en español, por LOS AUTORES

Derechos reservados ©2011 respecto a la primera edición en español, por IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.

1ª Edición, 1ª Impresión

ISBN: 978-84-9281-234-9

Depósito legal: M-33924-2011

**Maquetación:** Los Editores

**Coordinación del proyecto:** @LIBROTEX

**Impresión y encuadernación:** PRINT HOUSE, S.A.

**IMPRESO EN ESPAÑA -PRINTED IN SPAIN**

*Nota sobre enlaces a páginas web ajenas:* Este libro puede incluir referencias a sitios web gestionados por terceros y ajenos a IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., que se incluyen sólo con finalidad informativa. IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., no asume ningún tipo de responsabilidad por los daños y perjuicios derivados del uso de los datos personales que pueda hacer un tercero encargado del mantenimiento de las páginas web ajenas a IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., y del funcionamiento, accesibilidad y mantenimiento de los sitios web no gestionados por IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., directamente. Las referencias se proporcionan en el estado en que se encuentran en el momento de publicación sin garantías expresas o implícitas, sobre la información que se proporciona en ellas.

## CONGRESO ORGANIZADO POR



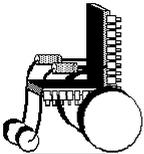
**Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO)**

[www.aipo.es](http://www.aipo.es)

## COLABORAN

**Laboratorio de Interacción Persona-Computador para  
Necesidades Especiales (LIPCNE)**

[www.kat.ehu.es/s0139-lipcneh/es](http://www.kat.ehu.es/s0139-lipcneh/es)



**Asociación de Técnicos de Informática (ATI)**

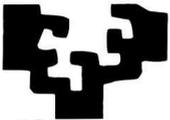
[www.ati.es](http://www.ati.es)



**RedWhale Software**

[www.redwhale.com](http://www.redwhale.com)

eman ta zabal zazu



**Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea  
(UPV/EHU)**

[www.ehu.es](http://www.ehu.es)



**Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores  
Investigação e Desenvolvimento em Lisboa (INESC-ID Lisboa)**

[www.inesc-id.pt](http://www.inesc-id.pt)



## PRESENTACIÓN

Este libro recoge los trabajos aceptados en el XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador “Interacción 2011” celebrado del 2 al 5 de septiembre de 2011 en Lisboa (Portugal).

Interacción 2011 es un congreso internacional, organizado por la Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO), que tiene como principal objetivo promover y difundir los avances recientes en el área de la Interacción Persona-Ordenador (IPO), tanto a nivel académico como profesional.

La serie de congresos Interacción pretende difundir el conocimiento de la Interacción Persona-Ordenador a todos los ámbitos y disciplinas universitarias afectados, Informática, Sociología, Comunicación Audiovisual, Ciencias Empresariales, Bellas Artes, Psicología Cognitiva, etc., y dar a conocer a la Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO). AIPO viene 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 (en el CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (dentro del CEDI 2007), Albacete (2008), de forma conjunta Barcelona (España) y Armenia (Colombia) (2009) y Valencia (integrado en el CEDI 2010). En este tiempo, Interacción ha puesto en contacto a diferentes grupos de trabajo de todo el mundo, principalmente hispano y luso parlantes, para establecer vínculos de colaboración, y ha potenciado la relación entre la universidad y la empresa.

El objetivo de la XII edición de Interacción es mejorar el conocimiento mutuo de las comunidades científicas portuguesa y española que trabajan en el área de la IPO y facilitar colaboración entre ambas. La organización local ha estado a cargo de INESC-ID de la Universidade Técnica de Lisboa. Además, en 2011 Interacción se celebra junto con el congreso INTERACT 2011, organizado por el IFIP TC13, lo que permitirá aumentar la proyección internacional de los participantes.

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. Se ha recibido un total de 66 contribuciones. El panel de revisores ha seleccionado 24 artículos largos de entre los 55 recibidos (con un 43,6% de aceptación), 18 artículos cortos y 3 posters, que forman parte de este volumen. A ellos se les añaden las dos conferencias invitadas al congreso a cargo de los profesores Gerrit Van deer Veer (Universidad Abierta de los Países Bajos) y Simone DJ Barbosa (Pontificia Universidade Católica de Rio de Janeiro, Brasil), a los que debemos agradecer su entusiasta colaboración.

Los temas tratados en los artículos que se presentan aquí muestran una disciplina cambiante y muy dependiente de los avances tecnológicos: realidad virtual y aumentada, sistemas para la colaboración (CSCW/CSCL), desarrollo de interfaces basadas en modelos, interacción para personas con discapacidad, evaluación de sistemas interactivos, accesibilidad de la información, herramientas y entornos para el desarrollo de interfaces de usuario, diseño gráfico, bellas artes e interacción, experiencias en empresas, o interacción, aprendizaje y enseñanza, etc.

Confiamos en que los lectores encuentren este volumen una referencia útil dentro del área de la Interacción Persona-Ordenador.



## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer al INESC-ID de la Universidade Técnica de Lisboa y al grupo de investigación LIPCNE (Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales) de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea su implicación en la organización de este evento. Asimismo, agradecemos sinceramente a los miembros del comité de programa su esfuerzo en la revisión de artículos y al comité de organización su impecable labor. Finalmente, felicitamos a los autores de las ponencias por la calidad de sus trabajos que hacen de estas actas una referencia valiosa.

Julio Abascal González  
*Presidente del congreso Interacción 2011*

Nestor Garay Vitoria  
*Presidente del comité de programa del congreso Interacción 2011*

*Junio de 2011*



# COMITÉS

**Presidente del Congreso:** Julio Abascal (UPV-EHU)

## Comité Organizador

### Co-presidentes del comité organizador:

- Joaquim Jorge (INESC-D, GPCG, IST/U T Lisboa)
- Pedro Campos (INESC-ID, U. de Madeira)

### Miembros del Comité organizador:

- Responsables de comunicación con la Industria: Juan José Rodríguez (Bankinter) y Ruy Lopes (LaSIGE/U. de Lisboa)
- Responsables del sitio Web: Victor López-Jaquero (U. Castilla-La Mancha), Naroa Sasieta y Nestor Garay (UPV-EHU)
- Responsables del consorcio doctoral (en combinación con INTERACT'11: Gitte Lindgaard (Carleton U.) y Manuel João Fonseca (INESC-ID, U. P. de Lisboa)
- Responsables de los tutoriales (en colaboración con INTERACT'11): José Creissac Campos (U. of Minho) y Paula Kotze (U. of South Africa)
- Responsables de Workshops: (en colaboración con INTERACT'11) Julio Abascal (UPV-EHU) y Nuno Guimarães (U. de Lisboa)
- Comité asesor Interacción: Pedro Latorre (U. de Zaragoza), Oscar Pastor (U. P. de Valencia), Pascual González (U. de Castilla-La Mancha)

## Comité de Programa

**Presidente del Comité de programa:** Nestor Garay, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

### Miembros del Comité de Programa:

#### *Nacional*

- Julio Abascal, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
- Silvia Abrahao, Universidad Politécnica de Valencia
- Crescencio Bravo, Universidad de Castilla-La Mancha
- Angélica de Antonio Jiménez, Universidad Politécnica de Madrid
- Antonio Díaz, Universidad de Málaga
- Xavier Ferré, Universidad Politécnica de Madrid
- Nestor Garay, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
- Francisco García, Universidad de Salamanca
- Roberto García, Universitat de Lleida
- Xabiel García, Universidad de Oviedo
- José Luis Garrido, Universidad de Granada
- Miguel Gea, Universidad de Granada
- Rosa M. Gil, Universitat de Lleida

## X Comités

- José Luis González Sánchez, Universidad de Lleida
- José Mariano González, Universidad de Sevilla
- Toni Granollers, Universidad de Lleida
- Francisco Gutiérrez, Universidad de Granada
- Javier Jaén Martínez, Universidad Politécnica de Valencia
- Pedro M. Latorre Andrés, Universidad de Zaragoza
- Juan Miguel López, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
- Victor M. López Jaquero, Informática de Albacete
- María Dolores Lozano Universidad de Castilla-La Mancha
- José A. Macías, Universidad Autónoma de Madrid
- Mari-Carmen Marcos, Universidad Pompeu Fabra
- Francisco Montero, Universidad de Castilla-La Mancha
- Roberto Moriyón, Universidad Autónoma de Madrid
- Marta Oliva, Universitat de Lleida
- Manuel Ortega, Universidad de Castilla-La Mancha
- José Ignacio Panach Navarrete, Universidad Politécnica de Valencia
- Óscar Pastor, Universidad Politécnica de Valencia
- Pere Ponsa, Universitat Politècnica de Catalunya
- Miguel Angel Redondo, Universidad de Castilla-La Mancha
- Arcadio Reyes, Universidad de Málaga
- Mireia Ribera, Universitat de Barcelona
- Montserrat Sendín, Universitat de Lleida
- Angel Velázquez, Universidad Rey Juan Carlos
- Manuel Vélez, Universidad de Granada

### *Internacional*

- José Creissac Campos, Universidade do Minho, Portugal
- Luis Carriço, Universidade de Lisboa, Portugal
- Teresa Chambel, Universidad de Lisboa, Portugal
- Alfredo Ferreira, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal
- M. J. Fonseca, Universidad Técnica de Lisboa, Portugal
- Peter Forbrig, Universität Rostock, Alemania
- Alex Sandro Gomes, Universidade Federal de Pernambuco, Recife- Brasil
- María Paula González, Universidad Nacional del Sur, Argentina
- Víctor M. Gonzalez, Universidad de Manchester, UK
- Philippe Palanque, Universidad Paul Sabatier, France
- Angel Puerta, RedWhale Software, USA
- Cuauhtemoc Rivera Loaiza, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
- Marcela D. Rodríguez, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México
- Teresa Romao, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
- Gustavo Rossi, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
- Cristian Rusu, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
- Markel Vigo, University of Manchester, Reino Unido

# Contenido

## XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Interacción 2011

---

### Conferencias invitadas

---

Interaction Design for Free Learning.....	3
Gerrit C. van der Veer	
Designing and Evaluating Interaction as Communication.....	19
Simone DJ Barbosa	

---

### Accesibilidad de la información

---

Influencia de los Gestores de Contenidos en la Accesibilidad Web.....	23
Juan Miguel López Gil, Afra Pascual Almenara, Lucía Masip Ardevol, Toni Granollers i Saltiveri, Xavier Cardet	
Análisis de la usabilidad en un programa de estimulación cognitiva para mayores.....	33
María José Rodríguez Fórtiz, María Luisa Rodríguez Almendros, María Visitación Hurtado Torres, Alfonso Caracuel, Sandra Ramajo, Elsa Trigueros Sánchez, Álvaro López, Inmaculada Rubio Gil, I. Rubio, A. Fernández	
Requisitos de accesibilidad web en los reproductores multimedia.....	43
María González, Lourdes Moreno, Paloma Martínez, Ana Iglesias	

---

### Desarrollo de interfaces basadas en modelos I

---

Extensión a UsiXML para el Soporte del Awareness.....	57
José Figueroa Martínez, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Víctor Manuel López Jaquero, Pascual González López	
An Experimental Usability Evaluation Framework for Model-Driven Tools.....	67
José Ignacio Panach Navarrete, Nelly Condori-Fernández, Arthur Baars, Tanja Vos, Ignacio Romeu, Óscar Pastor	
User Objectives as a guide to develop an interactive application.....	77
Begoña Losada, Maite Urretavizcaya, Isabel Fernández de Castro	

---

### Herramientas y entornos para el desarrollo de interfaces de usuario

---

Soporte para el Análisis de la Arquitectura de la Información en Aplicaciones Web.....	89
--	----

## XII Contenido

Luis A. Rojas, José Antonio Macías Iglesias	
Heurísticas para derivar una interacción multi-táctil a partir de modelos.....	99
Víctor López-Jaquero, Elena Navarro, Enriqueta Sánchez, Francisco Montero	
MProject: Herramienta para la administración de proyectos bajo el Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad (MPIU+a).....	109
Alexandra Ruiz, Toni Granollers	
GeMMINI: Prototipado de interfaces de usuario sobre múltiples dispositivos. Una estrategia basada en Líneas de Producto y MDD.....	113
Ignacio Mansanet Benavent, Joan Fons, Ismael Torres, Vicente Pelechano	

---

### Experiencias en la empresa

---

Interacción natural sin marcas.....	119
Carina S. González, David Cabrera, José Sigut, Melvin Gutiérrez	
Experiencia Interuniversitaria en el Diseño de Sistemas Interactivos Automatizados.....	129
Alejandro Chacón, Pere Ponsa, Álex Pérez, Ramón Vilanova	
Caso práctico: Estudio de una plataforma CRM ( <i>Customer Relationship Management</i> ) en su versión de distribución gratuita y su versión profesional de pago.....	133
Manolo Fernández, Eva Villegas, Marc Pifarré	
Hacia una metodología sistemática de evaluación de la calidad en uso.....	139
Santiago Fernández Zumaquero, Francisco Montero Simarro, Víctor López, Pascual González	

---

### Desarrollo de interfaces basadas en modelos II

---

Generación de Interfaces de Usuario Accesibles para Entornos Ubicuos, Basadas en Modelos.....	145
Raúl Miñón, Julio Abascal, Amaia Aizpurua, Idoia Cearreta, Borja Gamecho, Nestor Garay	
Aplicación de la ontología <i>Affinto</i> para el desarrollo de un sistema de conversación emocional por texto.....	155
Idoia Cearreta, Nestor Garay	
Evaluación de una plataforma semántica para la Interacción con la Web de Datos.....	165
Josep Maria Brunetti Fernández, Rosa Gil Iranzo, Antonio López Muzás, Juan Manuel Gimeno Illa, Roberto García González	
Descripción Formal de Propiedades Esenciales de las Interfaces de Usuario Distribuidas.....	169

J. J. López, Jose A. Gallud, E. Lazcorreta, A. Peñalver, F. Botella

---

## Sistemas para la colaboración (CSCW/CSCL)

---

Un Marco Conceptual Para el Modelado de Mecanismos de Awareness en Sistemas Colaborativos.....	175
Fernando Gallego, Ana Isabel Molina, Jesus Gallardo, Crescencio Bravo	
Propuesta Arquitectónica para Sistemas Colaborativos, Ubicuos y Sensibles al Contexto.....	185
Juan Enrique Garrido Navarro, Víctor Manuel Ruiz Penichet, María Dolores Lozano Pérez	
Aplicando RFID para Mejorar la Interacción en los Nuevos Escenarios.....	189
Elena de la Guía, María D. Lozano, Víctor R. Penichet	
Multilingüismo en la Web: Pautas para un Diseño Centrado en el usuario.....	193
M. del Mar Andreu, Mari-Carmen Marcos	
TouchBoard: Collaborative Work over Multi-touch Surfaces.....	197
Miguel Silva, Joaquim Jorge	

---

## Interacción para personas con discapacidad

---

Evaluación de un sistema accesible de control domótico.....	209
Judith Casacuberta, Fausto Sainz, Marta Díaz, Jaisiel Madrid	
Comparativa de dos estilos de interacción con niños de educación especial.....	219
César Ortea, Javier Marco, Sandra Baldassarri, Eva Cerezo	
Sistema de Mobile Learning con Capacidades Colaborativas para Alumnos con Necesidades Especiales.....	229
Álvaro Fernández, María José Rodríguez-Fórtiz, María Luisa Rodríguez-Almendros	

---

## Realidad virtual y aumentada I

---

A Novel Platform for Managing Interactive Learning with Augmented Reality and Virtual Agents.....	241
Héctor Martínez, Isabelle Hupont, Luis Miguel Sanagustín, David Abadía, Rafael del-Hoyo, Carlos Sagüés	
Comparación de Retorno de Fuerza, Vibrotáctil y Estimulación Directa para la Detección de Texturas.....	251
Jonatan Martínez, Arturo García Jiménez, Diego Martínez Plasencia, José P. Molina Massó, Pascual González López	
ObservAR, sistema de realidad aumentada multiusuario para exposiciones....	261
Jesus Gimeno, Ricardo Olanda, Bibiana Martinez, Fernando M. Sanchez	

---

## Evaluación de sistemas interactivos

---

Enriqueciendo la Evaluación en Videojuegos.....	273
José Luis González Sánchez, Rosa María Gil Iranzo, Francisco Luis Gutiérrez Vela	
Concreción de la Experiencia de Usuario mediante Atributos de Calidad.....	283
Llucía Masip, Marta Oliva, Toni Granollers	
La técnica del Eye tracking para analizar la usabilidad de un portal web de administración online.....	293
Afra Pascual, Toni Granollers	
Evaluating the Usability of OWL-VisMod: a Modelling Tool for OWL Ontologies.....	297
Juan García, Francisco J. García, Roberto Therón	

---

## Diseño gráfico, bellas artes e interacción

---

Doble flujo en la interacción: flujo de datos y flujo de la escena. Interacción dual en instalaciones de arte.....	303
José M <sup>a</sup> Alonso Calero, Arcadio Reyes Lecuona, Jesús Marín Clavijo, Josefa Cano García	
Una aproximación a la estética de la Realidad Aumentada.....	313
Jesús Marín Clavijo	

---

## Interacción, aprendizaje y enseñanza

---

Supporting Moodle-based lesson of Software Engineering through visual analysis.....	319
Diego Alonso Gómez Aguilar, Miguel Ángel Conde-González, Roberto Therón, Francisco José García-Peñalvo	
WastEdu: Usando una plataforma de Interfaces Tangibles con fines didácticos.....	329
Guillermo Frías Marín, Javier Marco Rubio, Francisco Jose Serón Arbeloa, Pedro M. Latorre Andrés, Ana De Echave Sanz	
Tecnologías Multitáctiles para Mejorar la Visualización de Mapas Colaborativos.....	333
Pedro González Villanueva, Ricardo Tesoriero, Gabriel Sebastián, José A. Gallud	
Ecosystem Room: Um Sistema Tangível para a Consciencialização Ambiental Infantil.....	337
Miguel Almeida, Teresa Romão	
Interacción tangible para desarrollar competencias comunicacionales en educación especial.....	341

Sandra Baldassarri, Javier Marco, Cecilia Sanz, Andrea Guisen, Armando de Giusti, Eva Cerezo

---

## Realidad virtual y aumentada II

---

Espejo aumentado: sistema interactivo de Realidad Aumentada basado en Kinect.....	347
Lucia Vera, Jesus Gimeno, Inmaculada Coma, Marcos Fernández	
Continuous Facial Affect Recognition from Videos.....	357
Sergio Ballano Pablo, Isabelle Hupont, Eva Cerezo, Sandra Baldassarri	

---

## Pósteres

---

MOVE-ON: otro sistema de interacción.....	369
Agustín Linares, Juan Galán Páez, Jose María Alonso Calero, Jesus Marín Clavijo	
Propuesta de estandarización de la configuración en los magnificadores de pantalla.....	371
Elena Ballesteros, Mireia Ribera, Elena Sánchez	
Guía de Especificación para el EUD.....	373
José Antonio Macías Iglesias, Silvia Teresita Acuña Castillo, Miguel Ángel Mora Rincón, Juan de Lara Jaramillo, Roberto Moriyón Salomón	
Índice de autores.....	375



## **Conferencias invitadas**



# Interaction Design for Free Learning

Gerrit C. van der Veer

Open University the Netherlands

[gvv@ou.nl](mailto:gvv@ou.nl)

Short Bio. Gerrit C. van der Veer has been working in University since 1961. He started in Cognitive Psychology, moved to Ergonomics, and into Computer Science, where he specialized in design of interactive systems. He has been teaching in many European countries including Belgium, Germany, Spain, Italy, Romania, and the Netherlands. His research concerns user centered design methods, task modeling, individual differences, cultural differences, mental models, and visualization. He is currently employed by the Dutch Open University Faculty of Computer Science, and the University of Sassari (Italia) Faculty of Architecture. Gerrit is President of ACM SIGCHI, the world leading international society for human-computer interaction; he is also president of EACE, the European Association of Cognitive Ergonomics.

## 1. Introduction

This paper is based on 50 years of teaching in academia, in many different contexts (departments of Psychology, Computer Science, Ergonomics, Information Sciences, and Architecture and Design), in various European locations (Netherlands, Belgium, Romania, Spain, Germany, Italy). Looking back, the topic of all of this could be considered Interaction Design, and in each context the teaching went along with discovery and research (which I consider “learning”) on relevant concepts, conceptual frameworks, techniques, and tools.

### 1.1 Interaction Design – what is New?

Interaction Design is an ancient craft. The oldest surviving musical instruments (bone flutes, about 40000 years old [7]) were explicitly designed to react with a choice from a tone scale depending on the player’s blowing and finger applications. The oldest computing device was the abacus, invented in China ca 3000 BC [5].

Interaction Design as a science, on the other hand, is a recent development. Starting from diverse backgrounds like Cognitive Psychology (focusing on human learning and human responses to stimuli from outside systems) and Ergonomics (aiming at adapting artifacts to human size and human abilities and competences) the science of Cognitive Ergonomics

developed since the eighties. Computer Science and Artificial Intelligence jumped in based on the progress of building adapting systems. Artistic disciplines like Multimedia Design, Cinematography, and Theater Science contributed with their knowledge on how to manipulate human attention and how to induce emotional reactions in an audience. All these developments now are contributing to a massively multidisciplinary effort to provide design knowledge for interactive systems. Large international conferences like CHI, INTERACT, and HCI-International developed into the forum of this movement, where Interaction Design is the current label for, both, again a craft, and a newly developing body of grounded knowledge that is about to claim it is a science in itself [9].

## 1.2 Interaction Design and Culture

These various contexts of teaching and related learning turned out to be extremely different in culture. In some cases the teacher was supposed to know it all, in contrast to the students who were valued to consume or even to learn by heart; in other cultures the academic climate was considered to value co-discovery and joint growth in understanding by all stakeholders concerned. Related to the values of power-distance and acceptance of authority were the norms and customs of who would be in the lecture hall first (students or each other) and how people would address each other (“Dear Professor” or “Hi Gerrit”). I have seen professors in white coat, and students in blue suit and tie, as well as both of these in jeans. From these observations we learn to pay attention to cultural variations also for the topic of our science: interaction design will have to consider culture of the users of our design, and, in fact, all stakeholders of the interactive systems that are designed, produced, and deployed. In that respect I learned it is absolutely needed that designers, as well as scientists who develop the designers’ knowledge, techniques and tools, be aware of relevant cultural differences between stakeholders of design. This concerns at least (1) esthetics; (2) language; and (3) cultural values.

1. Esthetics: Interaction Design by necessity includes perceptual aspects, since this is both the trigger for new actions of the human user, and feed-back on the user’s actions. Perception, in this case, is never “objective”. It is a process in the mind of the perceiver that concerns the interpretation of the meaning, the appreciation of what is perceived, the emotional value attributed to it, and the perceiver’s tendency to (re)act, all of which is strongly affected by the customs, ethics, and fashion that are part of the user’s culture.
2. Language: Apart from the obvious aspect of the verbal language, there are all kind of perceived communication elements that may well be understood differently by user groups from different cultural background (or from a cultural background different from the owner of the interactive system): signs and gestures, symbols and icons, colors (think of the meaning of the color red in the western culture (danger, or at least attention needed) vs. in China (love and happiness); think of the taboo for the color green in French theaters since Moliere died on stage dressed in green).

3. Cultural values: Hofstede et al [4] show that both organizational and geographic cultures differ significantly in values on a small number of dimensions (e.g., power distance, masculinity, uncertainty avoidance, individualism), which, in turn, effect appreciation of system behavior, as well as norms and habits that are part of the context in which interactive systems may be accepted or rejected.

To make the picture complete (and more complex) we need to be aware the context and its culture are developing structurally, and the cultural change is significantly triggered by the availability of new interactive systems: The Arab number system, once accepted by the Catholic Church, provided the Western world with the concept of “zero”, and enabled, blessed by the church, calculating and trading interest on loans. Facebook enables and facilitates linking with friends of friends and dilutes the concept of privacy.

### 1.3 The Object of Design: Interactive Systems

When we are considering Interaction Design, we should be aware the objects of design can be of many types:

- (Physical) things, like the flutes and abacus we mentioned before, as well as books, card desks, laptops and cell phones. Some of these interact with the human user in rather predictable ways: the flutes and books most of the time, the laptop sometimes not. Still, we only consider them interactive if to a certain extent we can understand why these systems react on our actions and if it makes sense for us to plan or predict interactions with them.
- Structures and procedures like organizations (organizing a surprise birthday party), communication structures (a network of professional colleagues to cope with covering for each other in case someone falls ill), or services (how to pay for public transport) are certainly interactive systems that will be developed based on clear aims for interactively supporting certain types of interaction with stakeholders (who attend the birthday, who depend on a professional for help, who need to travel).
- Facilities on platforms, like the internet, multimedia, a cable network.
- Representations to assist human communication: gestures (like the airport employee standing offside the runway who visibly guides the airplane to the gate in a context where sound would not work; the policeman managing traffic); verbal commands (communication rules between planes and air traffic control); clothes and wearables (white coat and stethoscope in a hospital environment, wig and robe in court; any type of uniform); where the representation suggests how to interact with the persons that uses the representation. Even certain car accessories are design with the same intention: they suggest the car owner is active in a certain sports like skiing or cross-country driving.

## **2. Free learning**

The students we had the pleasure to work with were all “adults”, in ages from 18 years on. Especially in Open University contexts many students have a full time job as well as a family. Most of the time these students voluntarily choose for taking the course or the curriculum. At the same time, the teacher often lacks a background in didactics, and, in fact, sometimes this does not exist for the learning domain at a truly academic level that is at the same time a playground for academic research, where textbooks still need to be written. A teacher/researcher may well start from scratch, with no prior knowledge whatsoever. In the domain of designing interactive systems this is still daily practice.

In fact, the first academic course on structured programming of digital computers, in the Netherlands in the 60s, was taught by a Bachelor student of Psychology to a class that included full professors. The teacher of the first course on Service Design in Italy (he used to be that student 50 years ago) started the development of his course material by a thesaurus search for the meanings of the concept of “services”. Academic teachers in this domain need to be aware of their lack of knowledge and the general lack of tailor made knowledge resources. The main characteristic required is to be an “experienced learner” in addition to being an adventurous researcher. At the same time, it pays off to understand, and appreciate, that some students are at least as agile as their instructors in identifying opportunities. All learners, including the teacher, will benefit most if all are not just allowed, but in fact challenged, to try seriously to contribute to the building of new knowledge. Consequently, all stakeholders of the learning process own, and should share, the new insights. Our students are supposed to design tomorrow’s systems, applying tomorrow’s technical novelties for systems to be used in the context of tomorrow’s developing culture. Related to this these learners bring their own goals, not the goals of the Minister of Education or of the parents, or the educational standards of an existing society.

For the domain of Interactive Systems Design, progressive insight is due to learning and to active learners. Obviously, relevant free learning requires everybody to explicitly understand the importance of culture, of cultural differences, and of cultural changes both as conditions for the use of interactive systems and as effect of using them.

## **3. Interaction Design for Learning**

Research in this domain is multidisciplinary in nature. It requires the confrontation of multiple viewpoints, and, hence, it is grounded in teamwork. Most of the research of my PhD students, and a significant amount of thesis work of my Master students concerned interaction design: concepts, models, proof of concept studies and full blown systems, in that order whenever a new idea or concept eventually did lead to a new artifact that could be applied in context. The context, in all cases, was a course that we had the opportunity to develop and teach, often in another country or in a department that was alien to the originator

of the idea or concept. Purely by the nature of our traveling existence cultural and contextual differences were a guaranteed relevant variable in whatever study we managed to perform.

### 3.1. Our Preferred Design Method

We tried to avoid preaching an absolute truth, though we are well aware of our hobby horse. Our “in house” developed user centered design method DUTCH (design for users and tasks from concepts to handles [10]), itself based on GTA (groupware task analysis [11]) has been our example approach, and we always made it clear there are methods that might be more efficient in a certain design context, or that might fit better to a designer’s way of thinking depending on disciplinary background. At the back of an envelope, our method can be described as an iterative process stepping through a number of stages:

1. Investigate, model, and analyze the current state of the (relevant) world / context / culture(s) / stakeholders, and include an analysis of comparable or competing institutes / businesses in other contexts;
2. Based on challenges and needs identified in 1, on competitor analysis (our client may well aim to be the best, state of the art, and/or unique) and on (new) opportunities, envision and model a future new world;
3. For any new artifact in 2 (new procedure, new organization, new representation, new tool) analyze the design space:
  - identify a question that needs a decision;
  - collect / invent / dream of / all possible options (including risky ones) from all relevant disciplines;
  - identify criteria from viewpoints of all stakeholders of the design (including all types of users, technical professionals, legal entities, ergonomics, health, and finances);
4. Take explicit design decisions and record stage 3 for each;
5. Go back to stage 2, and change the model based on the effect of 4. Consequently, our standard teaching follows this approaches (duly stating there are others). And all the time, our examples are from earlier courses, where other students in another educational culture designed along the same way for a real client. And our students are aware their work may well feature future courses, probably in another country or discipline.

Together with our students we introduce a domain for (re)design, we discuss the current world and jointly identify state, issues, and questions. We challenge each other to find example solutions of competitors and of analogue situations in other worlds.

### 3.2. Teaching Techniques and Tools

In the evolving world of Interaction Design new techniques and tools are still being developed or discovered regularly, so we make it compulsory for all learners to identify

potential techniques and tools. This means that we provide pointers to resources ranging from the well known usability gurus to domain specific design pattern collections and tool repositories (e.g., for the course on service design: [servicedesigntools.org](http://servicedesigntools.org)). Since our type of students are supposed to have intrinsic motivations to be able to find new resources in their professional future, challenge them to, both, discover new resources, and to teach the tools to each other. After we provide them with video clips of a small number of (5-10 minute) “mini courses” on obvious tools (e.g., design space analysis, cognitive walkthrough) in a well designed and explicitly formatted way (the problem in 10 lines; a carefully worded definition to be put on the wall; a careful step by step description of all details of the technique; exciting examples with illustrations from previous courses). Subsequently, all students are required to teach each other, covering at least the complete list of techniques and tools known by the teacher, and challenged to identify other or newer techniques as well as to identify alternative or new definitions, descriptions or examples. In practice this regularly results in a student providing a quality and novel mini course that we happily add to our “canon”. For the duration of a course, the joint collection of recorded mini courses on tools and techniques is the standard resource for our students.

### **3.3. Clients for Learning to Design**

Our clients will always be “real”, i.e., we ask our students to work for small or medium size enterprises or institutes. If we were real lucky though, our students worked for national broadcast companies or international organizations like IFIP TC 13 or SIGCHI. Our clients will in fact contribute considerably to the learning. We ask them to be available for our apprentice design teams regularly during the course / project time. We tell them in advance that we do not guarantee the best solution, but that we provide them with well motivated design teams that, in turn, have access to state of the art design knowledge. We also explain them that implementation of a design, should they choose one for this purpose, will be a matter outside of the scope of the University. In fact we are well aware that in many cases student design teams or individual students develop a business relation with their client after the course.

Design will always be in a realistic setting. We will have at least two teams of design students that work for the same client. However, different from real life, these teams will meet regularly during the course, whether physically or through internet based meeting facilities.

In cases where we actually design for learning (this normally are design exercises for Master Students or PhD projects), we make sure we consider roles for all relevant stakeholders: (adult) learners; teachers; learning domain experts; study buddies (our analysis of the context of adult learners showed us this role often is essential to be filled in order to support the “lonely” and overcommitted isolated student).

Domain analyses repeatedly informed us about the relevant learning activities that feature in adult learning, many of which are not well supported by generally available educational resources. We provide just some examples, without pretending we are close to complete:

- Search identified knowledge;
- Browse for potentially relevant knowledge;
- Explore for possible relevant knowledge;
- Store identified relevant knowledge;
- Find a definition for a concept;
- Collect examples of a concept;
- Try to compose / identify an example;
- Assess current understanding of a concept;
- Apply insight to a new case;
- Experience a phenomenon;
- Discuss with a buddy;
- ...

Our PhD students are actively envisioning learning support:

1. Functionalities, first of all for learners (though they often, additionally, hit functionalities for domain experts and teachers):
  - storing learning objects with added own comments / annotations;
  - storing pointers to learning objects;
  - broadcasting comments,
  - discussing synchronously or asynchronously;
  - .
2. Modalities for providing learning objects:
  - Text on screen;
  - Documents to download and/or print;
  - Graphics with spoken text (voice over);
  - Video with voice over;
  - Video with sound (in many functionally different types: sound of what is shown; sound suggesting the reaction of the audience as in comedy series; sound commenting on the video; sound suggesting the experience of the audience;...)
  - Marking of core concepts identified in a text;
  - Adding post-it to identified concept;
  - Reading post-it from buddy;
  - .

## 4. Examples from free Learning Support

Over the years, students and teachers/researchers developed tools, environments, and examples of free learning support. In most cases the trigger was a need discovered in academic education, and the solution developed iteratively according to our design approach. New generations of learners allowed us to test early solutions and inspired improvements. And, as we are still responsible for learning, and, consequently, continue to meet motivated and eager students, the iterative development never seems to stop. The next examples should be considered work in progress, though the current state certainly serves its purpose and each of these is made available freely for learners as well as for teachers / domain experts who might want to add or improve according to their needs.

### 4.1. An Open Educational Resource: Human Information Processing

The course on human information processing was developed when computer science and information science students needed to understand some notions and models of the human side of interactive systems. We identified relevant aspects of cognitive psychology, as are discussed in most state of the art handbook for user centered design. We do not criticize these books, in fact we experienced they work well in a traditional classroom setting with simple laboratory facilities that allow the teacher to show the relevant phenomena as well as allow all students to personally experience these. Written text or oral explanation alone does not suffice, as we found out. Psychological textbooks tend to go into much more depth but still do not compensate for experience. Interactive technology, on the other hand, is currently readily available. Phenomena of perception and perceptible illusions; attention mechanisms and decision making, human motor behavior like the phenomena described by Fitts' law, are relatively easy to demonstrate. Figure 1. Screenshot of the course Human Information Processing One of our Master students developed an interactive online "course" that covers all these concepts, providing a general model, concepts and detail models, examples and possibilities to try out (e.g. doing Fitts' tasks with different input devices like mouse, touch pad, tracker ball, or whatever the learner's hardware provides to discover the actual effect of different devices on the parameters of the model). The course includes pointers to, both, literature to be found in libraries, and to reliable web-based further knowledge resources for each concept discussed [3]. Figure 1 is a screenshot of the course. This course is publicly available at [www.opener2.ou.nl/opener/hip/](http://www.opener2.ou.nl/opener/hip/) and we continue to collect fully anonymous logs of learner behavior, in order to be able to improve. A learner is completely free to choose any route through the material, to skip, and to go back. The system remembers each learner, as long as these returns using the same (free to choose) login identification. The system allows the learner to mark that a certain topic has been thoroughly studied, which the system will remember and show at new visits. In fact the student in this way develops and keeps a private trace through the material.

**OpenUniversityNederland**  
OpenER Course: Human Information Processing

**Organization of knowledge in the long-term memory**

There are two ways in which knowledge in long-term memory exists. Either it is explicit, then we are conscious aware of the knowledge, and we can recall or recognize it. Furthermore, we can explain things about it. Implicit knowledge, on the other side, is difficult to access consciously, and also hard to recall or recognize (like riding a bike). It is also difficult to explain how this implicit knowledge works, where it consists of. Generally, semantic and episodic memory is explicit knowledge. Procedural memory is implicit knowledge.

Overview  
 Media  
 Find out more  
 Progress

I completed this slide  
 I did not complete this slide

[previous](#) | page 9 of 10 | [next](#)

[Introduction](#)  
[Senses](#)  
[Perception](#)  
[Attention](#)  
[Memory](#)  
  [Working memory](#)  
    [Capacity](#)  
    [Chunking](#)  
  [Long term memory](#)  
    [Recall and recognition](#)  
    [Memory and design](#)  
    [Knowledge types](#)  
  **Knowledge organisation**  
    [Why bother?](#)  
  [Mental Models](#)  
  [Intention](#)

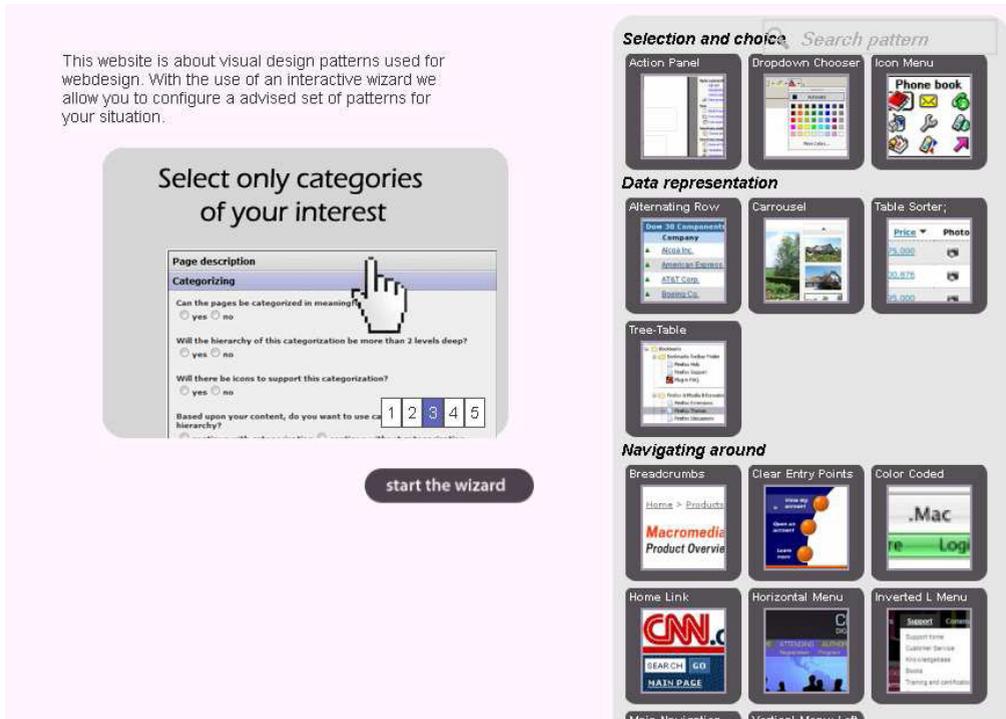
**Figure 1.** Screenshot of the course Human Information Processing

One of our Master students developed an interactive online “course” that covers all these concepts, providing a general model, concepts and detail models, examples and possibilities to try out (e.g. doing Fitts’ tasks with different input devices like mouse, touch pad, tracker ball, or whatever the learner’s hardware provides to discover the actual effect of different devices on the parameters of the model). The course includes pointers to, both, literature to be found in libraries, and to reliable web-based further knowledge resources for each concept discussed [3]. Figure 1 is a screenshot of the course. This course is publicly available at [www.opener2.ou.nl/opener/hip/](http://www.opener2.ou.nl/opener/hip/) and we continue to collect fully anonymous logs of learner behavior, in order to be able to improve.

A learner is completely free to choose any route through the material, to skip, and to go back. The system remembers each learner, as long as these returns using the same (free to choose) login identification. The system allows the learner to mark that a certain topic has been thoroughly studied, which the system will remember and show at new visits. In fact the student in this way develops and keeps a private trace through the material.

## 4.2. A Tool to Support Exploration: Visual Design Pattern Wizard

Visual design is an indispensable part of nearly any interactive system design.

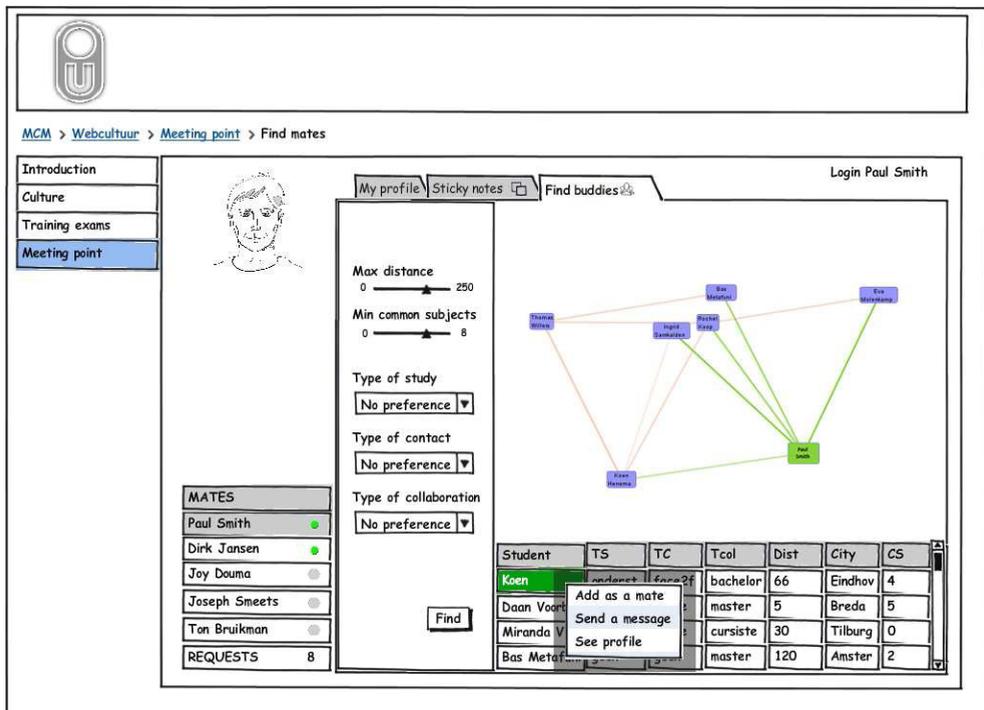


**Figure 2.** Screen of the Visual Design Pattern

A series of attempts to collect visual design patterns for screens and websites and provide these to designers have led to (a) a structured complete list (based on all publicly available design pattern collections) featuring readily available explanation on why, when, and how to use the patterns, illustrated with examples; (b) design pattern finding tool that asks questions on the design context and builds a suggested set of relevant patterns based on the answers; and (c) an exploration wizard that allows interactive exploration of the design space by trying out the relevance of context aspects (grouped by page characteristics, structure of the content; user characteristics, and the presence of certain page elements). The current state of approach c is the result of trials in courses in 3 countries, and still possibilities to improve are being detected. Also, two PhD students working on two different pattern collections (for the choice of modalities for learning resources, resp. for developing documentation) intend to adapt this wizard architecture for their domains. Again the tool (see Figure 2) is publicly available, currently at [www.patternwizard.nl/pattern/wizard](http://www.patternwizard.nl/pattern/wizard).

### 4.3. An Environment to Support Free Learning

PhD students and Master students joined forces to develop notions of free learning support (e.g., how to support meta-cognition and self assessment; how to develop a flexible and adaptive architecture for, both, teachers and domain experts, and students, to upload material, identify relevant material in the environment, communicate to each other, work in teams, and annotate learning objects for personal re-use) [8, 1, 6].



**Figure 3.** Sketch of a tool, inside a free learning environment, to find a study buddy

Figure 3 provides a concept sketch based on available working prototypes. In section 5 we will show a course that is actually using one implementation of our free learning environment.

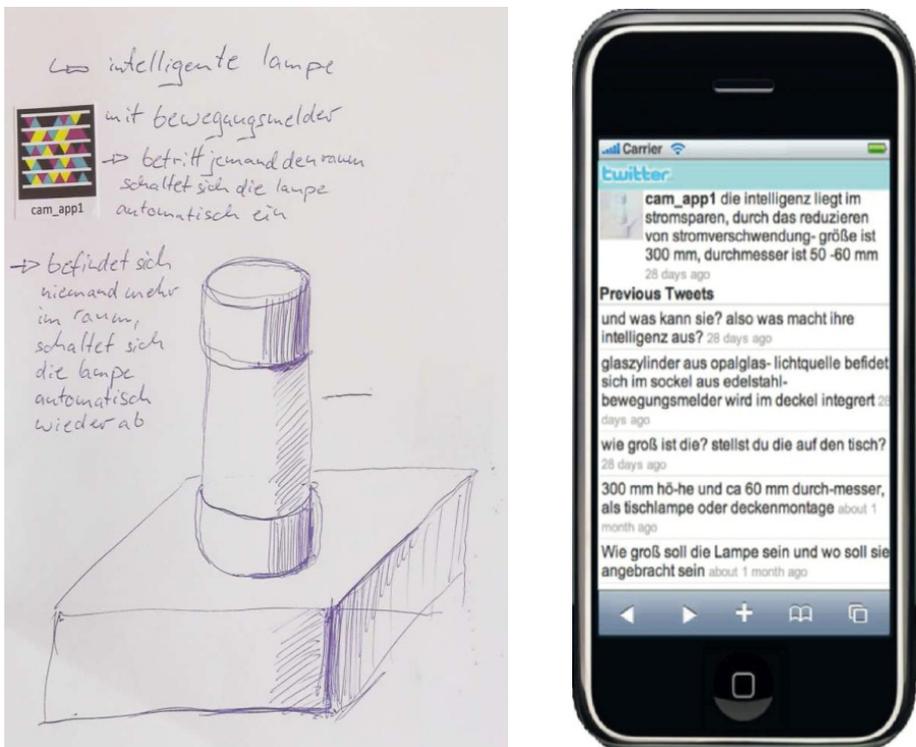
## 5. Examples from free Learning Practice

The ideas that our students develop are put in practice as soon as a reliably working prototype is available. Consequently, in all courses we develop or teach, the students are aware they are confronted with brand new techniques to support free learning, and that they, in this way,

actively contribute to both the development of new scientific knowledge and to better learning opportunities for their peers. And it turns out students not only appreciate learning on the edge of possible conditions, but also often explicitly strive to contribute. The next sections show just a few examples.

### 5.1. Designing with Living Objects

Even when (design) teams are co-located, this does not mean they are always collaborating in a round table setting. People think and create outside the studio, they enter and leave at unpredictable times, and they easily lose awareness of what is going on in the project, or has been done by members of the team. In a study on this [12], Vyas tried out a simple way to allow designers to connect their design objects (sketches, written descriptions, 3D mock-ups) with a web address.



**Figure 4a.** Tagged object; **Figure 4b.** A series of tweets to the object

## 5.2. Mixing Co-located and Distance Learning: a Service Design Course

A course in Service Design, taught annually in Italy by a teacher living in the Netherlands, has from the start been a mixed learning context, with alternating short classroom phases and longer laboratory phases where the student worked in teams at various locations, reporting to the teacher originally by email. During the last instance of the course we applied a full blown free learning environment, see Figure 5.

The screenshot displays a learning management system interface. On the left is a 'course menu' with a vertical list of weeks from 'Week 1' to 'Week 12', where 'Week 1' is highlighted in red. The main area is titled 'Video lectures' and shows three video player thumbnails. The first is 'Chapter 1.1 For Use (part 1)' by ServiceDesignOCW, showing a slide with text: 'in "simple" words', 'in small and clear communication, guide', 'the teacher develops the work', 'the musician artist'. The second is 'Chapter 2.1 Empower all citizens (part 1)' by ServiceDesignOCW, showing a slide with a bar chart. The third is 'Chapter 3.1 How do you want to work?' by ServiceDesignOCW. On the right, a navigation pane lists chapter contents: 'Chapter 1: Service Design' (1.1 For Use, 1.2 Services, 1.3 Service Design, 1.4 Building on progress), 'Chapter 2: The future of services' (2. The future of services, 2.1 Empowering all citizens, 2.2 Public Services from the best available Providers, 2.3 Service providers as partners, 2.4 Help the hardest to reach, 2.5 Balance rights and responsibilities), and 'Chapter 3: New visions on "work"' (3.1 How do you want to work?, 3.2 Health, 3.3 Public Transport).

**Figure 5.** Screenshot of the content of week 1, where lectures were kept available both in a PDF of the presentation, and as video records of the classroom sessions

The environment provided various ways of rereading or reviewing lectures and discussions, as well as student presentations. In addition, individual students, as well as student design teams, uploaded progress reports. As students were challenged to find relevant techniques and other resources, they uploaded their own developed mini courses, sometimes formatted as home produced video clips, sometimes as slide presentations with voice over. By showing successful examples of some naturally “gifted” students, we made sure all students

were aware of quality issues: character size; foreground – background contrast; lighting of the speaker; speed; and the need for noise avoidance. These presentations were frequently consulted by the others. As we stored the very large amount of video data on different YouTube channels (depending on the functionality of the content as related to the course) we

showed students they could study these mini courses by using a smart phone, at any location of their choice. This way of learning at “any place any time” was highly appreciated, as a student’s comment illustrates: *“We watched the videos on a Nokia smartphone with a wide, large and brilliant screen and with a great audio output: we find interesting this way of providing lectures, mini courses, informations and examples, and we think that this way brings learning and studying ahead, giving students the possibility to study and being informed virtually everywhere, only depending on the availability and the quality of the internet connection”*.

**Acknowledgement.** I thank my students, spread over Europe, who dared to criticize, explore, invent, experiment, teach, and share their developing understanding, irrespective of their local culture of education. I specially mention my colleagues and students who contributed to this paper by co-developing concepts, techniques, and educational tools as part of their learning and research: Laura Benvenuti, Teresa Consiglio, Elbert-Jan Hennipman, Brigit van Loggem, Maria Menendez, Niek de Moel, Els Rogier, Dhaval Vyas, and Martijn van Welie.

## References

1. Consiglio T. and der Veer G.C. (2011) Designing an interactive learning environment for a worldwide distance adult learning community. Accepted for ECCE 2011, Rostock, Germany, to be published in ACM Digital Library
2. De Moel N. and van der Veer G.C. (2011) Design pattern based decision support. Accepted for ECCE 2011, Rostock, Germany, to be published in ACM Digital Library
3. Hennipman E.P.J., Benvenuti L., Oppelaar E.J.R.G. and van der Veer G.C. (2008) A New eLearning Approach: from Course Management to Active Learning. Paper presented at the Free Knowledge, Free Technology Conference, Barcelona, Spain.
4. Hofstede G., Hofstede G.J. and Minkov M. (2010) Cultures and Organizations: Software of the Mind. Revised and expanded 3rd Edition. McGraw-Hill, New York, NY
5. Ifrah G. (2000) The Universal History of Computing: From the Abacus to the Quantum Computer. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ
6. Menendez Blanco M., van der Veer G.C., Benvenuti L. and Kirschner P.A. (in press) Design guidelines for self-assessment support for adult academic distance learning. In: Shalin Hai-Jew (ed) Constructing Self-Discovery Learning Spaces Online: Scaffolding and Decision Making Technologies, IGI Global, Hershey PA
7. Owen J. (2009) Bone Flute Is Oldest Instrument, Study Says. National Geographic News, June 24, 2009
8. Rogier E. and van der Veer G.C. (2011) Designing education for people’s understanding and experience. Accepted for ECCE 2011, Rostock, Germany, to be published in ACM Digital Library
9. Sommerer C. and Mignonneau L. (Eds.) (2008) The Art and Science of Interface and Interaction Design (Vol. 1). Studies in Computational Intelligence, Vol. 141, Springer

10. Van der Veer G.C. and van Welie M. (2003) DUTCH – Designing for Users and Tasks from Concepts to Handles. In: Dan Diaper & Neville Stanton (Eds) *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum, Inc. 155-173
11. Van der Veer G.C., Lenting B.F. and Bergevoet B.A.J. (1996) GTA: Groupware Task Analysis - Modeling Complexity. *Acta Psychologica*, 91. 297-322
12. Vyas D.M., Nijholt A. and van der Veer G.C. (2010) Supporting cooperative design through "living" artefacts. In: *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, E. Hvannberg (eds), ACM, New York, 541-550



## Designing and Evaluating Interaction as Communication

Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática. PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225/410 RDC Gávea, Rio de Janeiro, RJ, 22451-900 Brasil

simone@inf.puc-rio.br

**Short Bio.** Simone Diniz Junqueira Barbosa has a degree in Electronics Engineering from PUC-Rio, where she also obtained her M.Sc. and Ph.D. in Computer Science. Her professional experience includes several years of consultancy in HCI and software design and development of commercial applications and web sites, as well as training and education. From 1999 to 2001, she worked as Associate Researcher at Tecgraf/PUC-Rio, in the area of Human-Computer Interaction (HCI). In 2001, she joined the Informatics Department of the Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio) as Assistant Professor, where she teaches undergraduate and graduate courses, and does research in the field of Human-Computer Interaction (HCI), as seen from a Semiotic Engineering perspective. Level 2 researcher in CNPq, her current research interests involve: model-based interactive systems design; bridging HCI and software engineering; digital storytelling, increasing the quality of use (e.g. usability, communicability, accessibility) of interactive systems in diverse domains, by means of adaptation, analogy-making mechanisms, and other artificial intelligence techniques. From 2005-2009, Prof. Barbosa was the head of the Semiotic Engineering Research Group laboratory. She was program co-chair of the first Latin-American Conference on Human-Computer Interaction, CLIHC 2003, late-breaking results co-chair for the main ACM conference on HCI, CHI 2005, and general co-chair of IFIP TC 13's HCI conference, INTERACT 2007, held in Rio de Janeiro, Brazil. In 2008 she has been appointed as the Brazilian representative in IFIP TC 13. In 2009 she has joined the Editorial Board for Elsevier's *Interacting with Computers*. In 2011 she joined the Advisory Board of *IxD&A*.

**Abstract.** Scenarios, sketches and storyboards lie among the most widely-used design representations in the field of human-computer interaction (HCI). When moving from HCI design to software specification, however, we find that, because of the lack of precision in these representations, HCI-related decisions are left unrepresented, and programmers are required to make decisions that may contradict the original HCI designers' vision, causing problems during software usage. This talk focuses on HCI design at the interaction level as the definition of the mediated user-designer conversations that may take place when using the system. Whichever the conceptual model underlying the designed software, it is paramount that the user interface adequately communicates it to users, to increase their resources for sense making and meaning negotiation. From a semiotic engineering perspective, we explore the role of models in the design and evaluation of interaction.



## **Accesibilidad de la información**



## Influencia de los Gestores de Contenidos en la Accesibilidad Web

Juan Miguel López<sup>1</sup>, Afra Pascual<sup>2</sup>, Lluçia Masip<sup>2</sup>, Toni Granollers<sup>2</sup>, Xavier Cardet<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Escuela de Ingeniería, Universidad del País Vasco, C/Nieves Cano 12, 01006 Vitoria-Gasteiz, {juanmiguel.lopez@ehu.es}

<sup>2</sup> Grupo de Investigación GRIHO, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Lleida, Jaume II 69, 25001 Lleida {apascual, lluciamaar, tonig}@diei.udl.cat, xcardet@alumnes.udl.cat

**Resumen.** Los Sistemas de Gestión de Contenido Web o Web Content Management Systems (CMS) se emplean tradicionalmente en instituciones para permitir la gestión de todo tipo de contenido web por parte de personal sin conocimientos técnicos. Este estudio pretende comprobar la influencia que los CMS tienen en la accesibilidad de los contenidos que gestionan. En primer lugar, se realiza un análisis de la accesibilidad de seis CMS ampliamente usados en base a las Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) promovidas por el W3C. Para completar el estudio, se realiza un análisis de la accesibilidad de una serie de páginas web de ayuntamientos gestionadas mediante los CMS analizados empleando para ello las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) definidas por el World Wide Web Consortium (W3C). Los resultados del estudio muestran que, si bien las páginas gestionadas mediante CMS con mejor calificación según las ATAG tienden a ofrecer menos errores de accesibilidad, no existe una correlación directa entre los resultados obtenidos entre ambas evaluaciones. También se proporciona información sobre qué aspectos provocan errores de accesibilidad dentro de los CMS, indicaciones sobre cómo mejorarlos o corregirlos, y la incidencia que dichos aspectos tienen sobre la generación de contenido web accesible.

**Palabras clave:** Accesibilidad, Sistemas de Gestión de Contenido Web, Authoring Tool Accessibility Guidelines, Web Content Accessibility Guidelines

### 1 Introducción

Existen poderosas razones legales para considerar la accesibilidad como un requisito de importancia a la hora de desarrollar sitios web. Por ejemplo, el Real Decreto 1494/2007 [1] establece unas condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información de cualquier medio de comunicación social. Este tipo de modificaciones en la legislación también se ha realizado en otros

países, como por ejemplo los países de la Unión Europea [2]. Es importante señalar que dicha legislación no obliga únicamente a las administraciones públicas para que ofrezcan sus servicios de forma que sean accesibles, sino que también tiene incidencia sobre las empresas que desarrollen dichas tecnologías.

En este contexto, se ha de tener en cuenta que existe un gran abanico de instituciones que emplea Sistemas de Gestión de Contenido Web o Web Content Management Systems (CMS) para gestionar el contenido de sus sitios web. Resultan de especial utilidad dado que permiten que usuarios sin conocimientos técnicos puedan introducir, eliminar o modificar contenido del sitio web. Esta aproximación tiene riesgos desde el punto de vista de la accesibilidad, dado que puede llevar a que los usuarios no tengan la accesibilidad de los contenidos en cuenta a la hora de gestionar los mismos.

Dada la creciente importancia que los CMS están adquiriendo, este trabajo se focaliza en analizar si los CMS proporcionan un buen entorno para el desarrollo y gestión de contenido web accesible. En este trabajo se analizan seis CMS de código abierto ampliamente empleados para estudiar hasta qué grado el entorno de gestión de contenido web que proporcionan permite el desarrollo de contenido web accesible. Por otra parte, dada la gran capacidad de configuración que los CMS tienen y el hecho de que ello puede afectar notablemente la gestión de la accesibilidad de los contenidos, se realiza un estudio de páginas web de diferentes ayuntamientos a nivel mundial mantenidas mediante los CMS analizados. Se pretende comprobar cómo el cumplimiento de pautas de accesibilidad por parte de los CMS puede tener influencia en la accesibilidad de contenidos gestionados mediante ellos. Por otra parte, también se proporciona información sobre qué aspectos dentro de la configuración de los CMS provocan errores de accesibilidad, indicaciones sobre cómo corregirlos y la incidencia que dichos aspectos tienen sobre la generación de contenido web accesible.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. La siguiente sección proporciona un resumen sobre la accesibilidad de herramientas de autor y contenidos web. Posteriormente se describe el análisis de accesibilidad realizado sobre los CMS seleccionados para este estudio. El análisis de la accesibilidad de las páginas web de ayuntamientos se describe a continuación. La siguiente sección muestra la discusión de los resultados cuantitativos alcanzados en los análisis realizados. Las conclusiones y trabajo futuro finalizan este artículo.

## 2 Antecedentes

La evaluación de accesibilidad web se ha realizado tradicionalmente mediante la revisión del cumplimiento de las pautas Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) desarrolladas por el World Wide Web Consortium (W3C) [3]. Para poder analizar adecuadamente la accesibilidad de un sitio web, en primer lugar se analizan el contenido (X)HTML y las hojas de estilo asociadas a cada página. Posteriormente, se emplean herramientas de evaluación automática de la accesibilidad web, que muestran una serie de aspectos detectados automáticamente [4]. Estas herramientas también detectan una serie de aspectos que no pueden ser revisados automáticamente y requieren de una revisión manual por parte de evaluadores de accesibilidad

expertos. El uso de barras de herramientas especializadas y tecnología asistencial (como lectores de pantalla o navegadores de texto), junto con la visualización de las páginas web en diferentes navegadores permite dar soporte a las revisiones manuales. Todos los pasos mencionados forman parte de la metodología de evaluación de accesibilidad proporcionada por el W3C [5].

Por otra parte, las herramientas de autor son software que permite que las personas desarrollen contenido web. Las Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) [6] definen cómo las herramientas de autor deberían ayudar a los desarrolladores a la hora de producir contenido web accesible de acuerdo con las pautas WCAG. Tal y como ocurre con WCAG, ATAG define una serie de pautas, cada una de ellas con una prioridad asignada. En este caso, existen cuatro tipos diferentes de prioridades: 1, 2, 3 y relativa. A la hora de evaluar ATAG, se definen tres niveles de conformidad. El nivel de conformidad “A” establece que todas las pautas de accesibilidad de prioridad 1 se cumplen, mientras que los niveles “AA” y “AAA” establecen el cumplimiento de todas las pautas de prioridades 2 y 3, respectivamente. La prioridad de las pautas que tienen prioridad relativa depende de la prioridad correspondiente en las WCAG [6].

Los CMS permiten la creación y gestión de contenido web. Dicho contenido se guarda en bases de datos y el CMS proporciona interfaces para facilitar la gestión de la información web almacenada sin necesidad de tener conocimientos de programación. Estos sistemas proporcionan herramientas de edición y presentación para cumplir con dichos requisitos. Un aspecto importante respecto a los CMS es el hecho de que tienen características que resultan especialmente útiles en lo que a la accesibilidad se refiere, tal como el hecho de que realizan una separación entre contenido, estructura y presentación de la información. En este sentido, no existe necesidad de que el autor del contenido sepa nada respecto a programación web, dado que el contenido introducido por los autores es automáticamente transformado a la presentación designada en el CMS. Las plantillas empleadas para ello definen la estructura y la presentación de los contenidos en el sitio web. Los CMS vuelcan el contenido junto con las plantillas y procesan la información para construir un sitio web consistente.

Sin embargo, se han detectado una serie de aspectos problemáticos respecto a la accesibilidad de CMSs [7] [8]. Los proveedores de información, en este caso los usuarios de CMS, no suelen ser conscientes de la necesidad de que el contenido web que gestionan sea accesible, ni las herramientas que emplean proporcionan suficiente información para dar soporte a los usuarios respecto a este aspecto. Por otra parte, los CMS no suelen obligar que los usuarios tengan en cuenta aspectos que deberían considerarse a la hora de generar contenido web accesible. En un sitio web gestionado mediante un CMS, las plantillas empleadas para maquetar y generar nuevas páginas web deberían ser verificadas para comprobar que no introducen errores de accesibilidad en el contenido que maquetan. Todo contenido introducido por los usuarios debería a su vez ser verificado para comprobar el cumplimiento de pautas de accesibilidad. Respecto al mantenimiento de la accesibilidad de los sitios web gestionados mediante CMS, implica una gran carga de trabajo. Además, los CMS generalmente no generan código accesible por defecto, y permiten a los usuarios realizar pocas modificaciones para mejorar la accesibilidad del contenido web que gestionan. Este tipo de modificaciones son frecuentemente insuficientes para posibilitar que los sitios web sean accesibles para personas con discapacidades [9].

### 3 Evaluación de los CMS

Esta sección explica la evaluación realizada sobre seis diferentes CMS para comprobar cómo posibilitan, fomentan y asisten a los usuarios en la creación de contenido web accesible. Como paso previo al análisis, se realizó un estudio sobre qué CMS se emplean en administración pública. En base a dicho estudio, el foco se centró sobre aquellos CMS de código abierto, dado que permiten su estudio sin necesidad de pagar licencia por dicho software. Seis de ellos fueron seleccionados para realizar la evaluación en profundidad mediante un estudio del mercado de CMS [10]. El hecho de que los CMS seleccionados fueran de propósito general, y no de propósito específico como wikis o blogs, también se tuvo en cuenta en la selección. Los CMS seleccionados fueron: Plone, Joomla!, Typo3, EzPublish, OpenCMS y Drupal. Las diferentes subsecciones a continuación explican los diferentes pasos realizados durante el proceso de evaluación.

#### 3.1 Premisas para la evaluación

Para garantizar que los resultados del estudio fueran replicables, se consideró realizar el mismo sobre las instalaciones por defecto de cada CMS, sin ningún tipo de añadido ni modificación. En este sentido, se tuvieron en cuenta dos premisas básicas:

- Los evaluadores no debían modificar clases internas de cada CMS, ni crear nuevas plantillas aparte de las previamente existentes.
- No se debía utilizar software externo a los CMS. En este sentido, los evaluadores debían emplear los editores de contenido que el CMS traía instalados por defecto, que debían ser gestionados desde la interfaz proporcionada por cada CMS.

#### 3.2 Metodología de evaluación y resultados cuantitativos obtenidos

El método empleado para la evaluación fue la evaluación mediante expertos. En este sentido, se emplearon las pautas ATAG como principios heurísticos para la evaluación de cada uno de los CMS seleccionados. Un total de tres evaluadores llevaron a cabo el análisis, con cada evaluador evaluando dos CMS. Aunque hubiera sido deseable que cada CMS hubiera sido evaluado por más de un experto para eliminar o reducir el posible efecto del evaluador en los resultados, en este caso se ha estimado más que los evaluadores fueran expertos en cada uno de los CMS analizados. El motivo era la necesidad de asegurar una mayor fiabilidad de los resultados por parte de expertos con conocimiento de todas las características de los sistemas analizados, en comparación con los resultados que personas no expertas en el uso de cada CMS podrían llegar a obtener. El proceso de evaluación consistió en la evaluación de las ATAG por los evaluadores. Todos los evaluadores tenían conocimientos extensos sobre la técnica de la evaluación heurística, así como de todas las pautas de accesibilidad empleadas en el estudio.

La Tabla 1 resume los resultados derivados de la evaluación de las pautas ATAG [6] para cada CMS. Los resultados se agrupan por cada uno de los CMS analizados. Las filas indican el tipo de prioridad ATAG. Las columnas etiquetadas como “C”

indican que las pautas se cumplían correctamente; las etiquetadas como “Cc” indican que, si bien las pautas no se cumplen completamente, casi la práctica totalidad de los requisitos para dichas pautas se cumplen; finalmente, las columnas etiquetadas como “I” indican que dichas pautas no se cumplen. Cada celda indica el número de ocasiones en que una pauta ha sido catalogada dentro de la columna correspondiente. Las pautas de tipo relativo fueron evaluadas de manera separada, aunque se debe tener en cuenta que pueden ser interpretadas como de prioridades 1, 2 o 3 dependiendo del caso.

**Tabla 1.** Resultados cuantitativos de la evaluación de las ATAG para todos los CMS seleccionados

Prioridad	Drupal			EzPublish			Joomla!			OpenCMS			Plone			Typo3		
	C	Cc	I	C	Cc	I	C	Cc	I	C	Cc	I	C	Cc	I	C	Cc	I
1	3	2	3	3	0	5	2	1	5	1	1	6	3	3	2	2	1	5
2	1	0	6	2	0	5	0	4	3	1	1	5	1	5	1	1	1	5
3	1	0	4	1	0	4	0	2	3	0	0	5	1	3	1	0	1	4
Relativa	0	0	7	1	0	6	0	2	5	0	0	7	3	1	3	0	2	5

## 4 Evaluación de Accesibilidad de Contenido Web

El hecho de que los CMS pueden proporcionar un entorno para la gestión de contenido web que pueda dotar a los autores de dicho contenido de una gestión de capacidades para producir contenido accesible no implica necesariamente que dichas capacidades, en caso de existir, sean empleadas. Por otra parte, la gran capacidad de configuración de los CMS hace que resulte imposible a efectos prácticos recabar información sobre qué opciones de configuración interna o añadidos se establecen para la gestión de cada sitio web, con el efecto que ello tiene respecto a la accesibilidad. Para probar estas afirmaciones, se han realizado una evaluación de accesibilidad de contenido web sobre una serie de páginas gestionadas mediante los CMS analizados para resaltar la influencia que un uso correcto de los CMS tiene sobre la accesibilidad de los contenidos que gestionan.

Para realizar la evaluación se seleccionaron una serie de páginas de una misma temática gestionadas mediante los CMS analizados. En este caso concreto, las páginas seleccionadas eran las páginas de inicio de una serie de ayuntamientos seleccionados a nivel mundial. Esta decisión se realizó para evitar posibles influencias de seleccionar páginas diferentes podría tener sobre los resultados de la evaluación de la accesibilidad. Otro criterio a la hora de seleccionar estas páginas fue que, como parte de la administración pública, la accesibilidad es un requisito legal que dichas páginas web debían cumplir [11]. Por otra parte, las páginas seleccionadas eran similares en cuanto a complejidad de las mismas se refiere. También se ha de tener en cuenta que al seleccionar únicamente páginas de inicio en un entorno CMS se cubren la mayor parte de los potenciales problemas de las páginas gestionadas, dado que el estilo de la página inicial es generalmente aplicado al resto de las páginas.

Para realizar esta evaluación, se escogió una muestra de 15 páginas de inicio de ayuntamientos por cada uno de los 6 CMS analizados, contabilizando un total de 90

páginas analizadas. Para que el origen de cada ayuntamiento no tuviera influencia en los resultados del estudio (dadas posibles características específicas de cada país respecto a configuraciones específicas de cada CMS que podrían afectar los resultados del estudio), se limitó a 3 el número de ayuntamientos por país analizados para cada CMS. Se ha de tener en cuenta que a pesar de la extensión de la muestra seleccionada, los resultados se limitan a los errores encontrados en dicha muestra y es posible que algunos errores de accesibilidad no aparezcan reflejados en los resultados porque el contenido empleado en las páginas no cubriera todo el espectro de posibles elementos que podían haber aparecido en dichas páginas. Es por ello que se ajustó la selección de contenido al hecho de que en la muestra estuvieran incluidas todas las posibilidades respecto a código generado que permitiera descubrir un mayor espectro de posibles errores, incluyendo para ello páginas con componentes de vídeo. Por otra parte, se ha de considerar que para un estudio de este tipo resulta imposible a efectos prácticos obtener información concreta sobre la configuración específica aplicada a cada CMS. Este motivo influyó en la selección de tamaño de la muestra de páginas, con la intención de diluir el efecto que las diferentes configuraciones aplicadas podrían tener sobre los resultados del análisis de accesibilidad.

La evaluación de accesibilidad se realizó siguiendo la metodología propuesta por el W3C para realizar evaluaciones de accesibilidad sobre sitios web [5]. Dichas evaluaciones se realizaron entre los tres evaluadores que previamente habían analizados los CMS, cada uno de ellos analizando las páginas correspondientes a cada uno de los CMS que había analizado. Se emplearon dos herramientas automáticas de evaluación de la accesibilidad (TAW<sup>1</sup> and EvalAccess<sup>2</sup>) para determinar aquellos errores de accesibilidad automáticamente detectables y aquellos aspectos que se habían de verificar manualmente. Ambas listas se juntaron en una lista única, a partir de la cual se derivaron aquellos aspectos que debían ser verificados manualmente por los evaluadores. Las páginas fueron analizadas mediante navegadores gráficos (Internet Explorer, Mozilla Firefox y Safari), así como mediante tecnologías asistenciales (JAWS), un navegador de texto (Lynx) y las barras de herramientas Web Developer Toolbar para Firefox y AIS toolbar para Internet Explorer. Para el análisis se emplearon las pautas WCAG 1.0, dado que, aunque actualmente existe una segunda versión de dichas pautas, las legislaciones, en la práctica totalidad de casos, no han tenido aún tiempo para adaptar dichas pautas y los requisitos de accesibilidad requeridos a dichas páginas se basan en la versión 1.0 de las pautas.

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas. Por motivos de espacio, los resultados se expresan como número de errores de accesibilidad detectados para las diferentes pautas analizadas, agrupadas por prioridades. Se debe tener cuenta que la tabla suma todos los errores localizados para las 15 páginas analizadas para cada CMS. Por otra parte, la Tabla 3 indica la media (“M”) y desviación típica (“D”) de los errores de accesibilidad detectados para las 15 páginas analizadas por cada CMS, ordenados en base al nivel de conformidad.

---

<sup>1</sup> <http://www.tawdis.net/taw3/cms/es>

<sup>2</sup> <http://sript07.si.ehu.es/evalaccess2/index.html>

**Tabla 2.** Suma de errores de accesibilidad detectados en las 15 páginas analizadas por CMS

Prioridad	Drupal	EzPublish	Joomla!	OpenCMS	Plone	Typo3
1	20	26	32	83	248	39
2	341	167	566	1265	422	571
3	83	98	219	168	169	105

**Tabla 3.** Media y desviación típica de los errores de accesibilidad detectados en las 15 páginas analizadas por cada CMS

Prioridad	Drupal		EzPublish		Joomla!		OpenCMS		Plone		Typo3	
	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
1	1,3	2,4	1,7	2,7	2,1	2,6	5,5	14,5	16,5	15,5	2,6	4,5
2	22,7	32,3	11,1	14,1	37,7	44,1	84,3	98,2	27,8	30,5	38,1	70,7
3	5,5	4,1	6,5	6,9	14,6	16,8	11,2	13,4	12	12	7,0	9,4

## 5 Discusión

Respecto a los resultados cuantitativos correspondientes a los seis CMS analizados, el CMS que muestra las características más completas relacionadas con la accesibilidad en su instalación por defecto son Plone y Drupal. Los resultados indican que ninguno de los CMS llega a un nivel de conformidad “A” mediante sus instalaciones y configuraciones por defecto. En este sentido, se ha de indicar que todos ellos han de ser configurados adecuadamente para poder gestionar contenido web accesible. Uno de los principales aspectos derivados del estudio es el hecho de que los editores web que emplean por defecto no permiten la generación de contenido accesible, por lo que deberían o bien ser reconfigurados, ser descartados e instalar otros editores soportados por el CMS con capacidad de generar código accesible, o bien permitir el uso de editores externos al CMS para que los usuarios puedan generar código accesible. Otro aspecto relevante es la necesidad de realizar cambios en las plantillas por defecto de los CMS, dado que provocan que la maquetación de los elementos que aparecen en las páginas no sea accesible. La necesidad de la mejora en la documentación sobre accesibilidad que los CMS ofrecen es otro aspecto a valorar.

En cuanto al análisis cuantitativo de las páginas web analizadas se refiere, es destacable el hecho de que un mínimo número de páginas analizadas llegue siquiera a pasar el nivel “A” establecido en las WCAG 1.0, a pesar de los requisitos legales establecidos sobre ello. Como dato cabe reseñar que del total de 90 páginas analizadas 1 página de Plone y 9 de Drupal alcanzaban dicho nivel. Los errores de accesibilidad encontrados en dichas páginas se deben a una serie de razones, las principales de las cuales se detallan a continuación:

1. La mayor parte de los errores de prioridad 1 se deben a la falta de texto alternativo en imágenes (punto de verificación 1.1 de las WCAG). Este aspecto está relacionado con el hecho que las configuraciones por defecto de algunos editores web empleados en los CMS no permite la inclusión de texto alternativo a la hora de añadir imágenes en las páginas web. Por otra parte, aún disponiendo de editores adecuados para ello, los propios usuarios no se molestan en añadir el

texto alternativo para las imágenes. Otra posible explicación en este sentido es que en algunos casos los editores incluyen un texto alternativo vacío por defecto a la hora de incluir una imagen de manera transparente al usuario.

2. En un número elevado de páginas web se empleaban medidas absolutas en vez de medidas relativas para posicionar elementos en las páginas web (punto de verificación 3.4 de las WCAG). En este caso el problema está asociado a las plantillas empleadas para maquetar el contenido, dado que algunas de las que vienen por defecto maquetan empleando medidas absolutas, con el perjuicio que ello conlleva desde el punto de vista de la accesibilidad.
3. El uso de eventos dependientes de dispositivo (por defecto se asocian únicamente a eventos de ratón) y la falta de redundancia para estos casos también ha tenido un impacto relevante en los resultados obtenidos.
4. El hecho de que la instalación por defecto de algunos CMS no proveyera por defecto de una separación de contenido y presentación ha llevado a errores de accesibilidad en la práctica totalidad de las páginas gestionadas por dichos CMS. En estos casos, los errores han sido detectados en los puntos de verificación 3.3 y 11.2. Los resultados de la evaluación de los CMS no tienen una correlación clara con los resultados de la evaluación de accesibilidad. Esto resulta especialmente claro en el caso de Plone, ya que muestra resultados de accesibilidad pobres en comparación con los otros CMS en la muestra de páginas analizadas. Son las páginas web gestionadas mediante Drupal y EzPublish muestran menos errores de accesibilidad en comparación con el resto. Se debe tener en cuenta que la muestra analizada no resulta lo suficientemente grande como para establecer que no existe coincidencia entre los resultados de la evaluación de las ATAG y los de las páginas web gestionadas mediante cada CMS. En este sentido, los pobres resultados obtenidos por Plone pueden ser debidos al hecho de que la accesibilidad del conjunto de páginas analizadas es menor que otras páginas web gestionadas mediante Plone. De todas formas, los resultados obtenidos indican que el mero hecho de disponer un CMS con una configuración por defecto que fomente la accesibilidad no implica necesariamente que las páginas web gestionadas mediante dicho CMS sean más accesibles que aquellas gestionadas mediante otros CMS adecuadamente configurados.

Los resultados obtenidos también indican la gran relevancia de una adecuada configuración y de la inclusión de elementos no incluidos en la instalación por defecto de los CMS para que la accesibilidad de los contenidos sea gestionada de manera adecuada. En este sentido, los aspectos principales a considerar respecto a la mejora de la gestión de la accesibilidad en CMS detectados en este estudio son principalmente dos. Por una parte, el empleo de plantillas para maquetación de contenido que permitan la generación de contenido accesible, principalmente mediante el empleo de medidas relativas a la hora de posicionar elementos dentro de las páginas web. Por otra parte, el uso de editores de contenido web que permitan la generación de contenido web accesible.

## 6 Conclusiones y Trabajo Futuro

Un elevado número de sitios y aplicaciones web padecen errores de accesibilidad en la actualidad. En la medida que cada vez más usuarios se involucran en la creación y gestión de contenido web, la necesidad de proporcionar una buena capacidad de gestión de contenido web accesible también aumenta en consonancia. En este sentido, resulta importante el hecho de disponer de herramientas adecuadas para analizar la accesibilidad desde la activación de la gestión de contenido web en el CMS [12]. Dada la relevancia y el número de instituciones que permiten a usuarios gestionar sus sitios web mediante CMS, es necesario comprobar la accesibilidad que este tipo de sistemas proporcionan.

Una conclusión interesante derivada del trabajo realizado es que todos los CMS analizados pueden ser configurados de tal forma que sean accesibles. Para ello es necesario modificar clases internas de los CMS y emplear plantillas que ajusten el contenido de manera accesible. Además de ello, el uso de editores externos al CMS para que los usuarios puedan gestionar contenido también permite proporcionar código accesible. También existe la opción de incluir añadidos o plugins en todos los CMS, que permiten gestionar aspectos concretos y pueden emplearse como herramienta de mejora de la accesibilidad. Sin embargo, estas soluciones requieren de un conocimiento profundo y exhaustivo de cada CMS. Además, analizar el amplio espectro de posibles modificaciones que pueden ser aplicadas en un CMS requiere de información sobre cómo cada CMS se gestiona internamente. Existen algunos recursos que pueden resultar de ayuda a la hora de localizar elementos que permitan mejorar la accesibilidad de CMS [13] [14], aunque no proporcionan un enfoque metodológico claro a la hora de proporcionar diferentes soluciones concretas. Por otra parte, también existen herramientas de evaluación de la accesibilidad que pueden operar dentro de entornos CMS. TAW posee una versión del mismo que permite su inclusión dentro de una serie de editores web de uso común en entornos CMS.

En lo que a los usuarios gestores de contenido web se refiere, es obvio que deben ser conscientes de la accesibilidad y conocer cómo pueden gestionar contenido accesible para el CMS que están empleando. De otra forma, incluso con un CMS correctamente configurado, el contenido generado no tendría por qué ser accesible.

El trabajo presentado pretende resaltar la necesidad de que los CMS gestionen adecuadamente la accesibilidad de los contenidos web que gestionan. En este sentido, los resultados muestran que el hecho de seleccionar un CMS con un cierto nivel de conformidad respecto al cumplimiento de las ATAG no resulta suficiente para garantizar la accesibilidad de los contenidos gestionados mediante el mismo. Hay una serie de factores relevantes a tener en cuenta a la hora de gestionar la accesibilidad de contenido web en entornos CMS. En primer lugar, el amplio espectro de plantillas disponibles para cada CMS resulta de utilidad a la hora de modificar las plantillas que los CMS traen por defecto y ofrecen una buena oportunidad de mejora respecto a la accesibilidad. Por otra parte, el uso de elementos externos como editores web resulta en ocasiones necesario cuando ni la instalación por defecto ni una correcta configuración de los editores empleados internamente por un CMS proporcionan un entorno adecuado para la creación de contenido accesible. En este sentido, combinaciones de CMS, plantillas, editores y elementos externos deberían ser puestas a prueba para detectar posibles problemas de accesibilidad. Además, es importante

proporcionar sistemas de monitorización de la accesibilidad para comprobar el alcance de las actualizaciones realizadas por los usuarios sobre la mejora o empeoramiento de la accesibilidad del contenido web gestionado. Este es un aspecto metodológico relevante a tener en cuenta respecto a la accesibilidad en este tipo de entornos [15].

Como trabajo futuro se plantea el hecho de extender el trabajo realizado a otros entornos CMS empleando la misma metodología de evaluación. Para poder llevarlo a cabo, es necesario contar con un alto nivel de experiencia en cada plataforma a analizar para proporcionar resultados válidos en las evaluaciones. Otro aspecto a considerar sería la adopción de las pautas WCAG 2.0 es factible que incida en una revisión de la legislación internacional sobre accesibilidad, por lo que deberían ser incluidas en estudios futuros.

## Referencias

1. Real Decreto 1494/2007. Extraído en Abril de 2011 de: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/11/21/pdfs/A47567-47572.pdf>
2. Artículo 26 de la Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea. Extraído en Abril de 2011 de: [http://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text\\_en.pdf](http://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_en.pdf)
3. Chiscolm, W., Vanderheiden, G., Jacobs, I. Web Content Accessibility Guidelines 1.0, World Wide Web Consortium, 1999. <http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/>
4. Web Accessibility Evaluation Tools, Complete List. Extraído en Abril de 2011 de: <http://www.w3.org/WAI/ER/tools/complete>
5. Evaluating Web Sites for Accessibility: Overview. Extraído en Abril de 2011 de: <http://www.w3.org/WAI/eval/Overview.html>
6. Treviranus J., McCathieNeville C., Jacobs I., Richards J. Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0. Extraído en Abril de 2011 de: <http://www.w3.org/TR/WAI-AUTOOLS/>
7. Burzagli, L., Billi, M., Gabbanini, F., Graziani, P., Palchetti, E. The Use of Current Content Management Systems for Accessibility. K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2004, LNCS 3118, pp. 331–338 (2004).4.
8. Rainville-pitt, S. D'Amour, J.M. Using a CMS to create fully accessible websites. W4A2007- ACM International Conference Proceeding Series. (2007)
9. Schulz, M., Pieper, M. Web Compliance Management: Barrier-Free Websites Just by Simply Pressing the Button? Accessibility and the Use of Content-Management-Systems. C. Stephanidis and M. Pieper (Eds.): ERCIM UI4ALL 2006, LNCS 4397, pp. 419 – 426, 2007.
10. Shreves, R. (2008). Open Source CMS Market Share. Extraído en Abril 2011 de: <http://www.waterandstone.com/downloads/2008OpenSourceCMSMarketSurvey.pdf>
11. Meinhardt, U. Accessibility Legislation – an Insight. SAP, 2005. Extraído en Abril de 2011 de: <http://www.sapdesignguild.org/editions/edition9/policies.asp>
12. Xiong, J., Farenc, C., Winckler, M. Analyzing Tool Support for Inspecting Accessibility Guidelines during the Development Process of Web Sites. WISE' 2007 Springer LNCS 4832. pages 470-480.
13. Connor, J.O. Choosing an Accessible CMS. Extraído en Abril 2011 de: <http://juicystudio.com/article/choosing-an-accessible-cms.php>
14. NCDAAE Tips and Tools: Content Management Systems & Accessibility. Extraído en Abril 2011 de: <http://www.ncdae.org/tools/factsheets/cms.cfm>
15. López, J.M., Pascual, A., Granollers, A. Engineering Accessibility in Web Content Management System Environments. WISE 2009. Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5802/2009, 597-604

## **Análisis de la usabilidad en un programa de estimulación cognitiva para mayores**

M.J. Rodríguez-Fórtiz<sup>1</sup>, M.L. Rodríguez<sup>1</sup>, M.V. Hurtado<sup>1</sup>, A. Caracuel<sup>2,3</sup>, S. Ramajo<sup>2</sup>,  
E. Trigueros<sup>1</sup>, A. López<sup>1</sup>, I. Rubio<sup>1</sup>, I. Rubio<sup>1</sup>, A. Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, <sup>2</sup> Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico, <sup>3</sup> Instituto de Neurociencias CITIC-UGR. Universidad de Granada, 18041 Granada, España  
{mjfortiz,mlra,mhurtado,acaracuel,ssramaj}@ugr.es

**Abstract.** Uno de los principales objetivos de las sociedades actuales es mejorar la calidad de vida de las personas mayores, promoviendo proyectos, actividades y acciones que ayuden al mantenimiento de las habilidades cognitivas que ralenticen el proceso involutivo de la persona. En este trabajo se presenta un programa informático de estimulación cognitiva de memoria, atención, planificación y razonamiento de personas mayores, denominado PESCO. La aplicación se ha desarrollado teniendo en cuenta las características, capacidades y limitaciones de las personas mayores para que sea usable y accesible a los mismos. Se presenta un estudio de evaluación de la usabilidad mediante una evaluación heurística, un estudio de campo y cuestionarios de usabilidad. La aplicación incorpora un módulo de screening para la evaluación pre y post de los usuarios, que además permite la adaptación de los ejercicios al perfil de usuario. El diseño de algunos ejercicios guarda relación con la realización de actividades de la vida diaria que deben preservarse y por tanto con validez ecológica.

**Keywords:** Usabilidad, evaluación de usabilidad, software de estimulación cognitiva

### **1 Introducción**

El envejecimiento es una etapa del ciclo vital en la que es muy importante que las personas permanezcan activas tanto física como mentalmente. Las actividades físicas y mentales se asocian a la prevención de la depresión, fomentan la autoestima y disminuyen la dependencia [1]. En ese sentido, se recomienda una estimulación psicomotora diaria, mediante la cual las personas ejerciten habilidades motoras como caminar, realizar ejercicios de lateralidad, memorizar ritmos y danzas, movilidad articular, flexibilidad muscular etc. Además, para ralentizar el proceso involutivo del envejecimiento, es necesario que se mantengan las habilidades relacionadas con las actividades de la vida diaria, tanto las *básicas* propias del autocuidado (vestirse, asearse, comer sin ayuda etc.), como las *instrumentales* que implican la capacidad para poder llevar una vida independiente en la comunidad (realizar tareas del hogar,

compras, ser responsables de su medicación, utilizar el transporte público, manejar aparatos como el teléfono, la televisión etc.), y las *avanzadas* que conllevan la puesta en marcha de habilidades sociales vinculadas a la comunicación interpersonal (actividades de esparcimiento relacionadas con aficiones, actividades sociales, deportes, etc.) o el aprendizaje de nuevas cosas (como cocinar, hacer jardinería, usar un ordenador etc.).

Algunos estudios han demostrado que, aunque a lo largo de la vida no se hayan practicado actividades de alto contenido cognitivo, nunca es tarde para comenzar y poder beneficiarse de las ganancias mentales relacionadas con la prevención y retraso del declive cognitivo [2]. Actualmente, a nivel cognitivo una actividad a la que cada vez se suman más mayores son los talleres de memoria. En ellos, las personas mayores realizan una serie de ejercicios para estimular principalmente la memoria y la atención, siendo guiados por un terapeuta. En los últimos años, se están empezando a utilizar programas de ordenador como apoyo en actividades de estimulación cognitiva. Entre las ventajas añadidas que ofrecen los programas de ordenador destacan los siguientes beneficios [3][4]: se pueden adaptar a los usuarios a nivel de interfaz y de contenidos significativos, aumentan la motivación, ya que ofrecen ejercicios más atractivos y dinámicos, la medida y el análisis de los datos tomados por los programas en tiempo de ejecución son más objetivos y fiables, y por último, los mayores pueden realizar los ejercicios sin necesidad de que el terapeuta esté presente, sólo necesitan un ordenador con el programa. Esto ahorra costes de traslados y horas de terapia y fomenta que se pueda dedicar más tiempo a la estimulación desde casa.

A pesar de los beneficios que parece tener la informática, las personas mayores no están habituadas y sienten temor a usar el ordenador, mostrando entre otras las siguientes dificultades durante el uso de cualquier programa informático, en comparación con los jóvenes [5][6]: tardan más en hacer las actividades, dedican más tiempo a leer las instrucciones y la información textual, cometen más errores, olvidan los objetivos de las actividades, se sienten desorientados con más frecuencia, no entienden el lenguaje técnico, les abruma los fallos y evitan realizar algunas acciones para no caer en errores y muestran reacciones emocionales más fuertes y frecuentemente de auto-culpa si algo no va bien.

Además de estas dificultades observadas, debido a la edad, las personas mayores presentan limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para la accesibilidad y usabilidad de los programas de ordenador: [7] [8]

- Visión: reducción del campo visual, de la habilidad para ver detalles pequeños, de la habilidad para procesar información visual y de adaptarse a la oscuridad.
- Oído: reducción de la capacidad para escuchar algunos timbres de sonido o discriminar algunas frecuencias.
- Motor: incremento del tiempo de respuesta, disminución en motricidad fina y mayor fatiga.
- Atención: decremento de atención cuando hay distractores.
- Memoria: pérdida de memoria a corto plazo y memoria de trabajo.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados de un proyecto auspiciado por el Consorcio Fernando de los Ríos para la Sociedad de la Información, que ha permitido el diseño e implementación de un programa de estimulación cognitiva para ser usado en las aulas Guadalinfo, dentro del proyecto Guadalinfo Accesible. El

programa trabaja los aspectos de memoria, atención, razonamiento y planificación. Los principales requisitos están relacionados con la usabilidad (ya que debe ser utilizado por personas mayores), con la posible extensión del mismo (por lo que debe ser un programa estructurado) y con su distribución de forma gratuita (código abierto). En él se ha incluido un módulo de screening para evaluar habilidades relacionadas con actividades de la vida diaria y del estado de las habilidades cognitivas sobre las que actúa el programa (memoria, atención, planificación y razonamiento), así como una evaluación del estado cognitivo después de la estimulación. Es un programa novedoso ya que hay constancia de que no existen productos con estas características en la actualidad. Si bien en el mercado existen algunos como RehaCom [9], CogniPlus [10] y Grador [11] que persiguen un objetivo parecido, éstos son de pago, suelen incluir actividades para trabajar menos aspectos cognitivos, no suelen incluir la evaluación, y no se adaptan a las necesidades especiales de los usuarios. Además, la validez de muchos de ellos no ha sido probada empíricamente.

Para probar la utilidad del programa desarrollado, al que hemos denominado PESCO (Programa de Estimulación Cognitiva) [12], se ha realizado un estudio piloto con 44 usuarios mayores de 60 años, que han estado realizando actividades de evaluación y estimulación durante 12 sesiones (una hora, dos días en semana). Se han registrado diversos parámetros durante la realización de cada uno de los ejercicios (tiempo de ejecución, aciertos, fallos, etc.) y se han administrado cuestionarios para valorar algunos aspectos relativos a la usabilidad ya que existen muy pocos estudios sobre la usabilidad de los programas de estimulación cognitiva para personas mayores [13] y [14]. Realizan un estudio heurístico y test de usuario, concluyendo con una lista de requisitos mínimos que las aplicaciones de estas características deberían tener.

En este artículo se presentan resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad que se ha realizado durante el desarrollo de PESCO y en el estudio piloto. La sección 2 recoge una descripción de la aplicación desarrollada. En la sección 3 se presenta el estudio de evaluación de usabilidad de PESCO, centrándose en los métodos utilizados: evaluación heurística, observación de campo y cuestionarios de usabilidad. Finalmente se presentan las conclusiones del estudio realizado y trabajo futuro.

## **2 Descripción de la aplicación PESCO**

PESCO es una aplicación de evaluación y estimulación cognitiva. Desde su inicio se ha diseñado directamente para las personas mayores como usuarios finales y también como una herramienta al servicio de los terapeutas. Los requisitos de la aplicación para que sea usada por personas mayores son: (1) interfaz usable y accesible, (2) con ejercicios simples, de duración no superior a una hora. (3) adaptable a la dificultad de los ejercicios a la respuesta de los usuarios, (4) que se puedan realizar los ejercicios de forma autónoma, sin necesidad de un terapeuta, y (5) que se de refuerzo al usuario. Además, los terapeutas demandan de la aplicación que: (1) tome datos relevantes de cada uno de los ejercicios, (2) ayude al procesamiento y análisis de los datos, y (3) sea configurable en algunos aspectos.

En el proceso de desarrollo de PESCO y, específicamente, en el diseño de las

interfaces de usuario, hemos considerado algunas recomendaciones para solventar o reducir las deficiencias que son propias de la edad y que normalmente no son consideradas por los desarrolladores de sistemas software. En concreto, hemos hecho hincapié en características visuales, auditivas, de memoria, de actitud, etc., que presentan las personas mayores cuando tienen que interactuar con una aplicación informática [15][16][17][18]. Nuestro objetivo principal ha sido diseñar y desarrollar una herramienta de evaluación y estimulación cognitiva fácil de entender y usar por las personas mayores. La aplicación PESCO presenta ejercicios de evaluación y estimulación divididos en 12 sesiones de trabajo, cada una de ellas de una hora de duración aproximadamente. La distribución se muestra en la tabla 1, en la que se observa el aspecto cognitivo que trabaja cada uno de los ejercicios. En las sesiones 3 a 11 hay ejercicios que se realizan más de una vez, en algunos casos con ligeras variaciones.

**Tabla 1.** Distribución de sesiones y ejercicios en PESCO

Sesión	Ejercicio	Aspecto	
1	Registro	Formulario de datos personales	
	Screening Funcional	Uso de ratón	Habilidad para uso de ratón
Cuestionarios de valoración de autonomía		Autonomía para actividades básicas e instrumentales de la vida diaria	
2	Screening pre-estimulación	Pirámides	Atención
	Lista de palabras	Memoria	
	Dígitos directos	Atención y Memoria a corto plazo	
	Vocales y números	Memoria de trabajo	
	Series lógicas	Razonamiento	
	Series semánticas	Razonamiento	
	Reparto de paquetes	Planificación	
3-11	Estimulación	Lista de recados	Memoria a corto y largo plazo
		Compra de regalos	Planificación
		Globos	Atención y Memoria de trabajo
		Búsqueda de objetos	Atención
		Objetos clasificables	Memoria visual
		Razonamiento	Razonamiento lógico, semántico, espacial y clasificación
		Bolsa de objetos	Memoria de trabajo
12	Evaluación cognitiva post-estimulación	Igual que en sesión 2	Igual que en sesión 2

Se ha diseñado un sistema de apoyo mediante un personaje, llamado Pepe, que presenta la aplicación y va guiando al usuario por cada una de las sesiones. El

objetivo era facilitar la motivación por medio de un modelo con el que el usuario pudiera identificarse en algunos aspectos y facilitar una visión global de PESCO como una herramienta cohesionada. De forma textual, el personaje explica los ejercicios, ofrece ayudas y da estímulos para su realización. Para algunos ejercicios se han diseñado demos o ensayos previos para garantizar que el usuario comprende las instrucciones. También el personaje guía indica cuándo termina cada ejercicio y ofrece refuerzos positivos de forma contingente al rendimiento del usuario, valorando la realización de cada actividad por medio de medallas (bronce, plata y oro) acompañadas de frases motivadoras. Para facilitar la accesibilidad, el personaje ha sido diseñado con imágenes estáticas que se animan con código cada cierto tiempo, al igual que el texto que va apareciendo. De esa forma se puede adaptar la velocidad de aparición del código y los movimientos ocasionales de Pepe.

Se lleva un control de los ejercicios terminados o no, para que el usuario continúe cada día por donde lo dejó el día anterior. Casi todos los ejercicios tienen varios niveles de dificultad que se van incrementando sólo si la respuesta del usuario es adecuada, para adaptarse a su nivel de ejecución en cada momento. La información sobre los ejercicios, su estructura y datos, se almacena en ficheros XML, de tal forma que sea fácil su configuración. Las medidas y registros tomados durante la realización de las sesiones también se almacenan en ficheros XML, para posteriormente poder ser procesados por herramientas de cálculo estadístico y por la propia aplicación, para tomar decisiones sobre cambios de nivel de dificultad o medallas a entregar. Para garantizar la privacidad de los datos, no se pide al usuario ningún dato relevante como su DNI o dirección. Así mismo, los XMLs se guardan de forma local en una carpeta accesible sólo por el usuario cuando se identifica al entrar al sistema. Por último, en el envío a un servidor para ser procesados y analizados, se comprimen, encriptan y luego desencriptan en destino.

Algunos otros detalles técnicos son que la aplicación ha sido desarrollada usando el lenguaje de programación C#, en el entorno de programación MonoDevelop y el sistema operativo Guadalinux (versión especial de Ubuntu), entorno GNOME. Las imágenes usadas se han obtenido de Arasaac [19] y Aumentativa [20].

En la figura 1 pueden observarse a modo de ejemplo capturas de tres de los tipos de ejercicios que hay disponibles: pirámides, series lógicas y reparto de paquetes pertenecientes a las categorías de ejercicios de atención, razonamiento y planificación respectivamente.



**Fig 1.** Captura de pantalla de ejercicios de atención, razonamiento y planificación

### 3 Estudio de evaluación de usabilidad de PESCO

Para facilitar el uso de la tecnología a las personas mayores, debemos hacer que sea usable, accesible, útil y también divertida, entretenida y en definitiva, motivadora. Para poder garantizar esto, hay que tener en cuenta todas las propiedades de usabilidad y accesibilidad durante el proceso de desarrollo [21] y, además realizar actividades de análisis de usabilidad del producto obtenido. La usabilidad se define como “la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado *contexto de uso*.” [22]

La evaluación de usabilidad se realiza por medio de un conjunto de métodos y técnicas que se aplican en todas las fases de desarrollo de una aplicación informática [23]. Para llevar a cabo este análisis vamos a realizar un estudio de usabilidad utilizando tres métodos de evaluación: evaluación heurística, observación de campo y cuestionarios de usabilidad.

**Tabla 2.** Ajuste a guías de usabilidad y accesibilidad para mayores. (√ si, - no)

VISUAL		AUDITIVO		MOTÓRICO	
Contraste (texto-fondo)	√	Contenidos textuales alternativos a los sonoros	√	Separar los objetos seleccionables	√
Pantallas grandes (PCs y portátiles)	√	Cambios de frecuencia y timbre	-	Interacción con diferentes dispositivos periféricos	√
No imágenes parpadeantes	√	Incremento de volumen	-	Usable con pantalla táctil	√
Resolución de pantalla alta	√			No usar objetos en movimiento: p.e. menús pulldown y cascada.	√
Evitar uso de scroll rápido	√				
Pantallas claras y simples	√				
Tamaño de letra 10-12p	-				
Tipo de letra fácil de leer	-				
Información sonora alternativa a la visual	-				
COGNITIVO					
No uso de más de dos tipos de letra en la misma pantalla	√	Decrementar la funcionalidad	√	Facilitar uso de formularios	√
Limitar la cantidad de información en una pantalla	√	Ofrecer información de contexto y orientación	√	Diseño libre de errores	√
Mensajes de error concisos y claros	√	Ensayos y demos	√	Refuerzo de tareas	√
Interfaz táctil	√	Asistente para guía	√	Uso de textos cortos	-
Refuerzo sonoro	-	Eliminación de distractores	-	Resaltar la selección	-
Instrucciones claras e imperativas	-	Botones y elementos seleccionables resaltados	-		

### 3.1 Evaluación heurística

Con la realización de una evaluación heurística [18] se persigue detectar aspectos de diseño en PESCO que dificultan la realización de las actividades de estimulación cognitiva por las personas mayores.

Por eso, se han diseñado una lista de puntos a evaluar de usabilidad y accesibilidad, considerando las características específicas y limitaciones que presentan los mayores, utilizando como base guías de usabilidad y accesibilidad previamente establecidas y tomadas de varias fuentes [6],[7],[8] y [24]. Esta lista de puntos a comprobar se ha utilizado por parte de los desarrolladores de la aplicación y de los psicólogos, para evaluar PESCO antes de que la aplicación fuera utilizada por los mayores en un contexto específico de uso, las aulas Guadalinfo. A modo de resumen, la tabla 2 presenta las guías de usabilidad y accesibilidad consideradas, así como el grado de ajuste que se ha logrado con PESCO y/o qué se debe hacer todavía para alcanzarlo.

### 3.2 Observación de campo

La observación de campo se ha llevado a cabo por los psicólogos y desarrolladores durante las 12 sesiones del estudio piloto realizado por las 44 personas mayores en las aulas Guadalinfo. El objetivo de esta técnica de evaluación fue la observación de la interacción de los mayores con PESCO en la realización de las distintas actividades de estimulación cognitiva. Se recopilaron opiniones, sugerencias y mejoras comentados por los mayores en el uso de la aplicación. Así mismo, se detectaron problemas a solventar.

### 3.3 Cuestionarios de usabilidad

Por último, se han diseñado unos cuestionarios basados en [23] que se han pasado a los mayores al finalizar cada una de las secciones de prueba del estudio piloto, en la que han participado 44 personas mayores.

El objetivo de estos cuestionarios era recopilar datos sobre la usabilidad de PESCO una vez que ha sido utilizada por los usuarios finales. Los datos serán analizados para identificar deficiencias de usabilidad encontradas en la aplicación, opiniones sobre las características y complejidad de las actividades y la actitud positiva o negativa de las personas mayores con respecto a PESCO. Los cuestionarios diseñados incluían preguntas sobre el tamaño de la letra, la localización de los botones, la comprensión de las instrucciones, la percepción de la utilidad de la aplicación para la mejora de habilidades, el sentimiento de frustración, el disfrute con los ejercicios, la dificultad encontrada, la motivación para seguir otra sesión más y la valoración de qué ejercicio ha gustado más en cada sesión. Como ejemplo, la tabla 3 muestra los resultados de los cuestionarios para la sesión 3 del estudio piloto realizado. En ella, puede observarse que una gran mayoría de los usuarios no ha tenido dificultades en la sesión de trabajo correspondiente. Al igual que en esta sesión, en el resto, también hemos constatado que hay un alto porcentaje de usuarios que encuentran motivantes y adecuados los ejercicios y la interacción con éstos, aunque algunos les gusten más que otros.

**Tabla 3.** Resultado de los cuestionarios para la sesión 3.

<i>SESIÓN 3: Estimulación cognitiva de planificación y memoria a corto y largo plazo</i>		
<b>Cuestión</b>	<b>Porcentaje Respuesta SI</b>	<b>Porcentaje Respuesta NO</b>
Dificultad en la sesión	29,7	70,3
Frustración	13,2	86,8
Dificultad con la localización de los botones	21,1	78,9
Adecuación de la letra	94,7	5,3
Comprensión de las instrucciones	82,9	17,1
Disfrute	92,1	7,9
Mejora de habilidades	94,7	5,3
Motivación para seguir	97,4	2,6
Le ha gustado la actividad: Lista de recados	51,3	48,7
Le ha gustado la actividad: Compra de regalos	87,2	12,8

### 3.3 Valoración del estudio

Tras realizar la evaluación heurística, la observación directa y con los resultados de los cuestionarios concluimos que tenemos que realizar los siguientes cambios:

- En algunos ejercicios debemos agrandar el tamaño de la letra que aparece en las figuras. También debemos agrandar el tamaño del puntero del ratón.
- Vara hacer la aplicación más accesible debemos incluir audio para el texto, refuerzos y explicaciones. Se añadirá un control para que se pueda cambiar el volumen y frecuencia del sonido.
- A nivel cognitivo, se debe mejorar la usabilidad de varias formas: añadiendo bordes y colores que diferencien mejor los botones seleccionables; resaltando con otros colores lo que ha sido seleccionado, diferenciando lo correcto de lo incorrecto; simplificando algunas instrucciones y frases largas; eliminando algunos distractores y añadiendo refuerzo sonoro para llamar la atención.
- La duración de las sesiones debe ser más homogénea. En teoría todas debían durar una hora aproximadamente pero en la práctica se deben reestructurar algunas sesiones cambiando de lugar algunos ejercicios para conseguirlo.
- Vamos a completar algunas demos y ensayos para asegurarnos de que han entendido bien las instrucciones.
- Se deben ajustar los diferentes niveles de dificultad de algunos ejercicios, principalmente velocidad, tiempos esperados y suministrados y número de elementos presentados.
- El modo de interacción de algunos ejercicios debe cambiarse, observando que la mayoría de los usuarios tienden a no usar los botones que se habían previsto, a cambio de tocar otros elementos de la pantalla más significativos para ellos.
- Algunas personas mayores requirieron el uso de dispositivos de interacción alternativos, como teclados con teclas grandes, pulsadores de botón y pantalla táctil, por lo que debe de hacerse un estudio previo de las necesidades de cada persona para dotarla de los medios de acceso mejores para ella.

Para concluir la valoración, deseamos destacar que la mayoría de los mayores participantes era la primera vez que se acercaban a un ordenador. PESCO ha sido una motivación que ha impulsado a varios y salvado el temor al uso de la tecnología. Todos han percibido que los ejercicios les han ayudado a mejorar sus habilidades cognitivas y están deseando volver a repetir la experiencia.

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

Teniendo presente que el ordenador es un habilitador de muchas formas de actividades sociales y que de forma particular durante la etapa de envejecimiento puede ser un recurso útil para el diseño y adaptación de aplicaciones desarrolladas con fines terapéuticos, en este trabajo se ha presentado una aplicación software para la evaluación y estimulación cognitiva de personas mayores.

Para el diseño de la misma se han tenido presentes las características visuales, auditivas, de memoria, de actitud, etc., que presentan las personas mayores cuando tienen que interactuar con una aplicación informática.

Los aspectos de usabilidad y accesibilidad han sido uno de los ejes y objetivos principales para conseguir una aplicación fácil de entender y usar por los mayores. También, lo ha sido el incorporar a los ejercicios (de memoria, atención, razonamiento y planificación) tareas que guardaran relación con actividades de la vida diaria. Para comprobar la consecución de éstos objetivos se ha realizado un estudio de evaluación de la usabilidad mediante una evaluación heurística, un estudio de campo y cuestionarios de usabilidad. Este análisis ha permitido conocer el grado de aceptación de la tecnología por parte de los mayores y también ciertos aspectos de diseño mejorables en la aplicación, que en este momento estamos llevando a cabo. Diseñar para necesidades especiales de adultos mayores, redundará en un mejor diseño para todos.

Como perspectivas futuras nos hemos planteado la validación de PESCO en otras poblaciones que puedan presentar deterioros con características o requisitos similares a los de las personas mayores. Concretamente, las personas con daño cerebral adquirido (ictus, traumatismos craneales, etc.) generalmente presentan déficit cognitivos que precisan programas de estimulación adaptados a los otros tipos de problemas que frecuentemente están asociados al daño, como los de tipo sensorial, emocional y psicomotor.

**Acknowledgments.** Este trabajo está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del proyecto TIN2008-05995/TSI y por el Consorcio Fernando de los Ríos dentro del proyecto Guadalinfo Accesible.

## Referencias

1. Valenzuela, M., Sachdev, P.: 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, no. 3, pp. 179-187, (2009)
2. Valenzuela, M., Breakspear, M., & Sachdev, P.: Complex mental activity and the aging brain: Molecular, cellular and cortical network mechanisms. *Brain Research Reviews*, vol 56, no 1, pp 198-213, (2007)
3. Ortiz, A.; del Puy Carretero, M.; Oyarzun, D.; Yanguas, J.J; Buiza, C.; González, M.F.; Etxeberria, I. Elderly Users in Ambient Intelligence: Does an Avatar Improve the Interaction? *Universal Access in Ambient Intelligence Environments 2006*: 99-114
4. Mahncke, H.W.: 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, no. 33, pp. 12523-12528, (2006)
5. Pernice, K., Nielsen, J.: *Beyond ALT Text: Making the Web Easy to Use for Users with Disabilities*. Fremont, CA: Nielsen Norman Group, (2001)
6. Nielsen, J.: Usability for Senior Citizens. <http://www.useit.com/alertbox/seniors.html>
7. Miesenberger, K. Klaus, J. Zagler, W. Karshmer, A. (Eds.): *Computer Helping People with Special Needs*. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5105. Springer, Heidelberg (2008)
8. Miesenberger, K., Klaus, J., Zagler, W., Karshmer, A. (Eds.): *Computer Helping People with Special Needs, Part II*. Lecture Notes in Computer Science, vol. 6180. Springer, Heidelberg (2010)
9. Schuhfried, "RehaCom", <http://www.schuhfried.at/es/productos/rehacom/>
10. Schuhfried, "CogniPlus", <http://www.schuhfried.at/es/productos/cogniplus.html/>
11. Franco, M.A., Orihuela, T., Bueno, Y., Cid, T.: Programa Gradior: Programa de evaluación y rehabilitación cognitiva por ordenador., Valladolid: Edintras, (2000)
12. PESCO, <http://asistitc.ugr.es/pesco>
13. González-Abraldes, I., Millán-Calenti, J.C., Balo-García, A., Tubío, J., Lorenzo, T., Maseda, A.: Accesibilidad y usabilidad de las aplicaciones computarizadas de estimulación cognitiva: Telecognitio. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*. Vol 45 (1), pp. 26-29, (2010)
14. Prefasi, S.: Estudio de la accesibilidad y de la usabilidad para herramientas interactivas digitales multimedia en pacientes con una enfermedad mental grave y crónica. XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2010, pp.491-494, (2010)
15. Morgan Morris, J.: User interface design for older adults. *Interacting with Computers*. Vol. 6 n° 4, pp. 373-393, (1994)
16. Wagner, N., Hassanein, K., Head, M.: Computer use by older adults: A multi-disciplinary review. *Computers in Human Behavior*. Vol. 26, pp. 870-882, (2010)
17. Zajicek, M.: Interface Design for Older Adults. In: *Proceeding of Workshop on Universal Accessibility of Ubiquitous Computing*, pp. 60-65. ACM Press, (2001)
18. Heimgärtner, R., Holzinger, A., Adams, R.: From Cultural to Individual Adaptive End-User Interfaces: Helping People with Special Needs. In: Miesenberger et. Al. (eds.): *ICHP 2008*. LNCS, vol. 5105, pp. 82-89. Springer, Heidelberg (2008)
19. ARASAAC: Aragonese Center for of Technologies for Education - Augmentative and Alternative Communication, <http://catedu.es/arasaac/>.
20. Divertic: Asociación Nacional de Tecnología Educativa para la Diversidad, "Aumentativa 2.0," <http://aumentativa.net/>.
21. Maurer, D.: What is usability? Step Two Designs, (2006). <http://www.steptwo.com.au>
22. ISO 9241-11: Guidance on Usability (1998)
23. Nielsen, J.: *Usability Engineering*. London Academic Press, (1993)
24. Browne, H.: *Accessibility and Usability of information Technology by the Elderly*. (2000) <http://otal.umd.edu/UUGuide/hbrowne>

## Requisitos de accesibilidad web en los reproductores multimedia

María González<sup>1</sup>, Lourdes Moreno<sup>1</sup>, Paloma Martínez<sup>1</sup>, Ana Iglesias<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo LaBDA, Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Avda. Universidad 30, 28911 Leganés, Madrid, España

{mgonza1,lmoreno,pmf,aiglesia}@inf.uc3m.es

**Resumen.** El contenido de vídeo se ha ido incorporando en la Web sin tener en mente las barreras de accesibilidad que pueden llegar a incorporar si no se hace de forma adecuada. Dado su gran aumento, es fundamental dar un cambio de rumbo, y empezar a incluir contenido de vídeo que cumpla los requisitos de accesibilidad necesarios para que puedan acceder a él el mayor número de usuarios posible. En la interacción del usuario con la reproducción de un vídeo intervienen muchos aspectos, siendo de gran importancia el agente de usuario web (navegadores, reproductores, etc.). A través de los reproductores multimedia los usuarios acceden a los contenidos de tipo vídeo, por lo que es fundamental que éstos cumplan un mínimo de requisitos de accesibilidad. En este artículo se presentan estándares, normativa y buenas prácticas relativas, así como una propuesta de método ágil de evaluación de los requisitos de accesibilidad en un reproductor multimedia. Por último, como un recurso a profesionales que quieran incluir reproductores multimedia accesibles en sus sitios web, se proporcionan unas guías básicas.

**Palabras clave:** Accesibilidad web, agente de usuario, reproductor, estándar, evaluación.

### 1. Introducción

El vídeo, como otros contenidos multimedia inundan la Web y las cifras indican que lo seguirá haciendo en el futuro [1]. El contenido multimedia debe ser accesible para personas con discapacidad con el seguimiento de estándares como las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) [2] de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) [3] entre otros. Con el fin de lograr acceder al contenido multimedia, es necesario proporcionar de manera sincronizada contenidos alternativos como son el subtítulo, la audiodescripción y la transcripción entre otros. Así, gracias a estas alternativas usuarios sordos o usuarios que no puedan acceder al canal auditivo por circunstancias del contexto de uso, a través del subtítulo podrán acceder al contenido, de igual manera podrán acceder al contenido los ciegos o usuarios que no accedan al canal visual a través de la audiodescripción.

Pero además de tener en cuenta los requisitos de accesibilidad al contenido, la accesibilidad al contenido multimedia en la Web requiere que se cumplan requisitos de accesibilidad de distintos componentes interdependientes [4] que deben ser tenidos en cuenta, como por ejemplo los referentes a los agentes de usuario web (navegadores, reproductores, productos de apoyo). Así, uno de estos requisitos es garantizar la accesibilidad en el acceso al contenido, pero además es fundamental que los reproductores permitan un acceso al contenido multimedia a través de una interacción agradable y efectiva entre el usuario y el contenido.

Aunque los problemas de accesibilidad al contenido multimedia puedan deberse principalmente a la no existencia de alternativas accesibles, otras veces pueden ser a causa de barreras ocasionadas desde el reproductor. Por ejemplo, al no ofrecer una interfaz intuitiva para que el usuario pueda hacerlo funcionar sin necesidad de tener conocimiento previo o pedir ayuda o al no ofrecer soporte a los

productos de apoyo (lectores de pantalla, etc.), o incluso al no ofrecer información sobre qué herramienta software se necesita para la reproducción del contenido de vídeo. Estos dos últimos puntos son particularmente preocupantes, ya que, por ejemplo, no tiene sentido incluir requisitos de accesibilidad al contenido multimedia acompañando a un vídeo de audiodescripción, si finalmente un usuario ciego no puede acceder a ellos porque el reproductor presenta barreras en el acceso por lector de pantalla. Otro ejemplo preocupante y que desgraciadamente ocurre a menudo en la Web es cuando el usuario no dispone del software necesario para reproducir un vídeo y no sabe cómo instalárselo o utilizarlo atendiendo a la diversidad tecnológica en el ámbito multimedia.

Para evitar estas situaciones, los reproductores tienen que ser desarrollados de acuerdo a las Pautas de Accesibilidad para Agentes de Usuario (UAAG) [5] de la WAI, además hay que tener en cuenta otros criterios basados en estudios para intentar ofrecer soluciones actuales de acceso universal al usuario. Es imprescindible que los profesionales web se vayan familiarizando con las UAAG así como con los reproductores existentes en la actualidad tales que sean capaces de reproducir contenido multimedia accesible.

El resto de este trabajo está organizado como se especifica a continuación. En la sección 2 se hace un recorrido a través de los diferentes estándares y normativas que regulan los requisitos de accesibilidad del software en general y de los reproductores en particular, además de proporcionar soluciones que faciliten la accesibilidad en este tipo de software. La sección 3 es en la que se explica un método para evaluar de manera ágil a un reproductor web según las UAAG 2.0. En la sección 4 se ofrecen una serie de pautas de accesibilidad que guían a los desarrolladores a la hora de incluir un reproductor de vídeo en su página web. Por último, la sección 5 es la que contiene las conclusiones obtenidas de la realización de este trabajo.

## **2. Estado de la cuestión**

En esta sección se incluyen distintos trabajos que hemos considerado relativos a la accesibilidad en el acceso al contenido multimedia. Se van a indicar tanto estándares de accesibilidad web como normativa que regula la accesibilidad en el software en general y trabajos de buenas prácticas. Como guía de consulta se referencian distintos reproductores de gran uso en la actualidad indicando si cumplen o no requisitos de accesibilidad. Además, debido al gran auge del reproductor YouTube en cuestión, se van a describir soluciones tecnológicas existentes complementarias que aportan accesibilidad. Por último se introducirán las nuevas aportaciones que proporciona el estándar HTML5.

### **2.1 Normativa y estándares**

Entre los estándares internacionales relacionados con la accesibilidad web en el acceso al contenido multimedia están las UAAG de WAI en relación a los requisitos en reproductores multimedia. En la actualidad la versión de referencia sigue siendo el documento de las antiguas UAAG 1.0 [6]. La versión UAAG 2.0 [7] aún es un borrador y continúa en desarrollo.

Sin embargo, las UAAG 2.0 proporcionan soporte a las WCAG 2.0 [8], que es recomendación, y por ello es la versión que se ha tenido en cuenta para el trabajo que se presenta en este artículo. Por otro lado, en relación al contenido multimedia, hay que considerar las WCAG 2.0, donde en su Pauta 1.2 indica que el contenido multimedia debe ir acompañado de contenidos alternativos sincronizados como son el subtítulo para sordos, audiodescripción, lengua de signos, etc.

Atendiendo a la normativa relativa en España destacar la norma UNE 139802:2009 (Requisitos de accesibilidad del software) [9], versión oficial en español de la ISO 9241-171:2008 [10]. La norma UNE tiene por objetivo proporcionar pautas para realizar un diseño software de sistemas interactivos que alcance el mayor nivel posible de accesibilidad. Incluye cuatro pautas relacionadas directamente,

según esta norma es necesario cumplir con ellas para que un reproductor sea considerado accesible, estas pautas son: (1) el reproductor debe permitir que el usuario pueda detener, iniciar y pausar la reproducción del vídeo, (2) es necesario permitir que el usuario pueda repetir, rebobinar, pausar, adelantar o avanzar de forma rápida una reproducción, (3) se debe permitir que el usuario pueda controlar la presentación de múltiples flujos multimedia, (4) permitir actualizar alternativas equivalentes del contenido multimedia cuando se produzca un cambio en él. Asimismo la UNE 139802:2009 incluye otros requisitos relativos al contenido alternativo subtítulado, indicando que al mostrar los subtítulos el contraste con el fondo sea suficiente, que su colocación no oculte el contenido principal a reproducir, que se puedan activar o desactivar y que permitan adaptarse a cambios en la configuración de preferencias.

Además de los trabajos de estandarización y normativa descritos, existen otros trabajos a tener en cuenta [11] [12] [13] e instituciones [14] [15] [16] que presentan guías de buenas prácticas respecto al contenido multimedia accesible en la Web.

## 2.2 Requisitos de accesibilidad en reproductores y formatos

Los reproductores de mayor uso en la actualidad incluyen en mayor o menor medida, características de accesibilidad conformes a algunas de las pautas UAAG. Los reproductores se pueden encontrar incrustados en una página web o ser software independiente. La forma incrustada del reproductor en una página web permite una interacción más sencilla al usuario al acceder al contenido sin tener que abrir otra aplicación, como ocurre en muchos reproductores de tecnología Flash de gran éxito. Sin embargo, por otro lado, los reproductores independientes suelen tener más opciones de control y en general, son mucho más accesibles que las versiones incrustadas [11].

Distintos reproductores analizados tienen capacidad para ofrecer subtítulos junto con el contenido principal de vídeo, entre ellos, destacar los reproductores más populares como RealPlayer<sup>1</sup>, Windows Media Player<sup>2</sup>, QuickTime<sup>3</sup> e iTunes<sup>4</sup>. Tanto iTunes como los dispositivos de la familia i-Pod<sup>5</sup> tienen la capacidad de mostrar subtítulos cerrados (subtítulos que pueden ser mostrados o no dependiendo de las preferencias del usuario) [17].

En relación con la audiodescripción, se recomienda a los reproductores multimedia tener una pista de audiodescripción que se reproduzca a lo largo del vídeo, pudiendo el reproductor de esta forma permitir al usuario activar y desactivar la audiodescripción, pero esta característica no se incluye actualmente en la mayoría de los reproductores.

En la actualidad, la mayoría de los vídeos on-line se reproducen a través de reproductores de vídeo incrustados en páginas basados en la tecnología *Flash* [18]. Su éxito es consecuencia de tener un excelente sistema de compresión que puede entregar audio de alta fidelidad y vídeo de alta resolución sin imponer por ello un ancho de banda elevado, además de estar instalado en la mayoría de los navegadores [17]. Teniendo en cuenta el gran uso de los reproductores *Flash* y el impacto negativo que puede suponer si no incluyen requisitos de accesibilidad, enmarcado en este trabajo de investigación, se ha llevado a cabo un estudio para evaluar el nivel de accesibilidad de tres reproductores de tecnología *Flash* (YouTube<sup>6</sup>, CCPlayer<sup>7</sup>, BBC iPlayer<sup>8</sup>) [19]. Como resultado de este análisis, se obtuvo que el

<sup>1</sup> Sitio web del reproductor RealPlayer: <http://spain.real.com/realplayer>

<sup>2</sup> Sitio web del Windows Media Player: <http://windows.microsoft.com/es-ES/windows/products/windows-media>

<sup>3</sup> Sitio web del reproductor QuickTime: <http://www.apple.com/es/quicktime/download/>

<sup>4</sup> Sitio web del reproductor iTunes: <http://www.apple.com/es/itunes/>

<sup>5</sup> Sitio web del reproductor i-Pod: <http://www.apple.com/es/ipodclassic/>

<sup>6</sup> Sitio web del reproductor YouTube: <http://www.youtube.com>

reproductor más accesible de los analizados es el reproductor *CCPlayer*. Además se advirtió que queda un largo camino por recorrer, ya que en general los reproductores cumplen pocos requisitos de accesibilidad de los incluidos en las UAAG 2.0. Este análisis de la accesibilidad se ha realizado siguiendo una propuesta de método ágil de evaluación de la accesibilidad para reproductores. Dicho método es presentado en la sección 3.

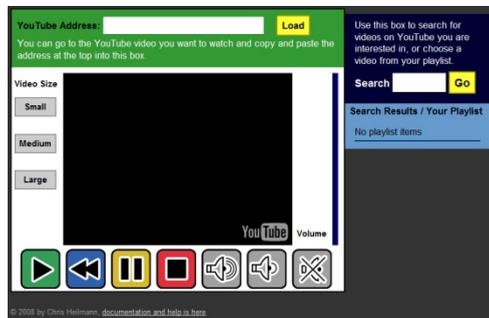
### 2.3 Soluciones accesibles para el reproductor YouTube

*YouTube* es el principal reproductor de vídeo que se utiliza en la Web, usa tecnología *Flash* y posee una interfaz atractiva. En relación a la accesibilidad, entre sus inconvenientes se encuentran las dificultades al operar con sus controles, ya que existen navegadores que no permiten el acceso a través de teclado e incluso que los lectores de pantalla no puedan distinguir siempre de forma precisa la función de los controles implementados en *Flash*.

El objetivo debe ser asegurar que el mayor número posible de usuarios puedan acceder a los vídeos online a través del reproductor *YouTube* sin importar su edad, discapacidad y experiencia web entre otras, es por ello que hayan surgido numerosas soluciones como las que se muestran a continuación para complementar aquellos obstáculos que presenta el reproductor de *YouTube* en usuarios con discapacidad.

La navegación y acceso a través del teclado y lector de pantalla al reproductor es a través de la API JavaScript de *YouTube* que proporciona controles regulares de HTML para los usuarios que acceden por teclado y lector de pantalla. Sin embargo, este API no proporciona un soporte completo y accesible para los subtítulos.

Como soluciones a destacar se han encontrado las siguientes APIs: el API de “*Captioning YouTube and Providing Accessible Controls*” [20] que referencia métodos y herramientas para incluir el subtítulo, audiodescripción, indicando soluciones para proporcionar controles JavaScript accesibles en reproductores Flash; “*Accessible Easy YouTube Player*” [21] (ver Figura 1) que proporciona una interfaz accesible, permite pegar la URL de un vídeo y usar un reproductor accesible para acceder, o buscar el vídeo en *YouTube* entre otras cosas. Sin embargo no proporciona controles de navegación o para moverse hacia delante o hacia atrás en la reproducción tal como indican las UAAG 2.0. Además, no es compatible con las características del subtítulo incluidas por el API JavaScript actual de *YouTube*.



<sup>7</sup> Sitio web del reproductor CCPlayer: [http://ncam.wgbh.org/invent\\_build/web\\_multimedia/tools-guidelines/ccplayer](http://ncam.wgbh.org/invent_build/web_multimedia/tools-guidelines/ccplayer)

<sup>8</sup> Sitio web del reproductor BBCPlayer: <http://www.bbc.co.uk/iplayer/tv>

**Figura 1** Interfaz de *Accessible Easy YouTube Player*

Otra de las soluciones encontradas para *Youtube* es “*Accessible YouTube player controls*” [22]. En este caso, se han recodificado los controles utilizando la tecnología *Flash Action Script 3.0*<sup>9</sup>, obteniendo controles más accesibles para los usuarios de acceso con teclado y a través de lector de pantalla que los que proporciona de manera nativa el reproductor de *YouTube*. Como ocurría en casos anteriores, no hay soporte para el subtítulo cerrado por el hecho de incompatibilidad con la API del reproductor *YouTube*. Además de estos recursos, se han encontrado otros recursos para elaborar subtítulo y incorporarlos como subtítulo cerrado para los vídeos en *YouTube* [23] [24].

## 2.4 Solución universal con HTML5

El nuevo estándar en desarrollo HTML5 [25] ofrece entre otras características favorables a la accesibilidad web, la posibilidad de reproducir vídeo sin necesidad de tener *plug-ins* instalados, a través de las nuevas etiquetas `<video>` y `<audio>`, sin embargo existen problemas ya que no hay un soporte completo de todos los agentes de usuario web en el acceso por teclado y a través de lector de pantalla a los controles que se proporcionan. Por otro lado, el actual borrador de HTML5 no da soporte a la inclusión de subtítulo y audiodescripción, por lo que en el camino de ser recomendación oficial le faltaría incorporar requisitos para cumplir con las UAAG 2.0 y WCAG 2.0 [26].

## 3. Método ágil de evaluación basado en WAI-UAAG 2.0

Tras advertir, por evaluaciones llevadas a cabo, que la aplicación de las UAAG utilizando su lista de puntos de verificación o Checklist [27] presenta dificultad en su uso para desarrolladores y evaluadores, hemos definido un método incluyendo agilidad en su procedimiento para evaluar el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad incluidos en las UAAG 2.0 relativos a los reproductores web [19].

El primer paso para definir el método fue distinguir qué pautas de UAAG 2.0 están orientadas a los reproductores, ya que existen otras que son aplicables actualmente sólo a los navegadores. Como resultado se seleccionó un subconjunto de pautas sí aplicables a los reproductores. La Tabla 1 indica el número de pautas tomadas en cuenta para los reproductores clasificadas por Niveles de Conformidad según las UAAG 2.0.

**Tabla 1** Número de pautas por Niveles de Conformidad de las UAAG 2.0 para reproductores.

	Nivel “A”	Nivel “AA”	Nivel “AAA”	Indeterminado aún borrador
UAAG 2.0	76	29	14	6
Selección de pautas para reproductores	36	20	9	4

El segundo paso fue agrupar el subconjunto de pautas aplicables según cuestiones de accesibilidad comunes y que comparten requisitos de accesibilidad. La propuesta ha dado lugar a catorce grupos. En la Tabla 2 se muestran dichos grupos junto con una breve descripción, y las pautas incluidas en cada uno. El procedimiento de cómo aplicar el método ágil de evaluación resulta de aplicar las agrupaciones de pautas en el orden secuencial fijado en la Tabla 2.

<sup>9</sup> Action Script 3.0: [http://www.adobe.com/devnet/actionscript/articles/actionscript3\\_overview.html](http://www.adobe.com/devnet/actionscript/articles/actionscript3_overview.html)

**Tabla 2** Método ágil de evaluación de accesibilidad para reproductores web.

GRUPO	NOMBRE	BREVE DESCRIPCIÓN	EJEMPLO	UAAG 2.0 Pauta (G) y Criterio de Éxito (sc)
G1	Contenido alternativo	Evalúa la presencia de diferentes tipos de contenido alternativo para que el usuario pueda acceder de manera sincronizada con el contenido original o pueda reemplazar a dicho contenido.	Inclusión de subtítulo, audiodescripción, lengua de signos, etc. de manera sincronizada.	G:3.1
G2	Resaltar información	Evalúa que el usuario tenga la opción de resaltar diferente tipo de información dentro del contenido multimedia.	Elementos habilitados, la selección, etc.	sc:3.5.1
G3	Configuración de texto y estructura del contenido	Evalúa la posibilidad de estructurar el contenido multimedia utilizando etiquetas para organizarlo y configurar el texto que forma parte de él.	Configurar el tamaño del texto, su fuente y el color. Estructurar el contenido con etiquetado	sc:3.6.1 3.12.2, 3.12.3
G4	Configuración del volumen	Evalúa si se puede configurar el volumen global a través de elementos del sistema operativo (SO) y si se puede ajustar el volumen de forma independiente o dependiente de él.	Comprobar si al deshabilitar el volumen del sistema operativo se ve afectado el audio de la reproducción.	G:3.7
G5	Configuración de voz sintetizada	Evalúa si se cumplen diferentes características de la voz.	Configurar la velocidad de la voz y su volumen entre otros.	G:3.8
G6	Opciones de ventana	Evalúa la capacidad de poder redimensionar una ventana dentro de los límites de la pantalla.	Aumentar la ventana de reproducción dentro de los límites del display.	sc:3.10.4
G7	Foco del contenido	Evalúa diferentes aspectos relacionados con el foco del contenido.	Comprobar que si te mueves a través de un submenú se va cambiando el foco.	sc: 3.11.3, 3.11.4, 3.11.6, 3.11.7, 3.11.8, 3.11.10, 3.11.11
G8	Acceso mediante teclado y navegación	Evalúa aspectos relacionados con la navegación a través del teclado y con una navegación de forma estructurada.	Si se utilizan atajos de teclado para navegar dentro de los diferentes submenús, la posibilidad de seleccionarlos o sólo navegar a través de las opciones del submenú.	sc: 3.11.9, 4.1.1, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8, 4.1.9, 4.1.10, 4.1.11, 4.1.12, 4.7.5, 4.7.6, 4.7.7
G9	Preferencias del usuario	Evalúa los aspectos relacionados con las preferencias del usuario.	Cambiar, configurar o establecer preferencias por defecto.	G:4.5
G10	Búsqueda de texto dentro del contenido	Evalúa si el reproductor es capaz de realizar búsquedas de texto dentro de las alternativas textuales del video que se reproduce.	Buscar una palabra dentro del subtítulo y que se acceda a ese momento en el tiempo de la reproducción.	G:4.6
G11	Configuración de la barra de herramientas	Evalúa si un usuario puede realizar cambios en los controles de la interfaz de usuario de un reproductor a través de la barra de herramientas.	Comprobar si se puede poner, quitar o cambiar la posición de un menú en la barra de herramientas.	G:4.8
G12	Control de contenido que puede reducir la accesibilidad	Evalúa contenido que pueda reducir la accesibilidad.	Cargar el video dejando fijo el primer fotograma hasta que el usuario pulse el play o realizar un ajuste en cuanto al contraste y al brillo de la reproducción.	sc: 4.9.2, 4.9.5, 4.9.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 4.9.9, 4.9.10, 4.9.11 sc:5.4.2
G13	Mensajes innecesarios	Evalúa la posibilidad de permitir al usuario evitar mensajes innecesarios y la posibilidad de mostrar la recuperación del contenido.	Poder eliminar cualquier mensaje que aparece obstaculizando la reproducción sin que eso afecte.	G:5.1
G14	Documentación sobre las características de accesibilidad	Evalúa que el reproductor proporcione una ayuda y documentación sobre las características que benefician la accesibilidad del mismo.	Presentar documentación donde se indique como activar o desactivar los subtítulos, o como aumentar el tamaño de la fuente etc.	G:5.3

#### 4. Pautas de accesibilidad para reproductores en la Web

Con el conocimiento extraído del estudio de estándares de la WAI como las WCAG 2.0, del trabajo de definición del método ágil basado en las UAAG 2.0, así como del estudio de otros trabajos de normativa y relativos expuestos, se presenta en esta sección como resultado una sencilla documentación de ayuda orientada a guiar a cualquier profesional del ámbito web. En dicha documentación se incluyen un conjunto de pautas básicas a seguir y elementos a incorporar en la interfaz del reproductor si se quiere incluir de manera accesible un vídeo al que se acceda a través de un reproductor en una página web.

- 1) Un reproductor debe proporcionar junto con el vídeo (contenido primario), distintas alternativas para la información audiovisual que son:
  - a) Subtítulos (subtitulado para sordos). En la Figura 2 se muestra esta alternativa al vídeo.



**Figura 2** Screenshot del reproductor *BBC iPlayer* mostrando subtítulos.

- b) Audiodescripción.
  - c) Otros (lengua de signos, transcripción, audiodescripción extendida, etc.).
- 2) Se tiene que asegurar un acceso completo a todas sus características, además de desde ratón:
  - a) Por teclado.
  - b) A través de productos de apoyo (como el lector de pantalla).
- 3) Se ha de proporcionar en la interfaz de usuario una ayuda y documentación sobre las características de accesibilidad del reproductor, donde se informe al usuario de la disponibilidad de dichas características, además de información sobre su propósito y uso.
- 4) Proporcionar cursor de foco de teclado que indique visualmente qué elemento de interfaz de usuario tiene el foco del teclado en un momento dado, así como un cursor de texto que indique la ubicación del foco dentro de un elemento de texto. Restaurar el estado cuando se recupera el foco del estado.

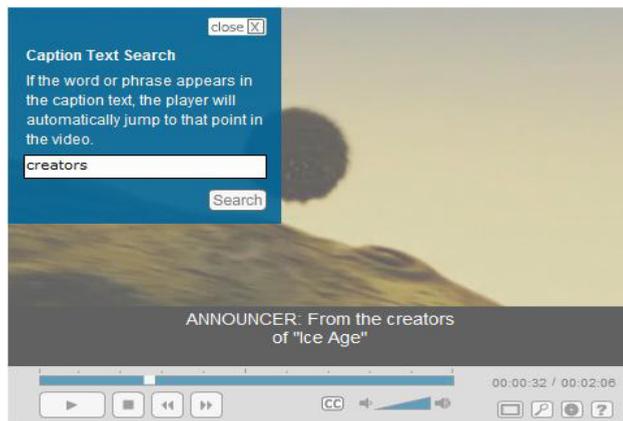
Atendiendo a las pautas anteriores, hay que incluir en la interfaz de usuario elementos que deberán aparecer como son los siguientes controles. Los controles los hemos dividido en dos tipos: controles básicos y otros adicionales que son necesarios para obtener un reproductor accesible.

- En el primer grupo de controles básicos se incluyen:
  - Control que permita reproducir (*'play'*) o parar el vídeo.
  - Control que permita cambiar el tamaño de la ventana.
  - Control que permita ajustar el volumen.
- Entre los controles adicionales se incluyen los siguientes:
  - Control que permita activar o desactivar los subtítulos. En la Figura 3 se muestra el botón “CC” (*Closed Caption*) que proporciona dicha funcionalidad.



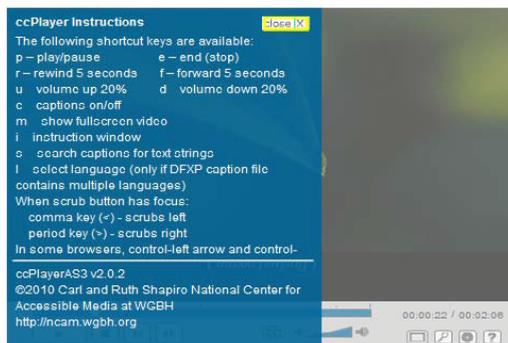
**Figura 3** Screenshot del reproductor *YouTube* mostrando el botón CC.

- Control que permita activar o desactivar la audiodescripción.
- Control que permita realizar búsquedas dentro de los subtítulos de la reproducción tal como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4** Screenshot del reproductor *CCPlayer* mostrando cómo se realiza la búsqueda de palabras.

- Control que permita adelantar o atrasar segundos en una reproducción.
- Control que permita cambiar el tamaño, la fuente y el color del texto.
- Control que permita acceder a la documentación de ayuda donde se informe sobre los atajos de teclado, como ejemplo ver la Figura 5.



**Figura 5** Screenshot del reproductor *CCPlayer* que muestra un menú de ayuda con los atajos de teclado.

- 5) En cuanto a otros requisitos importantes a considerar, algunos de accesibilidad, otros más cercanos a la usabilidad, se han encontrado los siguientes:
  - a) Es importante que las preferencias de accesibilidad que configuren los usuarios se mantengan una vez establecidas, en sesiones posteriores y sólo cambien cuando así lo decida el usuario.
  - b) Los controles que permiten activar o desactivar y ajustar las características de accesibilidad tienen que ser fáciles de descubrir y tienen que ser operables.
  - c) Proporcionar información que le permita al usuario conocer todos los atajos de teclado que se pueden utilizar en el reproductor, como por ejemplo el menú de ayuda mostrado en la Figura 5.
  - d) Permitir navegar por su contenido sin que eso conlleve activar cualquiera de sus controles.
  - e) Facilitar que el usuario se pueda mover a través de menús, submenús y listas mediante diferentes combinaciones de teclado o teclas rápidas.
  - f) Permitir que el usuario pueda establecer sus propias preferencias al configurar los atajos de teclado.

## 5. Conclusiones

El contenido multimedia en la Web continúa creciendo día a día. Este crecimiento no es comparable con el crecimiento de la accesibilidad en la Web al que le queda un largo camino por recorrer ya que sigue siendo insuficiente. Debido a esto, cada día se vuelve más importante que tanto los reproductores como el acceso a ellos a través de una página web sea accesible.

El objetivo de este artículo, es ayudar a los profesionales web a crear o decidir qué reproductor de vídeo incluir en sus sitios web que garantice un acceso equitativo para todos y sirva contenido accesible. Por ello, se ha presentado un conjunto de pautas básicas de accesibilidad que son necesarias cumplir para obtener un reproductor accesible. Además, se ha presentado un método ágil de evaluación, que ha sido probado anteriormente en la evaluación de varios reproductores, para ayudar a los evaluadores a comprobar si un reproductor etiquetado como accesible lo es en realidad.

## Agradecimientos

Este trabajo de investigación está apoyado por el Research Network MAVIR (S2009/TIC-1542 (ver [www.mavir.net/](http://www.mavir.net/))), y por los proyectos de investigación GEMMA (TSI-020302-2010-141) y SAGAS (TSI-020100-2010-184).

## Referencias

1. Cisco Visual Networking Index: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-481360\\_ns827\\_Networking\\_Solutions\\_White\\_Paper.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html)
2. W3C, WAI, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), 2010, <http://www.w3.org/WAI/intro/wcag.php>
3. W3C, Web Accessibility Initiative (WAI), 2010, <http://www.w3.org/WAI/>
4. Lourdes Moreno, Paloma Martínez, Belén Ruiz-Mezcua, (2008). Disability Standards for Multimedia on the Web, October, 2008, IEEE Multimedia, IEEE Computer Society, ISSN: 1070-986X, Vol: 15, N: 4
5. W3C, WAI, User Agent Accessibility Guidelines (UAAG), 2010, <http://www.w3.org/WAI/intro/uaag.php>
6. W3C, User Agent Accessibility Guidelines 1.0, 2002, <http://www.w3.org/TR/WAI-USERAGENT/>
7. W3C, User Agent Accessibility Guidelines 2.0, 2010, <http://www.w3.org/TR/UAAG20/>
8. W3C, Web Content Accessibility Guidelines 2.0, 2008, <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>
9. AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2009, <http://www.aenor.es>
10. ISO, International Organization for Standardization, 2008, <http://www.iso.org>
11. WebAIM, 2010, Media Player Accessibility, <http://webaim.org/techniques/captions/mediaplayers/>
12. Joe Clark, Accessibility, Design and Writing, 2010, <http://joelclark.org/>
13. Lourdes Moreno, Paloma Martínez, Belén Ruiz-Mezcua, (2009). Guías metodológicas para contenidos multimedia accesibles en la Web, X Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2009, Barcelona, España, Septiembre, 2009, ISBN: 13:978-84-692
14. Alfred P. Sloan Foundation, 2008, <http://www.sloan.org/>
15. NCAM, National Center for Accessible Media, 2009, <http://ncam.wgbh.org/>
16. Stanford Captioning, <http://captioning.stanford.edu/>
17. CANnect, 2010. Accessible Video and Audio, How-To Guide for Creating Accessible Online Learning Content, <http://sloanconsortium.org/connect/projectone/advice/video-audio.php>
18. ADOBE, Flash Player penetration. Flash content reaches 99% of Internet viewers, Millward Brown survey, conducted December 2010 [http://www.adobe.com/products/player\\_census/flashplayer/](http://www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/)
19. Lourdes Moreno, María González-García, Paloma Martínez, Ana Iglesias, (2011). A study of accessibility requirements for media players on the Web, 14th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2011). 6th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Orlando, Florida, USA, July, 20. 2011, Volume: In press.
20. OSU Web Accessibility Center's, Captioning YouTube and Providing Accessible Controls, <http://wac.osu.edu/examples/YouTube-player-controls/>
21. Christian Heilmann's Accessible Easy YouTube <http://icant.co.uk/easy-YouTube/>
22. Accessible YouTube player controls (vision australia) <http://www.visionaustralia.org/info.aspx?page=2260>

23. YouTubeCC, <http://www.youtubecc.com/>
24. CaptionTube <http://captiontube.appspot.com/>
25. W3C, HTML5, A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML, <http://www.w3.org/TR/2009/WD-html5-20090423/>
26. Lourdes Moreno, Paloma Martínez, Ana Iglesias, María González-García, (2011). HTML5 support for an accessible user-video-interaction on the Web, INTERACT 2011. 13th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction, Lisbon, Portugal, September, 2011, Volume: In press.
27. W3C, WAI, UAAG 2.0, Checklist (for Authoring Tool Accessibility Guidelines 2.0), <http://www.w3.org/TR/2009/WD-ATAG20-20090521/checklist.html>



## **Desarrollo de interfaces basadas en modelos I**



## Extensión a UsiXML para el Soporte del Awareness

Jose Figueroa-Martinez <sup>1</sup>, F. L. Gutiérrez Vela <sup>1</sup>, Víctor López-Jaquero <sup>2</sup>, Pascual González <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Granada  
C/ Cuesta del Hospicio s/n - 18071  
Granada, España

<sup>2</sup> Universidad de Castilla-La Mancha  
CP 02071  
Albacete, España

[jfigueroa@ugr.es](mailto:jfigueroa@ugr.es), [fgutierr@ugr.es](mailto:fgutierr@ugr.es), [victor@dsi.uclm.es](mailto:victor@dsi.uclm.es),  
[Pascual.Gonzalez@uclm.es](mailto:Pascual.Gonzalez@uclm.es)

**Abstract.** El soporte del Awareness en las tecnologías de desarrollo basadas en MDA es prácticamente inexistente. Esto se debe en gran parte a la falta de un modelo conceptual apto para caracterizar y representar el Awareness bajo las diferentes visiones existentes en las arquitecturas basadas en modelos. Este trabajo presenta una extensión al lenguaje de descripción de interfaces de usuario UsiXML, para dar soporte al Awareness como requisito de información. Este lenguaje tiene como objetivo describir interfaces de usuario multimodales y multicontexto. El enfoque basado en modelos de UsiXML lo hace un excelente candidato para integrar el soporte del Awareness desde la fase de ingeniería de requisitos hasta la implementación de las interfaces de usuario, permitiendo la trazabilidad de los requisitos de Awareness desde las interfaces de usuario finales a las tareas y entidades del dominio que los alimentan. Esto permitirá a los desarrolladores el mantener y validar todos los mecanismos de Awareness provistos por el sistema. El objetivo final del trabajo es obtener una mejora substancial en la calidad del software desarrollado, una clara mejora en los procesos de interacción y colaboración, un desarrollo organizado y trazable de los mecanismos de Awareness y un mantenimiento más sencillo.

Keywords: Awareness, model-based user interface development, requirements

### 1 Introducción

El desarrollo basado en modelos o MDD busca construir software a partir de un conjunto de modelos y procesos de transformación aplicados a ellos, en vez de codificar directamente el dominio, las tareas y las interfaces de usuario, como se hace en el desarrollo de software tradicional. El desarrollo de interfaces de usuario no es una excepción a la tendencia general a utilizar el diseño basado en modelos durante el desarrollo del software. Este interés en el desarrollo basado en modelos de interfaces

de usuario [1] ha sido expresado en la creación de un grupo en la W3C [2] para buscar la estandarización del diseño de interfaces de usuario basado en modelos. El enfoque dirigido por modelos aplicado al diseño de interfaces de usuario está soportado por un lenguaje de descripción de interfaces de usuario (UIDL) que provee un conjunto de elementos que dan significado a los modelos requeridos para describir el proceso de desarrollo de las interfaces de usuario. La revisión más reciente sobre los UIDLs disponibles puede encontrarse en [3]. Indudablemente, uno de los más activos UIDLs por sus herramientas disponibles y su comunidad es UsiXML [4].

UsiXML es un lenguaje de marcado basado en XML, creado para describir interfaces de usuario multi plataforma y multi contexto. Permite a los desarrolladores especificar interfaces de usuario a diferentes niveles de abstracción, separando los conceptos que afectan a los modelos usados en el desarrollo y a la propia aplicación, como es el dominio, las tareas, el contexto, los dispositivos etc. Dependiendo de estas especificaciones, las herramientas basadas en UsiXML pueden generar código especializado para cada plataforma objetivo.

UsiXML, así como otros UIDLs, permite describir un importante aspecto de desarrollo como es el contexto del usuario en donde las interfaces van a ser utilizadas. Pero dentro de este contexto no incluye el soporte a la especificación de requisitos de awareness o del proceso de awareness mismo, a pesar de que el awareness es primordial para la especificación y el funcionamiento de cualquier sistema colaborativo o de naturaleza dinámica.

De forma general, awareness significa “el conocimiento de lo que está pasando” [5]. Existen estudios extensos sobre el mismo y varios de ellos con muy diferentes interpretaciones de lo que se entiende por awareness. Para este trabajo, hemos seleccionado como base conceptual los modelos del awareness definidos por nosotros en [6], aunque los hemos madurado, completado y adaptado a las características de UsiXML. Hemos realizado esta selección ya que estos modelos fueron desarrollados con el propósito de ser utilizados en metodologías de desarrollo basado en modelos, además de tener una robusta y estable base teórica: la teoría del “Situation Awareness” (SA) o Awareness de la Situación [5].

El objetivo de este trabajo es extender UsiXML paso a paso para introducir el Awareness como un nuevo requisito que pueda ser definido, relacionado, propagado y validado a través de toda la metodología.

## **2 Trabajos Relacionados. Formas de dar soporte al Awareness.**

El soporte del Awareness ha sido mejorado ampliamente en herramientas y técnicas para el desarrollo tradicional (no basados en modelos). Desde toolkits gráficos como GroupKit [7] hasta marcos de trabajo para el soporte del Awareness, como el desarrollado por Drury [8]. Sin embargo, su soporte todavía está limitado principalmente a las últimas fases de este proceso, las cuales comúnmente son el diseño, la implementación y el mantenimiento del software.

El soporte del Awareness como un “añadido” en las últimas fases, representa un problema en el sentido de justificar su origen y su soporte de forma eficiente. Si toda

la implementación proviene de los requisitos (afirmación habitual bajo las metodologías de desarrollo de software modernas), los mecanismos de Awareness implementados también deben venir de los requisitos iniciales del problema.

El desarrollo basado en modelos está siendo cada vez más una sólida alternativa al desarrollo de software tradicional. Sin embargo, el soporte del Awareness es un componente que todavía falta en las tecnologías modernas de desarrollo basado en modelos. Esto se debe principalmente a la falta de un modelo del Awareness orientado al desarrollo, aunque en años recientes este tema ya ha sido retomado [6].

En el caso de UsiXML, Tesoriero [9] presenta una extensión al lenguaje para soportar las interfaces de usuario con awareness del usuario, es decir, interfaces especializadas para usuarios con distintas características. Sin embargo, la extensión propuesta por Tesoriero no contempla proporcionar ningún tipo de información de Awareness al usuario o técnicas específicas para modelarla. Aún así, hasta este momento, su propuesta es la única que contempla el Awareness como parte de UsiXML.

En relación con las interfaces de usuario y el proceso de interacción, los cuales son aspectos desafiantes del desarrollo de software y que tienen mucha relación con el soporte del Awareness, existen algunas herramientas que generan interfaces de usuario a partir de modelos de tareas. IdealXML [10] puede generar interfaces de usuario abstractas a partir del modelo de tareas. GrafiXML [11] puede generar interfaces de usuario concretas a través del uso de un editor gráfico.

A pesar de la importancia del Awareness y de su creciente adopción por las metodologías y herramientas de desarrollo de software, ninguno de los lenguajes de descripción de interfaces de usuario disponibles actualmente [12] soporta el Awareness como requisito inicial, aunque es verdad que lo toman en cuenta como elemento de importancia durante el diseño de las interfaces de usuario.

### **3 Introducción a UsiXML y al Awareness**

UsiXML está basado en el Marco de Referencia Cameleon [12], el cual define los pasos del desarrollo de interfaces de usuario (UI) para aplicaciones interactivas multicontexto. En este proceso se identifican cuatro pasos: Modelado de Tareas & Conceptos (T&C), que representa las tareas a ser ejecutadas y los conceptos del dominio necesarios para llevar a cabo dichas tareas. Diseño de Interfaces de Usuario Abstractas (AUI), que define espacios de interacción a través de unir varias tareas de acuerdo a ciertos criterios (esto se hace a través de Objetos Abstractos de Interacción). Diseño de la Interfaz de Usuario Concreta (CUI), que representa una AUI a un nivel superior para un contexto específico de uso a través de Objetos Concretos de Interacción. Desarrollo de la Interfaz de Usuario Final (FUI), que representa la interfaz de usuario operativa. Estos pasos generan 4 capas de representación de la interfaz de usuario bajo diferentes visiones.

Los requisitos de Awareness deben ser representados en la capa T&C, ya que los aspectos de interacción y del dominio son definidos en esta capa. Analizando la metodología de definición de UsiXML, el proceso de abstracción/reificación y

transformación, el soporte del Awareness debe propagarse de la capa T&C hasta la capa de las FUI y ser trazable en las dos direcciones. Normalmente, el Awareness se usa en las interfaces de usuario como un proveedor de información, en donde dicha información es obtenida de las clases del dominio y del sistema en ejecución, como por ejemplo, la posición del cursor, la plataforma hardware del cliente, etc.

Pasando a la teoría, el Awareness es un estado de conocimiento. Endsley define el Awareness como “la percepción de los elementos en el entorno, en un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su estado en el futuro cercano.” Podemos tener Awareness de “algo”, es decir, podemos tener un Awareness específico de un tipo caracterizado por “algo”. El Awareness se usa para la toma de decisiones en entornos dinámicos y puede alcanzar niveles más altos de entendimiento de los elementos, así como proyecciones de sus valores en un futuro cercano.

Identificamos tres tipos de elementos de información para el observador: Elementos concretos, los cuales son recibidos directamente, Elementos compuestos, los cuales representan el entendimiento de otros elementos como un grupo (el sistema es capaz de interpretar varios valores concretos y según sus valores inferir un nuevo valor para todo el elemento), Proyecciones, las cuales representan los valores de uno o más elementos (concretos o compuestos) en el tiempo futuro calculados a través de mecanismos de inferencia (el sistema es capaz de inferir que valor tendrá el elemento cuando pase un tiempo determinado).

La información de Awareness generada por ordenador implica transmitir información (datos de Awareness) desde el sistema al usuario que los requiere. Esa información alimentará el estado de conocimiento del usuario que requiere Awareness cuando él se encuentra en el proceso de toma de decisiones y ejecución de tareas.

En este artículo, nuestra principal propuesta es el soportar Awareness proveyendo una forma precisa de representar requisitos relacionados con el Awareness, así como su integración con los modelos iniciales del UsiXML. Aplicando este enfoque a las metodologías basadas en modelos encontramos que el Awareness debe ser definido, relacionado con las tareas y transmitido a través de las interfaces de usuario, las cuales deben estar hechas para transmitir datos de Awareness.

## 4 Soporte del Awareness en UsiXML

Para dar soporte al Awareness en UsiXML son necesarias algunas modificaciones iniciales: una forma de definir el Awareness, una forma de definir el uso del Awareness como requisito de información y una forma de enlazar y propagar los requisitos de Awareness a las FUI. A fin de conseguir esto, hemos desarrollado varios modelos y hemos añadido a los ya existentes, los cuales proveerán la estructura para el soporte del Awareness en UsiXML. El proceso de transformación estándar también debe cambiar a fin de generar los nuevos mapeos para permitir un soporte del “Awareness trazable”.

Primero, presentaremos una forma de representar el Awareness según lo descrito por Endsley [5]. Después mostraremos como incluir el Awareness en un dominio

específico, a fin de obtener una fuente de datos de Awareness usable. Después de eso, describiremos como usar los datos de Awareness y como incluirlos en el proceso de desarrollo del software.

Para ejemplificar los requisitos de Awareness usaremos como caso de estudio un sistema para el manejo de camiones de bomberos (“Fire truck” o autobomba) para una Central de Bomberos. El sistema puede ser manejado por un bombero experto y por uno auxiliar. Cada uno tiene diferentes conocimientos, pero los dos tienen la misma tarea: enviar las autobombas requeridas para cubrir las emergencias del momento. La entidad para representar la autobomba tiene los siguientes atributos: `id`, `name`, `gas capacity`, `water capacity`, `location`, `onmaintenance`.

El bombero experto requiere toda la información actualizada de las autobombas. El bombero auxiliar requiere la misma información pero previamente “asimilada” por el sistema, como es el caso del elemento `availability`. Además requiere una proyección del mismo elemento para conocer su estado en un futuro cercano.

### Representación genérica del Awareness

Siguiendo la descripción del Awareness hecha por Endsley, definimos el Awareness de “algo” (un recurso, una localización, sus cambios de estado, etc.) a través de un conjunto de elementos de información. Los “Elementos” representan algo que el observador puede recibir y entender, como por ejemplo, la localización, peso, altura, velocidad, etc. Estos elementos concretos son características de la entidad observada.

Puede haber otros elementos creados por el entendimiento del propio observador, los cuales llamamos *elementos compuestos*. Definimos los elementos compuestos como una composición de elementos concretos y/o elementos compuestos a través de una función de composición. También puede haber proyecciones de los valores de algunos elementos en el futuro. Las llamamos *proyecciones de Awareness*. Fig. 1 a.

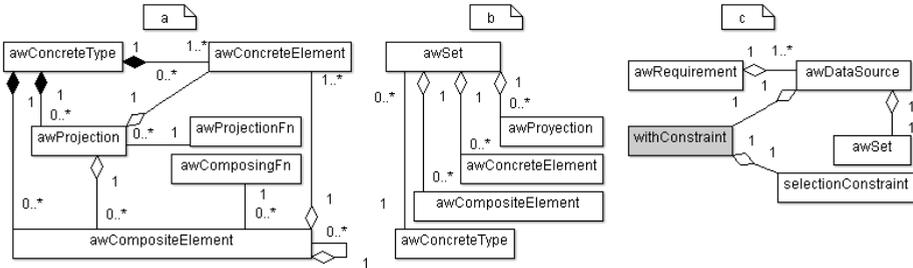
Estos elementos no poseen una medida o tipo de dato específico, como metros, kilogramos, u otros. Son elementos abstractos y por ello forman un tipo de Awareness abstracto. Entonces, un Tipo Abstracto de Awareness (AAT) es una representación de una estructura abstracta de elementos que forma un Tipo de Awareness.

El modelo del AAT puede ser útil para compartir y reutilizar modelos genéricos de AATs comunes como son el Group Awareness, Presence Awareness, Location Awareness, Workspace Awareness, entre otros. Sin embargo, no los describimos en este trabajo porque explícitamente hablando, no son requeridos como tal para el soporte del Awareness aunque sí consideramos que su definición precisa permitiría tener un catálogo de awareness que facilitaría el modelado de sistemas complejos.

Para nuestro ejemplo, crearemos el *Fire truck Awareness* y el *Location Awareness*. El *Fire truck Awareness* tiene los siguientes elementos: `gas`, `water`, `id`. Además, tiene un elemento compuesto: `availability`, el cual depende de `gas` y `water`. El *Location Awareness* tiene los siguientes elementos: `location`, `id`.

Estos tipos de Awareness son AATs y por ahora solamente especifican una estructura abstracta de datos de Awareness que no está ligada a ningún dominio concreto.

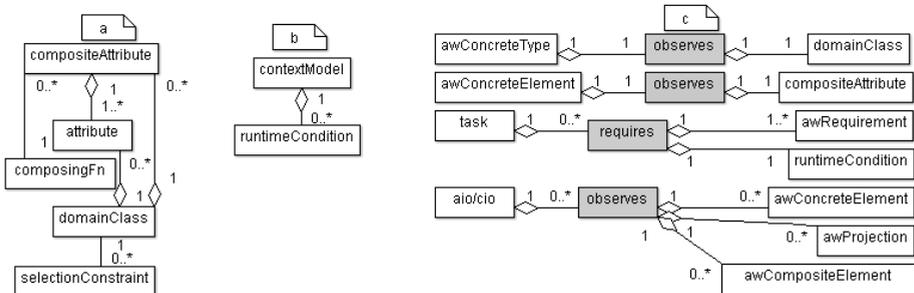
Para definir un Tipo de Awareness especializado a un dominio utilizaremos el siguiente modelo, el cual posee la misma estructura conceptual que el AAT, pero mapeada a atributos de las clases del dominio.



**Fig. 1.** a) Modelo del Tipo de Awareness Concreto, el cual está compuesto por elementos concretos y compuestos de Awareness y posibles proyecciones de los mismos. b) Awareness Set. Permite definir un conjunto de elementos y/o proyecciones de Awareness para usarse como estructura de datos proporcionados a un usuario. c) Requerimiento de Awareness y Fuente de Datos de Awareness. Permiten definir un conjunto de datos de Awareness accesible por las tareas que lo utilicen.

**Representación del Awareness específica a un dominio**

Se requiere una forma de definir tipos de Awareness para las entidades de un dominio específico. Estos tipos de Awareness deben ligarse a los atributos de las clases del dominio a fin de ser usables como fuentes de datos de Awareness. Los denominamos Tipos Concretos de Awareness (ACT) y representan la forma de definir el Awareness soportado en un sistema. En diferentes dominios debemos poder definir muchos ACTs, algunos de ellos del mismo AAT. Eso no debe ser una restricción.



**Fig. 2.** a) Atributo Compuesto. Permite agrupar atributos de clases del dominio a través de una función de composición. Necesario para definir un Elemento de Awareness. b) Condición durante tiempo de ejecución. Permite describir una condición o predicado a comprobarse en tiempo de ejecución y usable para condicionar el uso de mecanismos o interfaces de usuario. c) Entidades para enlazar los modelos del Awareness con tareas e interfaces de usuario.

Para definir un ACT se crea una estructura (similar a la estructura del AAT base) de elementos de Awareness ligada con la entidad fuente de datos y con los elementos de Awareness ligados a los correspondientes atributos (*compositeAttribute*) de la clase

observada, como se muestra en la Fig. 2 c. Proponemos extender el Modelo del Dominio con las entidades mostradas en la Fig. 2 a.

En nuestro ejemplo, el *Firetruck Awareness* y el *Location Awareness* de la entidad *Firetruck* es requerido por los usuarios. A continuación definimos los ACTs correspondientes enlazando los elementos de Awareness con los *compositeAttribute* que observan:

```
myFiretruckAw [gas -> cgas_capacity, water ->
cwater_capacity, id -> cid, availability (gas, water),
pavailability (availability)], myFtLocationAw [location ->
clocation].
```

Nótese que los atributos con una “c” al principio identifican atributos compuestos y los elementos que comienzan con “p”, como *pavailability*, identifican proyecciones de otro elemento, la cual sirve para conocer el valor estimado de ese elemento en el tiempo futuro.

### Representación de los requisitos de Awareness

Ahora que podemos definir tipos de Awareness para un dominio específico, el siguiente paso es definir su uso. Para este propósito proponemos cambios en algunos modelos de UsiXML a fin de tratar varias dificultades inherentes al soporte del Awareness como son la privacidad y la distracción.

La privacidad implica que los datos de Awareness solo deben proporcionarse a los usuarios que los necesitan y solo cuando lo necesiten y en donde los necesiten. Para definir este contexto, proponemos añadir la entidad *Runtime Condition* (RC) al Modelo del Contexto. Ver Fig. 2 b. La distracción es causada por dar al usuario demasiados o muy pocos datos de Awareness (además de otros factores propios del usuario, como la concentración, el enfoque, el estado de ánimo, etc.). Damos una solución a la distracción permitiendo definir explícitamente los datos de Awareness que se le deben proporcionar al usuario en cada situación utilizando para ello las entidades *awSet* y *awDataSource*. Fig. 1 b & c.

Siguiendo la teoría del Awareness, el proceso de toma de decisiones se produce durante la ejecución de las tareas de un sistema. Toda la información y los datos requeridos durante una tarea deben proporcionarse al usuario que lo requiera. Esto significa que durante una tarea el usuario o los usuarios pueden recibir los datos actualizados que requieren y que pueden ser distintos dependiendo de la situación.

Nuestra propuesta es agregar (a través de mapeos [14]) requisitos de Awareness (AR) a las tareas. Pero, ¿qué es un AR? Es la representación de un requisito de información de Awareness (Fig. 1 c) durante un caso o contexto específico (RC) accediendo a un grupo selecto de instancias de la fuente de datos de Awareness para obtener esta información. Fig. 2 c.

Una tarea puede albergar varios ARs dependiendo de los distintos RCs ligados a ellos. Esto se traduce en que para cada situación (RC) la tarea ofrecerá al usuario un selecto grupo de datos de awareness, según estén especificados en los *awDataSource* (e implícitamente en los *awSet*) a través de distintas interfaces de usuario similares, pero distintas, dependiendo de los datos que transmitan.

Para representar los ARs de nuestro ejemplo primero debemos definir los grupos de elementos y fuentes de datos de Awareness que van a utilizarse, usando los modelos presentados en la Fig. 1 b & c. Para definir una fuente de datos de Awareness se utiliza también la entidad *selectionConstraint*, la cual permite definir una restricción de selección para elegir un grupo de instancias de la fuente de datos ligada a un *awSet* base para el *awDataSource*. Un *awRequirement* es un conjunto de *awDataSources*, el cual se enlaza con una tarea a través del mapeo llamado *requires*, el cual permite agregarle a una tarea uno o varios *awRequirement* en la situación o contexto definido por una *runtimeCondition* (Fig. 2 c), la cual puede expresarse en un lenguaje como OCL, SQL, entre otros.

Para nuestro ejemplo, tenemos la tarea *ftManagementTask* la cual va a albergar un AR pero relacionado con condiciones distintas del usuario en ese momento: cuando el usuario es experto (*rcExpert*), y cuando el usuario es auxiliar (*rcAux*).

El bombero experto requiere todos los elementos concretos del *myFiretruckAw* y del *ftLocationAw*. Esto se representa mediante la instancia *ftExpertSet* [*gas*, *water*, *id*] y la instancia *ftLocationSet* [*id*, *location*].

El usuario auxiliar requiere el conocimiento a nivel de comprensión [5], el cual se representa mediante elementos compuestos del Awareness, como es el elemento *availability*, además de una proyección del mismo elemento. Esto se representa con la instancia *ftAuxSet* [*id*, *availability*, *pavailability*]. Con estos tres *awSets* definidos podemos especificar las fuentes de datos de Awareness: *ftExpertSource* {*source*: *ftExpertSet*, *withConstraint*: *slExpertUser*}, *ftAuxSource* {*source*: *ftAuxSet*, *withConstraint*: *slAuxUser*}, *ftLocationSource* {*source*: *ftLocationSet*, *withConstraint*: *slAllUsers*}.

Las instancias que inician como “*sl*” representan *selectionConstraints*.

El siguiente paso es definir los dos ARs identificados, los cuales se componen de varias fuentes de datos de Awareness: *ftExpertReq* [*ftExpertSource*, *ftLocationSource*], *ftAuxReq* [*ftAuxSource*, *ftLocationSource*].

Una vez definidos los Requerimientos de Awareness pueden ligarse a la tarea a través del proceso de mapeo: *ftManagementTask* [*requires*: {*req*: *ftExpertReq*, *rc*: *rcExpertUser*}, *requires*: {*req*: *ftAuxReq*, *rc*: *rcAuxUser*}}].

La entidad de mapeo *requires* es la encargada de relacionar tareas y Requerimientos de Awareness. Una vez establecidas estas relaciones, el soporte básico del Awareness está definido. Aquí un ejemplo de cómo se verían estos requerimientos de Awareness en UsiXML:

```
<mappingModel id="mmDomainFiretruck" name="mmDF">
  <!-- Previamente definidos otros mapas -->
  <requires id="reqManagmentTaskExpert">
    <source sourceid="ftManagementTask"/>
    <target targetid="ftExpertReq"/>
    <target targetid="rcExpertUser"/>
  </requires>
```

```

<requires id="reqManagementTaskAux">
  <source sourceid="ftManagementTask"/>
  <target targetid="ftAuxReq"/>
  <target targetid="rcAuxUser"/>
</requires>
</mappingModel>

```

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

Las técnicas de desarrollo basadas en modelos abordan importantes problemas del proceso del desarrollo de software. Tienen un riguroso manejo de requisitos y puntualizan su justificación y cumplimiento. Han sido extendidas para manejar las interfaces de usuario de la misma forma, permitiendo llevar los requisitos del sistema y su utilización hasta las interfaces finales de usuario y de esta forma hacer la vida más fácil a desarrolladores y usuarios de estos sistemas complejos e interactivos.

Este trabajo presenta un enfoque basado en modelos para el desarrollo de interfaces de usuario con soporte de Awareness basándose en la metodología UsiXML. El nuevo aspecto en este enfoque es que el Awareness se define como un conjunto de requisitos iniciales y es llevado a través de todos los estados de la metodología, permitiendo requisitos de Awareness trazables, verificables y reusables.

La separación lógica entre el Awareness como requisito y las interfaces de usuario mejora la calidad y mantenibilidad de las dos partes, además crea nuevas maneras de mejorar el proceso de desarrollo.

El soporte del Awareness definido como otro modelo abre la puerta a otras formas de abstracción y genera ventajas relacionadas con el tratamiento de los modelos a través del proceso de desarrollo y ejecución final del software. El conocimiento almacenado en los modelos de Awareness puede ser usado en novedosas formas y generar más ventajas para los desarrolladores y usuarios finales. Los mecanismos de adaptación también pueden mejorar a través de estos modelos.

Algunos problemas importantes relacionados con el soporte del Awareness como la privacidad y la distracción son abordados a través del uso de "runtime conditions" o "condiciones en tiempo de ejecución" junto con los requisitos de Awareness, y a través del uso de "selection constraints" o "restricciones de selección" para la selección de las fuentes de datos de Awareness.

Los modelos del Awareness no desechan otras herramientas o técnicas para el soporte del Awareness. Estos modelos pueden verse como de "bajo nivel" para representar los requerimientos de Awareness en el sistema.

Como trabajo futuro, estamos trabajando en mejorar la integración de los modelos del Awareness con la estructura y los procesos de transformación de UsiXML. Además, planeamos incluir estos modelos en otros lenguajes de definición de interfaces de usuario así como en otras metodologías basadas en modelos.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España como parte del Proyecto DESACO (TIN2008-06596) y por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México CONACYT.

## Referencias

1. Puerta, A.: A Model-Based Interface Development. In: IEEE Software, vol. 14, No 4, pp. 40—47. (1997)
2. Cantera, J.M.: Model-Based UI XG Final Report. W3C Incubator Group Report 04 May 2010, <http://www.w3.org/2005/Incubator/model-based-ui/XGR-mbui/> (2010)
3. 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/CLHC'2009 (Mérida, Nov 9-11, 2009), pp.36-43. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos (2009)
4. Limbourg, Q., Vanderdonckt, J., Michotte, B., Bouillon, L., López Jaquero, V.: UsiXML: a Language Supporting Multi-Path Development of User Interfaces. In: Proc. EHCI-DSVIS'2004. LNCS, vol. 3425, pp. 200-220. Springer-Verlag, Berlin, Germany (2005)
5. Endsley, M.R.: Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. In: Human Factors, vol. 37, issue 1, pp. 32—64, (1995)
6. Figueroa Martinez J., Gutierrez Vela F. L., Collazos C. A.: Awareness Models for the Development of Ubiquitous Systems. In Juan Carlos Augusto, Juan M. Corchado, Paulo Novais, and Cesar Analide (Eds.), ISAmI, (72):237-245, Springer (2010)
7. Roseman M., Greenberg S.: Building Real-Time Groupware with GroupKit, A Groupware Toolkit. In: TOCHI, vol. 3, issue 1, pp. 66—106 (1996)
8. Drury, J., Williams, M.G.: A Framework for Role-Based Specification of Awareness Support in Synchronous Collaborative Systems. In: Proc. of the 11th IEEE Int. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE'02) 1080--1383/02. Pittsburgh, PA (2002)
9. Tesoriero R., Vanderdonckt J.: Extending UsiXML to Support User-Aware Interfaces. In: R. Bernhaupt et al. (Eds.) HCSE 2010. LNCS, vol. 6409, pp. 95--100. (2010)
10. Montero, F., López Jaquero, V.: IdealXML: An Interaction Design Tool and a Task-Based Approach to User Interface Design. In: 6th International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces (CADUI 2006), Bucharest, Romania, pp. 6—8 (2006)
11. Michotte, B., Vanderdonckt, J.: GrafiXML, a Multi-target User Interface Builder Based on UsiXML. In: Proc. ICAS2008, Los Alamitos, USA. IEEE Computer Society Press (2008)
12. Proc. of the 1st Int. Workshop on User Interface eXtensible Markup Language. (UsiXML '2010) ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (2010)
13. Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L., Vanderdonckt, J.: A Unifying Reference Framework for Multi-Target User Interfaces. In: Interacting with Computers 15,3 (June 2003), pp. 289—308. Elsevier (2003)
14. Montero, F., López Jaquero, V., Vanderdonckt, J., González, P., Lozano, M.D., Solving the Mapping Problem in User Interface Design by Seamless Integration in IdealXML. DSV-IS'2005), Newcastle upon Tyne, England, July 13-15, 2005. LNCS 3941, Springer-Verlag, Berlin, Germany, ISSN: 0302-9743, (2005)

# An Experimental Usability Evaluation Framework for Model-Driven Tools

Jose Ignacio Panach<sup>1</sup>, Nelly Condori-Fernández<sup>2</sup>, Arthur Baars<sup>1</sup>, Tanja Vos<sup>1</sup>, Ignacio Romeu<sup>1</sup>, Óscar Pastor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software ProS.  
Universitat Politècnica de València  
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain  
{jpanach, abaars, tvos, iromeu, opastor}@pros.upv.es

<sup>2</sup>Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science  
University of Twente  
Information Systems Group  
7500 AE Enschede, P.O. Box 217, The Netherlands  
nelly@pros.upv.es

**Abstract.** According to the Model-Driven Development (MDD) paradigm, analysts can substantially improve the software development process concentrating their efforts on a conceptual model. This conceptual model can be transformed into code by means of transformation rules applied by a model compiler. MDD tools are very useful to draw conceptual models and to automate the code generation. Even though this would bring many benefits, wide adoption of MDD tools is not yet a reality. Various research activities are being undertaken to find why and to provide the required solutions. However, insufficient research has been done on a key factor for the acceptance of MDD tools: usability. With the help of end-users, this paper presents a framework to evaluate the usability of MDD tools. The framework will be used as a basis for a family of experiments to get clear insights into the barriers to usability that prevent MDD tools from being widely adopted in industry.

**Keywords:** Usability, model-driven development, evaluation framework

## 1 Introduction

In a Model-Driven Development (MDD) process, analysts focus their efforts on building a conceptual model that is transformed into code automatically or semi-automatically (depending on the model compiler capacity). MDD tools can offer many benefits for a software developing company: reduced costs, reduced development time, higher quality, higher customer satisfaction, and, hence, improved competitiveness [18]. However, the wide acceptance of MDD is not yet a reality. Introducing MDD methods and tools in a project is not simple and also requires serious changes in the organization's culture and processes. To address these issues, various research initiatives have been undertaken. MDD Maturity Models have been designed to establish capability levels towards the progressive adoption of MDD

within an organization [16]. Case studies have been performed to find out which conditions should ideally be fulfilled by companies in order to successfully adopt MDD tools in their organizations [20]. Examples of these conditions are: the learning curve, the tool maturity, and the resistance to change. However, insufficient research has been done on a key factor that is fundamental for the adoption of MDD tools: usability. Both consumers and technology companies have accepted that if a product is easy to use, it sells more and is adopted quicker. For MDD tool adoption, usability is even more important since, on the one hand, they are difficult to use due to the complexity of the paradigm, and on the other hand, they are highly interactive applications offering a large number of different kinds of functionalities [15].

The main contribution of this paper is to present an empirical framework to perform a set of usability evaluations in MDD tools. By experimental framework we mean the definition of a process and the elements involved in it with the aim of performing evaluations unambiguously. There are several advantages of working with a framework. Firstly, it is very easy to replicate an experiment with an existing framework. We hope to set the basis for a family of experiments as advocated by Basili [2], since it is difficult to measure all the involved variables in the same experiment. Another advantage of using a framework is that it helps to know clearly the required elements and the stages to perform the experiment. As a proof of concept, we carried out the evaluation of an MDD tool called OLIVANOVA [3], an industrial tool that implements a MDD software development method called OO-Method [13]. This tool has been selected due to its high profile in the context of conceptual model-based code generation. OLIVANOVA is an industrial tool that is capable of generating complete functional systems automatically from a conceptual model. This feature contributes to the validation of the usability evaluation framework beyond an academic context.

The structure of the paper is as follows. 2nd section introduces related works. In 3rd section, we describe our proposed framework to evaluate usability in MDD tools. In 4th section, we apply the framework to a specific MDD tool called OLIVANOVA. Finally, 5th section presents the conclusions of this work.

## 2 State of the Art

Several authors have proposed experimental frameworks for measuring system usability, since the Human Computer Interaction (HCI) community insists on the importance of a framework for evaluating usability. Several authors such as Fiora [4], Kostiainen [7], Masemola [8], and Andre [1] have proposed performing usability evaluations by means of an experimental framework. Fiora has defined a framework to evaluate the system usability automatically. Kostiainen has designed a framework to evaluate the usability in distributed applications. Masemola has also defined a framework focused on the usability evaluation of e-learning applications. Finally, Andre has designed a framework taking as input structured knowledge based on usability concepts. All these proposals have the same disadvantage: they are not dealing with features specific of MDD tools. Experimental frameworks that aim to measure the usability in any system can be applied to MDD tools, but the results of these experiments are not precise.

Little work has been published about the usability of MDD tools, but if we extend our research to Computer Aided Software Engineering (CASE) tools in general, we find several usability evaluations. For example Senapathi [19] focuses mainly on the learnability of UML CASE tools in an educational environment. A similar work has been done by Post [15], who describes a survey with questionnaires letting respondents rate the importance of attributes and categories of characteristics of OO CASE tools. Moreover, Philips [14] has described an experimental framework for usability evaluations of OO CASE tools. The framework consists of a hierarchy of usability criteria similar to those of Nielsen [10], focusing on the typical properties of OO case tools. Another work that has been developed in the context of CASE tools has been developed by Seffah [17]. Seffah's proposal aims to reduce the conceptual gap between the developer's mental model of the integrated software development environment and the way it can be used.

In contrast to conventional CASE tools that are oriented to software development based on design and programming, MDD tools have to cope with specific features where the modeling and the programming perspective become intertwined. MDD tools have as peculiarity that behind the tool there is a method to develop software that must be easily understandable by the end-user. Moreover, existing works in the context of CASE tools do not emphasize the design of a framework with the aim of replicating the evaluation for several tools. Studying related works, we conclude that more work must be done on the usability evaluation of MDD tools. We state that for any MDD tool, usability is an essential key in becoming fully accepted in industry.

### 3 Empirical Framework to Evaluate the Usability of MDD Tools

In order to replicate the usability evaluation of MDD tools under similar circumstances, and to facilitate knowledge building through families of experiments, it is important to define a framework to describe the experimental evaluation. The framework describes how to carry out an empirical evaluation involving laboratory observations of users interacting with the tool on a set of predefined tasks. This framework has been designed using the proposals of the empirical software engineering community [22]. This empirical framework is composed of: a usability evaluation model and an experimental process.

#### 3.1 A Usability Evaluation Model

We have designed a usability evaluation model, which identifies the most relevant elements for evaluating the usability of MDD tools. These elements (concepts) and their respective relations are represented as a UML class diagram in Figure 1. According to Figure 1, we aim to evaluate the usability of MDD tools by means of: satisfaction, efficiency and effectiveness, such as ISO 9241-11 proposes [6]. A *user* interacts with a particular *MDD tool* in a specific *environment* in order to achieve an interactive *modeling task*. This environment can be characterized by both *technical* and *physical* aspects. Technical aspects are related to the software and hardware used in conjunction with the tool. Physical aspects involve the area where the experiment is performed.

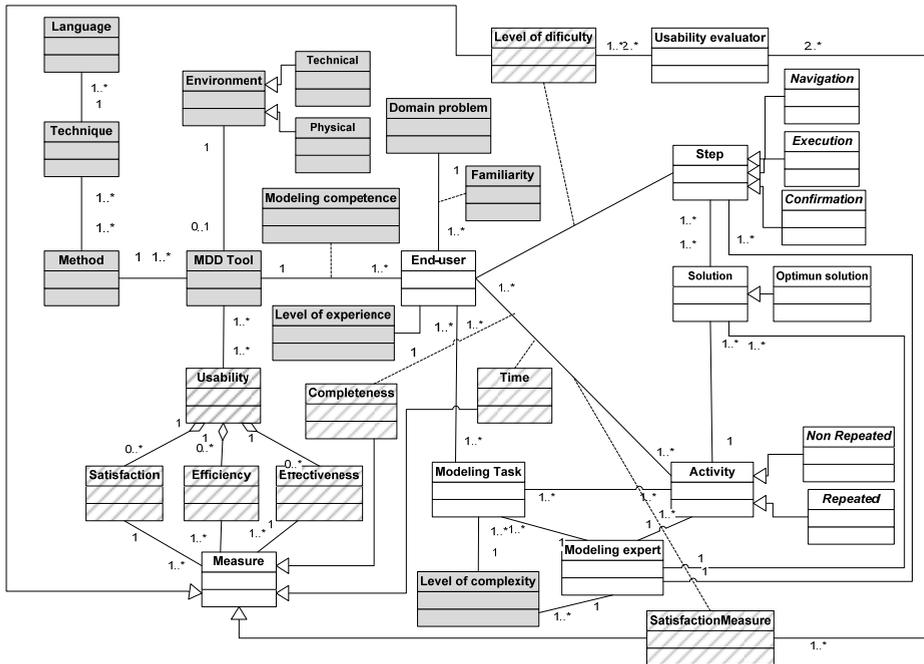


Fig. 1. Usability Evaluation Model

A MDD tool provides support to a specific MDD *method* that involves different *modeling techniques*<sup>1</sup> for representing the system using one or more languages. The user can have different *modeling competences* and *experience* in using a MDD tool. Moreover, each user is more *familiarized* with one *problem domain* than another. Since the usability is evaluated from a HCI perspective, a set of *modeling tasks* must be performed by the *end-user* (experimental subject). These tasks can be divided into *activities*, which are atomic operations inside the task. Since each modeling activity can be resolved by the user in different ways (*solution*), the expert in modeling must specify which solution is the most *optimal*. Each solution in turn is divided into *steps*, which are the actions that the end-user must follow to accomplish the activity. We identify three types of steps: (1) *Confirmation*: the end-user must confirm an execution; (2) *Execution*: the user triggers an action; (3) *Navigation*: the user navigates towards another context.

For each activity, we have to store a *satisfaction measure*, which can be extracted with different instruments. (i.e., questionnaires, tools based on emotional response, etc.). To measure efficiency, the end-user must be *timed* and the level of *completeness* of the activity must be known. With regard to effectiveness, we need to measure whether or not the end-user is performing the steps with difficulties (*level of difficulty*). To do this, we need two or more *usability evaluators* to measure the level of difficulty that each end-user has per step and the satisfaction per activity.

<sup>1</sup> The term method refers to a systematic way of working to obtain a desired result. The term technique refers to a recipe for obtaining a result. Methods contain techniques [21].

A *modeling expert* is responsible for defining tasks, activities and solutions. This expert is also responsible for classifying the tasks into three *levels of complexity*: *easy*, *medium*, and *difficult*. As some activities can be included in more than one task, we need to identify the repeated activities. This is because we will take into account the first time the task will be executed in order to avoid learning effects. The interpretation of the colored classes of the model is explained in a below section.

### 3.2 Experimental Process to Evaluate Usability

This section focuses on the steps that compose the process to perform the usability evaluation according to the usability model. There are four stages [22] (Figure 2)

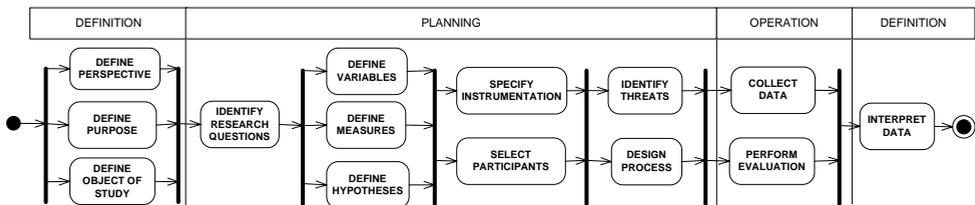


Fig. 2. Process to evaluate usability

**Definition:** The first step is to determine the foundation of the experiment. The goal is defined in terms of the *perspective*, *purpose*, and *object of study*. **Planning:** This step specifies how the experiment is conducted. First, the researcher specifies the *questions* to be answered with the outcomes of the experiment. Next, the researcher defines *variables*, *measures*, and *hypotheses*. Variables are divided into two types:

- **Independent variables:** Variables that can be changed and controlled in the experiment. In the usability evaluation model (Figure 1) these variables are represented as classes in grey background.
- **Dependent variables:** Variables affected by the independent variables. These variables are quantified by means of one or more measures. Dependent variables and measures are represented in Figure 1 by classes crossed by diagonal lines.

Measures are entities that specify how to measure variables. Hypotheses are statements derived from the research questions that must be accepted or rejected. The hypotheses can be defined by the combination of variables. Next, the researcher selects the *participants* and specifies the *instruments* needed to perform the usability test. Finally, it is important to design the *evaluation process* and to identify *threats*.

**Operation:** In this step, the researcher performs the experiment and collects the needed data. **Analysis:** In this step the researcher interprets the experiment data.

## 4 Applying the Usability Framework to a Specific MDD Tool

This section explains the usability evaluation that we performed with the proposed framework. The studied MDD tool was OLIVANOVA [3], an industrial tool that generates fully functional systems from a conceptual model. Next, with

OLIVANOVA, we explain how the information of the usability evaluation model (Figure 1) is provided in each step of the experiment (Figure 2). We focus our study on effectiveness and efficiency, relegating the satisfaction to a future experiment.

#### 4.1 Definition of the experimental evaluation

The objective of our empirical evaluation was to analyze the object model of the OLIVANOVA tool, with respect to effectiveness and efficiency. This evaluation was performed from the viewpoint of the software developer, in the context of object-oriented software development and different levels of experience with MDD tools.

#### 4.2 Experimental Planning

##### Definition of research questions:

- **RQ1:** Is the users' efficiency the same for modeling tasks with different levels of complexity independently of their background in using MDD tools?
- **RQ2:** Is the users' effectiveness the same for modeling tasks with different levels of complexity independently of their background in using MDD tools?

##### Identification of variables and measures:

- **Dependent variables:** Efficiency and effectiveness with the following measures:
  - **Efficiency:** This was measured by task completion percentage in relation to the time spent to perform a task. This measure is related to a ratio scale.
  - **Effectiveness:** This is the level of completeness reached in every task. This variable was calculated by two measures: 1) the percentage of tasks carried out correctly. 2) the percentage of correctly performed activities that were carried out in an optimum<sup>2</sup> way. These measures are related to a ratio scale.
- **Independent variables:** The level of complexity of the tasks, the modeling competence, and the level of experience using MDD tools.

##### Identification of Hypotheses:

- **H<sub>10</sub>:** When using OLIVANOVA for modeling tasks with different levels of complexity, the efficiency is the same independently of users' experience
- **H<sub>20</sub>:** When using OLIVANOVA for modeling tasks with different levels of complexity, the effectiveness is the same independently of users' experience

**Selection of Participants.** We used three groups of users:

- **Type I (Experts):** Experienced using the evaluated tool. This group was composed of researchers of the ProS center of the Technical University of Valencia.
- **Type II (Medium):** Experienced using similar tools. This group was recruited from the regional Valencian public administration who are familiar with open source MDD tools like Moskitt [9].

---

<sup>2</sup> Optimum means performing the tasks correctly without any difficulty (compared to experts).

- **Type III (Novice):** No experience with the tool nor with similar tools. This group was composed of engineers from the Technological Institute of Computer Science who are familiar with Object-Oriented concepts but not with any modeling tool.

Since it is important for the number of subjects in these three groups to be balanced, we used four users from each group. This step provides the information represented in the classes of the usability model *End-user*, *Level of experience* and *Modeling competence* (Figure 1).

**Experimental Instrumentation.** We used the following instruments:

- **A tool to record the user:** We used Noldus [12] to time the user and identify the completeness of each task.
- **A list of tasks:** Every participant was asked to carry out 18 tasks (classified into easy, medium and difficult) related to objects creation and manipulation.
- **A pre-test:** Every participant fulfilled a list of preliminary questions to classify her/him into one of three groups of participants.

These instruments and the guidelines used can be found at [5]. This step provides the information of the remaining classes in the usability evaluation model: *Modeling task*, *Activity*, *Solution*, *Step*, and all their inherited classes.

**Design process .** Figure 4 shows a summary of the process to evaluate the MDD tool usability. First, the subject filled in the pretest to be assigned to one group of subjects. Next, the subject tried to perform 18 tasks with the MDD tool being evaluated. The tasks had previously been divided into three groups of difficulty. All this information was stored in a database to be processed later.

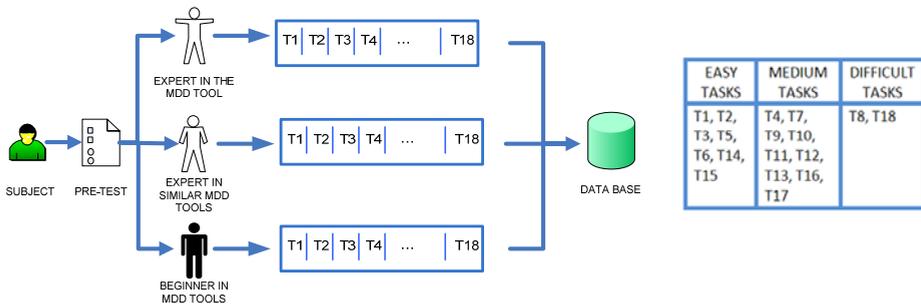


Fig. 3. Process of the Experiment

**Threats to validity.** Threats defined in the Wohlin’s proposal [22] was minimized using a pre-questionnaire, limiting the time of the experiment, using a usability expert to coordinate the experiment and hiding the target of the experiment.

### 4.3 Analysis of the results

**Analyzing efficiency.** Efficiency was measured by task completion percentage in relation to the time spent doing a task. This time was calculated by summing the times necessary to complete each activity of the respective modeling task. The time required

by the user to understand the task to be performed was not considered in the analysis. Figure 4a shows the results obtained for this variable.

According to a Kolmogorov-Smirnov test, efficiency follows a normal distribution. Since there is homogeneity of variances, ANOVA test is appropriate to verify the Hypothesis  $H_{10}$ . According to the results of the ANOVA test, we reject the null hypothesis  $H_{10}$ , which means that the efficiency using OLIVANOVA for modeling tasks with different levels of complexity is different for the three groups of users. However, if this analysis is carried out excluding the group of experts, there are no differences in the mean efficiency scores with the other two types of users (Types II and III). However, if we analyze only experts and medium users (Types I and II) a significant difference was found only for difficult tasks.

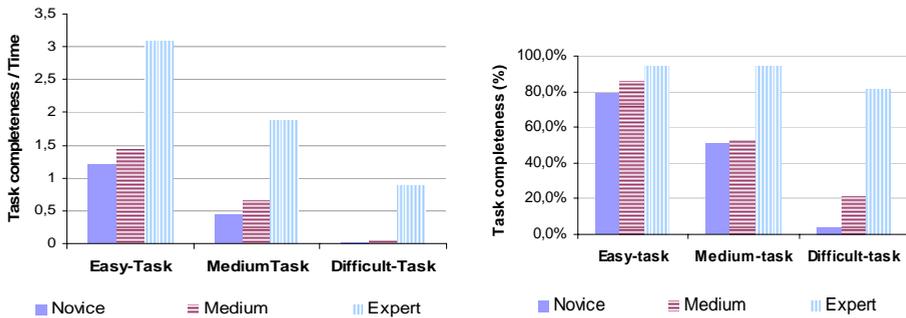


Fig. 4. a) Comparison of efficiency by type of user and task complexity level; b) Comparison of modeling task completeness by type of user and task complexity

**Analyzing effectiveness.** Effectiveness was measured in terms of modeling task completion percentage and percentage of correct tasks that were carried out optimally. Figure 4b shows the results obtained for the task completion percentage. Similar completeness percentage is only observed when the users performed tasks with an easy level of complexity. An ANOVA test was used (data normality and homogeneity of variances were corroborated) to know whether the type of user has an effect on overall completeness of tasks with different complexity levels. With this test, significant differences were found for both the tasks of medium level of difficulty and high level of difficulty. Studying tasks performed optimally, we noticed that there are also differences for the three groups of users. Therefore, we conclude that  $H_{20}$  is not satisfied, i.e., the effectiveness is not the same for the three groups of users.

#### 4.4 Problems Detected with the Usability Evaluation

Next, we detail usability problems of OLIVANOVA detected in the usability test. We have considered that an end-user has detected a usability problem with a task when the value of effectiveness or efficiency for this task could be improved. This information has been extracted from novice and medium users specially. Even though some expert users did not get good efficiency and effectiveness values for some tasks such as 7 and 12. We have classified each usability problem according to Nielsen's usability heuristics [11] (Table 1):

**Table 1.** Usability problems found by task

Task \ Heuristic	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Guidance</b>		x	x	x		x	x	x				x		x	x				x
<b>Workload</b>		x			x						x								x
<b>User Control</b>				x															
<b>Adaptability</b>		x							x						x				
<b>Error management</b>	x			x		x	x	x		x								x	
<b>Consistency</b>	x								x	x				x					
<b>Significance of code</b>	x			x	x			x			x								
<b>Compatibility</b>																			

It can be seen from our test with OLIVANOVA that a violation of usability heuristics Guidance and Error Management have been the most detected. Moreover, the tasks for which effectiveness turned out to be less than expected (Tasks 2, 4, 6, 9, 14, 15 and 17, see the columns in light gray) suffer mostly from usability barriers like Guidance, Error Management, Consistency and Adaptability violations.

## 5 Conclusions and Future Work

The usability of MDD tools is a key factor for becoming completely accepted in industrial environments. This paper proposes an empirical framework to evaluate the usability of these tools. The framework aims to replicate the usability evaluation of MDD tools in similar conditions to increase the external and internal results. With the purpose of evaluating our framework; it was applied to a MDD tool called OLIVANOVA. This assessment shows that the framework can be used in real MDD tools providing conclusions to improve the usability of these tools.

With respect to the usability test applied to OLIVANOVA, we have extracted several conclusions. Firstly, with regard to efficiency, we can state that there are no differences between medium users and novices. This fact means that OLIVANOVA does not share many features with regard to MDD tools used by medium users. This is because OLIVANOVA has several stereotypes to extend the vocabulary of UML. Secondly, with regard to effectiveness, we can conclude that novice and medium users can only correctly perform easy tasks. There are some common tasks where even experts had some difficulties. These tasks are related to the definition of formulas, inheritance specification, and class renaming. To solve these problems, we propose the following: improving the examples of formula definition in a wizard; allowing inheritance to be defined graphically; and allowing to edit the class name in the graphical representation of the class. The results of the evaluation demonstrate that changes must be applied to OLIVANOVA to improve the users' effectiveness and efficiency. We are currently preparing a detailed internal report for the company that develops OLIVANOVA. As future work, we want to repeat our usability test with more users and considering the user's satisfaction. Moreover, we want to assess the framework with other MDD tools different from OLIVANOVA.

## Acknowledgments

This work has been developed with the support of MICINN, GVA and ITEA 2 call under the projects PROS-Req (TIN2010-19130-C02-02), ORCA (PROMETEO/2009/015) and UsiXML (20080026).

## References

1. Andre, T. S., Hartson, R., Belz, S. M., McCreary, F. The user action framework: a reliable foundation for usability engineering support tools. *Int. J. Human- Computer Studies*, vol. 54, (2001), 107-136.
2. Basili, V., Shull, F., Lanubile, F. Building knowledge through families of experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 25(4), (1999).
3. CARE Technologies S.A: [www.care-t.com](http://www.care-t.com)
4. Fiora T. W. Au, Baker, S., Warren, I., Dobbie, G.: Automated Usability Testing Framework. Proc. 9th Australasian User Interface Conference (AUIC2008) (2008).
5. Instruments: <http://hci.dsic.upv.es/testOLIVANOVA/>
6. ISO 9241-11 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 11: Guidance on Usability (1998).
7. Kostiainen, K., Uzun, E.: Framework for Comparative Usability Testing of Distributed Applications. Security User Studies: Methodologies and Best Practices Workshop (2007).
8. Masemola, S.S.T., Villiers, M.R.R.D.: Towards a Framework for Usability Testing of Interactive e-Learning Applications in Cognitive Domains, Illustrated by a Case Study. Proceedings of SAICSIT 2006 (2006), 187–197.
9. Moskitt <http://www.moskitt.org/>
10. Nielsen, J., Heuristic evaluation. Usability Inspection Methods. Wiley, New York, (1994), 25–62.
11. Nielsen, J.: Usability Engineering. Morgan Kaufmann (1993).
12. Noldus: [www.noldus.com](http://www.noldus.com)
13. Pastor, O., Molina, J.: Model-Driven Architecture in Practice. Springer, Valencia (2007).
14. Phillips, C., Mehandjiska, D., Griffin, D., Choi, M. D., Page, D. The usability component of a framework for the evaluation of OO case tools. Proceedings of Software Engineering, Education and Practice, IEEE, Dunedin, (1998).
15. Post, G., Kagan, A. User requirements for OO CASE tools., *Information and software technology*, Vol. 43, N° 8, (2001), 509-517.
16. Rios, E., Bozheva, T., Bediaga, A., Guilloureaux, N. MDD Maturity Model: A Roadmap for Introducing Model-Driven Development. ECMDA-FA, LNCS 4066, (2006), 78 – 89.
17. Seffah, A., Rilling, J. Investigating the Relationship between Usability and Conceptual Gaps for Human- Centric CASE Tools, IEEE Symposium on Human- Centric Computing Languages and Environments, Stresa, Italy, (2001).
18. Selic, B.: The Pragmatics of Model-Driven Development. *IEEE software* 20 (2003) 19-25
19. Senapathi, M.: A Framework for the Evaluation of CASE Tool Learnability in Educational Environments. *Journal of Information Technology Education* 4 (2005), 61-84.
20. Staron, M., Adopting MDD in Industry - A Case Study at Two Companies. Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems MoDELS 2006, Vol 4199, (2006), 57-72.
21. Wieringa R.J., Requirements Engineering: frameworks for understanding, Wiley, (1996).
22. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M. Experimentation in Software Engineering: An Introduction, Springer, (1999).

# User Objectives as a guide to develop an interactive application

Begoña Losada, Maite Urretavizcaya, Isabel Fernández de Castro

Dept. of Computer Languages and Systems  
Faculty of Computer Engineering  
University of the Basque Country  
20001 San Sebastián  
{b.losada, maite.urretavizcaya, isabel.fernandez}@ehu.es

**Abstract.** In this paper we present InterMod, an approach that combines Agile Methods, Model-Driven Developments and User-Centered Design, that are widely accepted in the development of interactive software. The planning and project organizing are based on *User Objectives* (UO) in a process that can be carried out in parallel and be distributed in different workgroups. Thus, the project is organised as a series of iterations, and distributes the work according to some developmental and integration activities, each one developed by models and validated. The requirements are incrementally collected and validated with models based on user-centered design. To speed up this validation, we put forward the *SE-HCI model*, which enriches a human-computer interaction model with the semantics of the application and some basic characteristics of an abstract prototype. In addition, the SE-HCI model provides enough information to generate prototypes so users and developers can easily validate them. In order to assure a correct incremental progress of the project, some integration processes are needed: *requirement models integration* to integrate UOs requirements, *interface integration* to unify and verify the correctness of the UO interfaces and, finally, *code integration & refactoring* to ensure a robust and validated final application.

**Keywords:** User-Centered Design, Agile methods, Model-Driven Development, Software Engineering.

## 1. Introduction

Agile methods (AM), model-driven developments (MDD) and user-centered design (UCD) are three approaches widely accepted by the community and share a common objective of efficiency in the resulting software. However, none of them alone achieves success without encountering problems during application development. Because of that, efforts are being made to integrate these techniques so that the advantages of one mitigate the problems of the others.

AM and MDD are the predominant approaches in Software Engineering. AM are able to develop a software product incrementally and iteratively. They get feedback from the client at each incremental delivery and, as a result, adapt the development

plan accordingly. Most studies report increased code quality when agile methods are used but also, lack of attention to design and architectural issues [1]. Moreover, it must be noted that in the area of Software Engineering quality software comes from good design. Current trends establish design as final product models characterized by iterative and incremental development while at the same time promoting formal development along the lines of traditional or waterfall methodologies. Some authors [2] point out that a drawback of MDD is that the models are difficult to maintain, because as a project progresses changes come up and new requirements are added.

On the other hand, in the area of Human-Computer Interaction, UCD is the dominant approach. Under UCD, the end user is involved in the process of multidisciplinary development based on iterative design and evaluation so the designer understands the user's needs and tasks [3] [4]. But as is the case with traditional or heavyweight methodologies, with UCD all requirements must be gathered and evaluated before they are implemented [5] [6] [7].

To make up for the weaker aspects of these trends, several proposals have emerged that integrate agile methods into both model-driven design [8] [9], and into UCD [10]. However, due to the fact that a majority of software engineering development processes focus on software architecture, satisfactory integration has not yet been achieved. Therefore, we focus our efforts on integrating these three techniques. In this paper we propose a new approach to software development that combines agile characteristics, model-driven development and user-centered techniques. The main contributions of the paper can be summarized as follows:

- c1. A new integrated model, involved in a Model Driven Process, to support the project requirements is proposed, the SE-HCI model. It facilitates usability and other kinds of incremental evaluation, tested by a multidisciplinary team of developers and users, just as proposed by UCD.
- c2. An agile methodology organized as a series of iterations by means of *User Objectives* (UO) as a new way to promote a correct development. This iterative approach guides the incremental development of software.

Our paper is structured as follows. Section 2 outlines the primary characteristics of agile methods and how they compare to the other abovementioned approaches. Section 3 presents our proposal, their activities and models, especially the SE-HCI Model. Finally, we draw some conclusions and outline our future work.

## **2 Agile Software Development: Virtues and defects relative to other approaches**

Agile software development establishes the following as principles [11]: Individuals and interactions over processes and tools, working software over comprehensive documentation, customer collaboration over contract negotiation, and responding to change over following a plan.

This approach challenges waterfall or heavyweight methods in which one activity begins only when the previous one finishes and where extensive and well-founded

documentation is required. The rationale behind these traditional methods is to reduce the number of corrections further on in the process and consequently reduce the cost of the project. However, in practice this type of planning fails as it doesn't allow the changes that inevitably come up during development to be made [12]. Because of this, versions of the agile philosophy such as eXtreme Programming (XP), Scrum, Crystal Clear, Feature Driven Development (FDD), RUP and others, currently prevail.

## 2.1 Agile processes and user-centered design

One of the important aspects of UCD is the collaboration between users and developers in building software solutions, each one bringing their experience to bear. [13]. According to Norman [14], it is first necessary to think about the needs of those who will be using the product that is being created in order to model that information, and then iteratively evaluate the product with users. Thus, the intention is to improve the product's usability such that it is easy to learn, it is easy to use, errors are reduced and users are satisfied, as defined in ISO standard 9241-11.

Both proposals centre on the user/client and propose an iterative development process. These contrast with traditional architecture-based development processes, which are directed by the developers, who structure and control the users' activities.

Nevertheless, the differences between UCD and AM in terms of how they act and what their interests are great [10]. On the one hand, the flexibility in action when faced with changes that the agile philosophy recommends is at odds with interface design prior to implementation (up-front), according to the principles of UCD. On the other hand, UCD develops a holistic product, while the agile process results in subproducts in an incremental process. And while agile methods focus on code development, UCD methods focus on the design of the interaction that users will engage in.

Finally, it must be noted that both approaches seek to satisfy the users' needs. However, in AM users are involved in checking that the functionality has been correctly implemented, while in UCD users give input regarding other aspects such as user satisfaction or efficiency of use for the whole application. UCD focuses on how end users work with the system, whereas AM is more concerned with how software should be built or how the process is managed.

## 2.2 Agile processes and model-driven development

In MDD, models serve principally as documentation and guidance for the subsequent implementation phase. Although building models is very useful in other areas of engineering, in Software Engineering there is great apathy toward building and using models. Many developers think that modelling demands the creation of excessive and extensive documentation, which ultimately is of little help when it comes time to implement the system and maintain it [2]. This is because the changes that arise throughout development make these models difficult to update. In fact, many developers skip the model redesign phases and prefer to modify the code directly.

From this point of view, we have two issues that strongly conflict in software development. On the one hand, MDD needs to maintain model consistency as changes come up during application development. That is to say, our system will be more flexible if the model that represents it is an accurate and updated abstraction of itself [15]. On the other hand, due to unforeseen changes, AM perform modifications on the implementations that are not reflected in the designs. Therefore, if the constructed model does not correspond with reality and our code was initially generated from the model, this could spell failure for the project.

### 3 InterMod, an integrated proposal

InterMod [16] is a methodology whose aim is to help with the accurate development of interactive software. Although it is suitable for use with web design, its utility is not restricted to just that area. Our latest studies have led us to place a new focus on the methodology by proposing an approach that integrates the three philosophies discussed in the previous section, namely, UCD, MDD and AM.

Our proposal is to organise the project as a series of iterations, just as the agile methodologies do, and distribute the work in the iterations according to different developmental activities of the *User Objectives* (UO). This process can be carried out in parallel in different workgroups, as we explain in section 3.2. A *User Objective* (UO) is a user desire e.g. “*buying a t-shirt*” or “*reserving a meeting room in a workplace*”, that can be achieved by one or more user functionalities. The new user objectives are in turn objectives to be refined in subsequent iterations. Although our ‘objective’ term can be confused with the term ‘goal’ used in the Lansweerde [17] proposal, i.e. *goal-oriented requirement engineering*, its meaning is more general than ours. Goals are declarative statements of intent to be achieved by the system under consideration. They may refer to functional or non-functional properties. Meanwhile, our UOs are defined by means of the *possibilities that the end user will perform in the application* interface and also remain active during all the project lifecycle.

In other sense, Feature-Driven Design (FDD) [18] uses, like us, MDD and divides the labour into different features (e.g. “*calculate the total of a sale*” or “*add a new customer to a customer list*”) to see measurable progress of the project. Use cases obtain the features that allow the domain objects to be modelled (class diagram and the operations required in the system). However, we propose dividing the labour by objectives, which are user intentions, whereas the features can be user or system needs. The basic difference is that our primary goal is not to model the domain objects but rather to model the user tasks, navigation and presentation. Once the objectives have been evaluated in terms of usability and requirements testing, our proposal naturally ties in with the FDD perspective to model the domain objects.

An initial analysis of the global project draws up the *system* and *user models*, which help to collect the characteristics of the system type (e.g. device type, security, window size, colour, logo, etc) and those of the user (e.g. colour preferences, font, size, some limitations as colour blindness, deafness, vision loss, etc). The *system model* also gathers the design guides that will influence the final application. All developments in the project will inherit, supplement or extend these models in order to ensure coherence throughout the entire application.

InterMod has some strongly related and iterative *Developmental Activities* (DAs) and, in order to assure a correct incremental progress of the project, the process also has some *Integration Activities* (IAs). All iterations are guided by the same action plan which distributes the work according to activities (DAs and IAs) of different UOs, in such a way that each activity will be next driven by models. A diagram of InterMod's model connections and the activities involved is shown in Fig. 1.

The DAs are: *analysis and navigation design*, *interface building* and *application coding*. The *analysis and navigation design* deals with the *requirements model*(RM), which includes the classical *Task Model* and the *Semantically Enriched Human-Computer Interaction* (SE-HCI) model (more detail in section 3.1). In the *interface building* activity, the *presentation model* is created for a UO previously designed and evaluated. The *presentation model* gathers the basic graphical characteristics (distribution in menus, buttons, sections, windows, etc) of a specific UO from the RM, and adds other advanced graphic aspects (types of concrete elements, precise placements, etc). Finally, the *application coding* activity implements the business logic of the UO developed. It deals with the *functionality model* that inherits the semantic descriptions of the RM, and the graphical decisions of the Presentation Model. It guides the implementation in a particular programming language. Just as UCD recommends, before implementing 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.

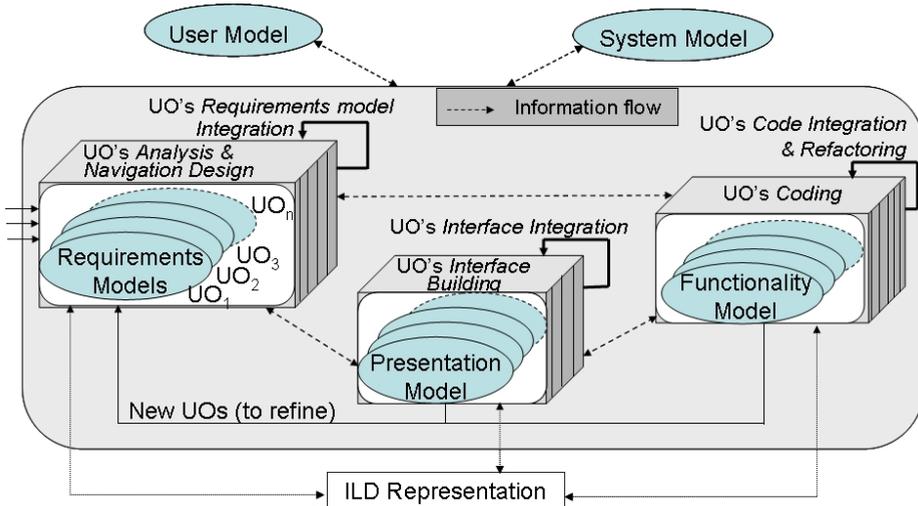


Fig. 1 InterMod models and development activities

Regarding *Integration Activities* (IAs), these are: *requirement models integration*, *interface integration* and *code integration & refactoring*. All the integration processes can lead to the revision and modification of the models involved (see Fig.1). Even during final integration of the software there may be revisions to the requirement model. These changes provoke the creation of new UOs and new DAs in current UO.

To ensure consistency in the final application, evaluations of the incrementally obtained products as well as heuristic and metric evaluations are included in all activities.

InterMod follows MDD, but mitigates its drawbacks connecting all models via a data storage language; this is an Intermediate Language Description (ILD) which assures application consistency by means of evaluations and control of changes carried out on all activities. All models are related and inherit the information from this central point. ILD includes as a strength, the user characteristics that User-centered proposals need to validate requirements with users in very early stages. Although other alternatives are possible, i.e. SysML [19] or UML, they do not allow to consider the usability mentioned questions.

### 3.1 The SE-HCI model: the requirements project support

The objective of the InterMod methodology is to facilitate the design of quality interactive applications. We propose interactive software development based on user-centered models generated and evaluated during the project following the Object Management Group's Model Driven Architecture proposal [20].

As abovementioned, the analysis activity draws up the *System Model* and the *User Model*, especially at the beginning of the project. The requirements are incrementally collected and validated with models based on UCD. For each UO the designer's team formalizes the established requirements model. It includes the *task* and *SE-HCI models* (see Fig. 2). The *Task Model* which is a classic element in Model-Based User Interface Development [21] [22] [23], describes user performance in completing each task. The *SE-HCI Model* which incorporates information from the *user* and *system models* is an abstract description constructed over the *task model*.

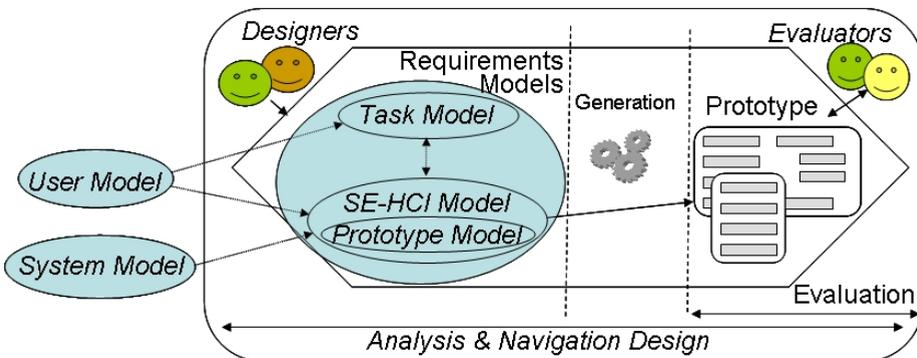


Fig. 2. The SE-HCI model involved in a Model-driven process.

The SE-HCI model is the core of our proposed methodology, and it not only gathers the requirements analysis from the task model but it also incorporates:

- (1) The system direct communication with the user. The description of both the actions that users and the system can carry out at the user interface level, during

an interactive session [21], and their possible temporal relations are here included. That is, it generates those communications in which the system directly communicates with the user by displaying an error window or a simple message. This means that the system's operations on other elements in the application's environment, such as a database, won't be expressed in the model since they will not be involved in any direct communication with the user.

- (2) The descriptions of the correct interactions, taken from the *Task Model*, as well as the incorrect ones. Both types of interactions express the different application runs. That is, this model represents the semantics of the application through interface navigation.
- (3) The *Prototype Model*. This model gathers the basic characteristics, such as colours, sections, button types, etc. The navigation design calls up the SE-HCI from the application, along with a prototype model that captures the basic aspects of its presentation model.

From this point, the evaluation can be carried out jointly by designers, customers and developers. Heuristic and metric evaluations will also be performed on an abstract prototype in accordance with the characteristics gathered in the model.

Similar to our proposal, Propp and his colleagues [24] start with task models in the process of developing interactive applications and they then define the navigational structure, the creation of an Abstract User Interface (AUI) that is independent of the device, and one or more Concrete User Interface(s) (CUI). During the development process they perform several usability evaluations. Even though software engineers and interface designers work on the same models, there is no division of labour; the project is carried out in a block and the different iterations follow the steps in the chain: Task Model-Dialog Model-AUI-CUI.

### 3.2. An agile approach to develop the project

We organise the project as a series of iterations and distribute the work in iterations according to UOs activities. At the project beginning, it is necessary to analyse it as a whole in order to determine: (a) what the starting UOs are, and (b) the design decisions that will guide and give coherence to this iterative and incremental process. The starting UOs may be the most important, the most needed, etc. Also, this analysis will allow to define the *user* and *system models*.

The project members decide at each iteration: (1) what UOs to develop, (2) what activities (developmental and/or integration activities) to make for those UOs, and (3) how to distribute these different activities to the workgroups (if there is more than one). Once the parallel iteration is planned, each workgroup performs the activities established.

In order to facilitate and simplify the comprehension of a general example, we represent graphically *Activities* as shown in **Table 1**.

**Table 1.** InterMod Activities

Development Activities		Integration Activities	
A1. Analysis & Navigation Design			I1. RM Integration
A2. Interface Building			I2. Interface Integration
A3. Bus.-Logic Coding			I3. Code Integration & Refactoring

In this example, the iteration has a distribution of activities into three teams, as shows Fig.3:

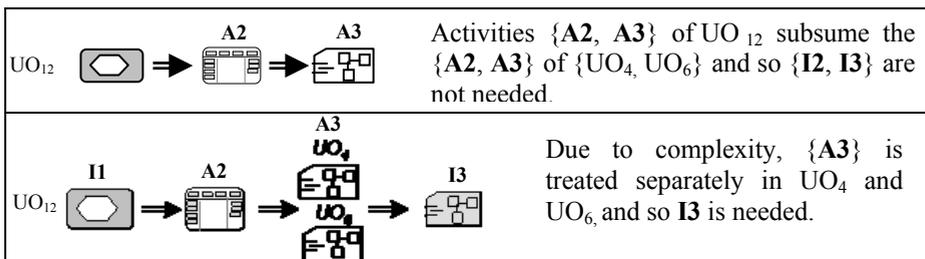
- The first one takes responsibility for two activities: A1 activity for  $UO_6$  and I1 for  $UO_4$ ; the latter being the fusion of the objectives 2 and 3.
- The second team must build the interface for the  $UO_1$ .
- And finally, team 3 must integrate and refactor the code concerned the  $UO_{10}$ ; it is composed of the objective 0 and 5 that have already been coded.

Team 1	Team 2	Team 3
<p>A1                      I1</p> <p><math>UO_6</math>  , <math>UO_4</math> </p> <p><math>UO_4 = \{ UO_2, UO_3 \}</math></p>	<p>A2</p> <p><math>UO_1</math> </p>	<p>I3</p> <p><math>UO_{10}</math> </p> <p><math>UO_{10} = \{ UO_0, UO_5 \}</math></p>

**Fig.3.**Snapshot of a activities distribution of UOs by teams in an iteration

After completion of the iteration, the process repeats with a revision of the UOs to develop. Keep in mind that UOs included in the action plan may be modified, in the sense of agile methodologies [25], through the different evaluations undertaken by developers and clients, or by the continuous meeting among members of the same and different teams.

The evolution of a UO is not predictable. In each work meeting, project members will select, taking into account the project’s progress and needs, the best UOs activities to do. Two different possible evolutions of the  $UO_{12}$  which is composed by  $\{UO_4, UO_6\}$  are presented in Fig. 4.



**Fig. 4.** A Snapshot of a possible evolution of a UO.

## 4. Conclusions and Future Work

In this paper we present the InterMod methodology, a proposal integrating three philosophies: UCD, MDD and AM. From the point of view of agile methods, our work is organized in a series of iterations in which the user objectives to be dealt with are developed. In the first analysis, the initial user objectives are obtained and then distributed among the workgroups according to different activities. Each iteration is open to include new user objectives, whether obtained through previous refinements or through evolution or alterations during the agile development of the application itself. In developing the UOs, InterMod has important developmental activities: *analysis and navigation design*, *interface building* and *application coding*. The possibility to distribute the work in parallel increases the speed of resolution, although the process itself requires integration points to ensure consistency.

This process allows gather and validate the requirements incrementally. Because of this agile approach, InterMod, unlike UCD, does not require the complete development of the application interface before the implementation of the business logic, but assures usability.

InterMod follows the lines of MDD but improves its consistency lacks by means of the ILD that connects all generated models. The SE-HCI model allows the creation of prototypes that facilitate the joint participation of end users, designers and developers in the evaluation processes, as recommended by UCD and AM.

Finally, in order to ensure the coherence of the resulting application, it's necessary to include integration points and validations from the perspective of requirements, interface and software models.

The InterMod methodology has been applied to develop a demonstrator with a small set of UOs, and then it has evolved to a complex system. It has been carried out by means of UOs creation, development and integration processes. This makes us think of the scalability and practicability properties of the proposed methodology. However these aspects have not been treated in this paper as a deeper work needs to be done.

We are currently working on reusing models. It should be understood in the broadest sense of the word. A UO model can be defined once in a project, but it can be reused at different points in the project. Similarly, a model developed in previous applications can be reused in a current project. Thus, a model can be converted into a pattern or a solution to a design problem. That is to say, we believe that it is important to value the possibility of creating patterns, in order to facilitate and speed up design processes.

**Acknowledgements.** This work has been partially supported by TIN2009-14380 and DFG 157/2009.

## References

1. Mcbreen, P.: Questioning Extreme Programming, Pearson Educ., Boston, MA, USA 2003
2. Ambler, S.: Debunking Modeling Myths, <http://www.ambyssoft.com/onlineWritings.html>

3. Norman, D.A., Draper, S.W.: *User-Centered System Design: New Perspectives on HCI*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Mahwah, NJ, USA (1986).
4. Vredenburg, K., Isensee, S., Carol Righi, C.: *User-Centered Design: An Integrated Approach*, Prentice Hall,(2001)
5. Norman, D.: Why doing user observations first is wrong. *Interactions* 13, 4, 50--63, (2006)
6. Cooper, A., Raimann, R.: *About Face 2.0 : The Essentials of Interaction Design*. JohnWiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, USA, (2003)
7. Constantine, L., Lockwood, L.: *Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design*. ACM Press, Addison-Wesley Co., (1999)
8. Robles, E., Grigera, J., Rossi, G.: Bridging Test and Model-Driven Approaches in Web Engineering, in: Gaedke M., Grossniklaus M, Díaz O. (eds.) *ICWE 2009. LNCS*, vol. 5648, pp. 136--150. Springer, Heidelberg (2009)
9. Ambler, S.W.: *The object primer: agile modeling-driven development with UML 2.0*. Cambridge University Press, Cambridge (2004)
10. Ferreira, J., *Interaction Design and Agile Development: A Real-World. Pers.*, Ph. D. (2007).
11. Fowler, M., Highsmith, J.: *The agile manifesto*, *Software Development*, pp 28,32 (2001)
12. Highsmith, J., Cockburn, A.: *Agile Software Development: The business of innovation*. *Computer* 34, 9, 120--127, (2001)
13. Robey, D., Welke, R., Turk, D.: Traditional, iterative, and component-based development: A social analysis of software development paradigms, *Information Technology and Management*, Volume 2, Number 1, 53-70 (2001)
14. Norman, D.A.: *The invisible Computer*, Cambridge M.A. MIT Press (1998)
15. Eric Evans, *Domain-Driven Design: Tackling complexity in the heart of software*, Addison Wesley, (2004)
16. Losada, B., Urretavizcaya, M., Fernández-Castro, I.: *The InterMod Methodology: An Interface Engineering Process linked with Software Engineering Stages*, In Macias, J.A., Granollers, T., Latorre, P. (eds). *New Trends on Human-Computer Interaction: Research, Development, New Tools and Methods*. Springer (2009)
17. Lamswerde, A.: *Goal-Oriented Requirements Engineering: A Roundtrip from Research to Practice*, in 12th IEEE International Requirements Engineering Conference (2004).
18. Palmer, S.M., Felsing, J.M.: *A practical guide to feature-driven development*. Prentice-Hall USA (2002)
19. Nolan, B., Brown, B., Balme, L., Bohn, T., Wahli, U.: *Model Driven Systems Development with Rational Products*. [ibm.com/redbooks](http://ibm.com/redbooks) (2007)
20. Object Management Group. *Model Driven architecture*. Technical report, (2003) <http://www.omg.org/mda>
21. Paternò, F. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*, Springer-Verlag London, 1999
22. Puerta, A.: *A model based interface development environment*, *IEEE Soft.* Vol.14-4 (1997)
23. Limbourg, Q., Vanderdonck, V., Michotte, B., Bouillon, L.: *USIXML: A Language Supporting Multi-path Development of User Interfaces*. LNCS, 3425, 200—220, (2005).
24. Propp, S., Buchholz, G., Forbrig, P.: *Integration of Usability Evaluation and Model-based Software Development*, *Journal Advances in Engineering Software*. Vol. 40 Issue 12. 1223—1230 (2009)
25. Larman, C.: *Agile & Iterative development: A manager's guide*. Addison-Wesley, (2004).
26. Mayhew, D.J.: *The Usability Engineering Lifecycle*, Morgan Kaufmann, (1999)

# **Herramientas y entornos para el desarrollo de interfaces de usuario**



# Soporte para el Análisis de la Arquitectura de la Información en Aplicaciones Web

Luis A. Rojas y José A. Macías.

Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid,  
Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España  
luisalberto.rojas@estudiante.uam.es, j.macias@uam.es

**Resumen.** En los equipos de desarrollo de aplicaciones web interactivas intervienen expertos no informáticos centrados en el modelado conceptual y la concreción de aspectos no funcionales de la aplicación. Este análisis de la información es luego procesado por analistas e ingenieros en las fases técnicas del proyecto. Muchas veces, este trasiego de información impide una automatización implícita, debido a la que la información procesada por los distintos profesionales tiene un nivel conceptual diferente, lo que supone un coste mayor, en tiempo y en esfuerzo, en el desarrollo del proyecto. El objetivo de este trabajo es minimizar dichos costes mediante una herramienta CASE capaz de unir puentes entre las definiciones conceptuales de los contenidos de una aplicación web –la Arquitectura de la Información, y los elementos de análisis y diseño procesables por desarrolladores en forma de representaciones UML, aumentando así la automatización e interoperabilidad en el desarrollo de aplicaciones web interactivas.

**Palabras Clave:** Arquitectura de la Información, Desarrollo por el Usuario Final, Análisis y Diseño de Sistemas Interactivos.

## 1 Introducción

En nuestra época tecnológica actual, la Arquitectura de la Información (AI) es un paradigma creciente que se está incorporando paulatinamente en la mayoría de los proyectos Software. Se define como la ciencia de la estructuración, organización y gestión de la información donde el arte del etiquetado, el hallazgo y la facilidad de uso son también importantes [2]. La AI cubre indistintamente aspectos tales como el diseño de sitios web, interfaces de dispositivos móviles, interfaces de máquinas dispensadoras, interfaces de juegos electrónicos, etc. Su principal objetivo es facilitar al máximo los procesos de comprensión y asimilación de la información, así como las tareas que ejecutan los usuarios en un espacio de información definido [8]. La forma en que las personas interactúan con los entornos ricos en información digital está directamente influenciada por la Arquitectura de Información [1].

El Arquitecto de la Información trabaja sobre las fases tempranas del Software interactivo, principalmente en aplicaciones web, tratando de encontrar un puente que una los conocimientos conceptuales que plantean los usuarios, dentro del espacio del

problema, y la información de diseño que luego necesitarán los ingenieros de la solución (Ingenieros del Software), que se encargarán de diseñar la interfaz web final.

Sin embargo, muchas veces, los roles del Arquitecto de la Información y del Ingeniero del Software no suelen coincidir, ya que el Arquitecto de la Información puede tener un perfil menos técnico y más orientado a tareas conceptuales o relacionadas con la ergonomía, lo cual hace necesario cierto grado de interoperabilidad y consonancia entre el *output* que genera el Arquitecto de la Información y el *input* que espera el Ingeniero del Software para comenzar con el diseño de la aplicación web interactiva. Si esta continuidad se pudiera hacer de forma automática, el tiempo y esfuerzo de realización del proyecto se reduciría, permitiendo a cada experto concentrarse en su trabajo en función de sus conocimientos y minimizando el tiempo de trasiego de información entre uno y otro profesional [7].

El objetivo de este trabajo es atacar este problema y unir puentes entre las tareas del Arquitecto de la Información y las del Ingeniero del Software, proponiendo para ello una herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering) denominada InterArch (Interoperable Information Architecture), la cual permite a los expertos en el dominio del problema concentrarse en el análisis de contenidos y navegación, generando la herramienta de forma automática las clases de contenido para el Ingeniero del Software en formato UML y concretando además, de forma inmediata, elementos del dominio de la solución.

La estructura del artículo que se presenta es la siguiente. A continuación, en la Sección 2, se detalla el trabajo relacionado existente. Posteriormente, la Sección 3 entra en detalle en nuestra propuesta y proporciona un caso de estudio que valida los planteamientos iniciales que dan soporte a nuestra investigación. Finalmente, en la Sección 4, se discuten las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

## 2 Trabajo Relacionado

El trabajo del Arquitecto de la Información se basa principalmente en la generación de un conjunto de material entregable y en su posterior evaluación. Para realizar este trabajo, en función de las necesidades, existen distintos tipos de herramientas que permiten desde la creación de diagramas para representar la Arquitectura de Información y concretar la interacción en equipos de desarrollo [3], hasta herramientas que permiten realizar el análisis y evaluación de la Arquitectura de la Información de un sitio web [4]. En [10] se presentan algunas de estas técnicas y herramientas generales más usadas por el profesional de la información en el proceso de análisis de productos electrónicos (ver Tabla 1).

Dentro de las técnicas de representación de información, en [9] se realiza un análisis y evaluación de una serie de herramientas diseñadas para facilitar la creación de prototipos web. Las herramientas analizadas fueron: Axure, Visio Profesional, OmniGraffle, Denim, Conceptdraw Pro, Smartdraw y Pencil Project, Mockflow, iPlotz, Pidoco, Lovely Chart, MockingBird y Lumzy. En este trabajo, los autores utilizan características de operatividad, funcionalidad, plantillas y soporte como parámetros para evaluar las herramientas, obteniendo como resultado que las herramientas mejor evaluadas son: iPlotz, Smartdraw, Conceptdraw y Pencil Project.

Las soluciones analizadas están formadas por un conjunto de herramientas de escritorio y en línea utilizadas por los profesionales dedicados al diseño de la interacción en general, las cuales incorporan librerías formadas por una veintena de elementos gráficos para el prototipado web que permiten la gestión y edición de sus elementos y la incorporación de nuevos componentes gráficos externos. Adicionalmente, permiten incluir anotaciones y notas de pie de página, la edición colaborativa del prototipado y la creación de prototipos dinámicos.

**Tabla 1.** Herramientas más habituales en la Arquitectura de Información

<b>Técnica</b>	<b>Herramientas</b>
Interacción con el usuario	Reunión, entrevista y encuesta, diseño de escenarios y diseño participativo
Interacción con el context	Evaluación de productos similares y análisis de la competencia
Matemáticas (co-ocurrencia)	Clasificación de tarjetas (cardsorting) y análisis de secuencia
Representación de información	Representación de etiquetas y prototipado (creación de maquetas)

En general, las herramientas en línea existentes suelen ser menos expresivas y completas que las soluciones de escritorio. Por otro lado, en las herramientas más comunes existen dificultades para conectar el *output* del Arquitecto de la Información y el *input* que espera el Ingeniero del Software. Esto se intenta resolver generando distintos formatos exportables de imágenes y HTML. No obstante, esta solución hace desaparecer detalles semánticos importantes relativos al análisis, y dificulta la interoperabilidad y seguimiento si se utilizan herramientas posteriores más precisas.

Por otro lado, ninguna de las herramientas existentes, ni siquiera las comentadas anteriormente, generan de forma automática o semi-automática información que permita obtener, a partir de los contenidos de información, los diagramas de clase y objetos de contenido que puedan ser utilizados por ingenieros o analistas software para dar continuidad al resto de fases del ciclo de vida del proyecto.

### 3 Solución Propuesta

A modo general, es difícil estipular los límites operacionales de la Arquitectura de la Información, lo que hace necesario muchas veces el uso de diversos tipos de herramientas y estándares, como se ha visto en la sección anterior. No obstante, es posible hacer un resumen de los productos más comunes que el Arquitecto de la Información debe crear para el análisis de la Arquitectura de la Información de una aplicación web interactiva. De todos estos productos, los más importantes se corresponden con los *blueprints* (planos), los *wireframes* (bosquejos o prototipos de baja fidelidad), los *modelos de contenido* y los *vocabularios controlados* [8, 2]. Estos productos representan un conocimiento importante para los diferentes profesionales que participan en los proyectos de construcción de sitios web, y se hace indispensable compartirlos en diferentes formatos y plataformas para su posterior utilización por los demás profesionales que integran el equipo de trabajo. Sin embargo, algunos de estos

productos, en especial los *blueprints* junto con los *modelos de contenido*, son especialmente trascendentales para analistas e ingenieros software, e incluso son susceptibles de un tratamiento automático que permita, a partir de ellos, generar de forma automática los diagramas de clase de contenido y los objetos de contenido que definirán la aplicación en el dominio de la solución. Esta es la razón por la cual en nuestro trabajo nos hemos concentrado en estos elementos esenciales de cara a una automatización de las salidas del proceso de análisis de la Arquitectura de la Información.

Para que la generación de información automática sea posible, hemos diseñado una herramienta CASE denominada InterArch. Esta herramienta 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 y organización de la información, InterArch le permitirá concentrarse en sus tareas de análisis conceptual dentro del dominio del problema. Esto facilitará 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 generará la información 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<sup>1</sup>, de forma que sea procesable por cualquier herramienta CASE existente con objeto de dar continuidad al resto de fases y actividades del proyecto.

### 3.1 Herramienta Case para el Arquitecto de la Información

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. Como se especifica en la Figura 1, 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 el analista e ingeniero software.

La idea principal que subyace detrás de estos componentes arquitecturales es permitir al Arquitecto de la Información trabajar en la elaboración visual de sus diagramas de forma transparente, pero incorporando por debajo una capa de interpretación capaz de reconocer las distintas correspondencias entre estos diagramas de análisis de la información y las clases UML requeridas por los Ingenieros del Software. La transformación del modelado visual se realiza en base a una serie de reglas de relación y asociación que se aplican al modelo conceptual inicial realizado por el Arquitecto de la Información, generando como elemento de salida un conjunto de diagramas UML en formato transportable XMI.

---

<sup>1</sup> XMI – XML Metadata Interchange, es el estándar definido por la OMG para el intercambio de diagramas UML: [www.omg.org](http://www.omg.org).

En las siguientes secciones, se explicará en detalle cada uno de los componentes arquitecturales de la herramienta InterArch.

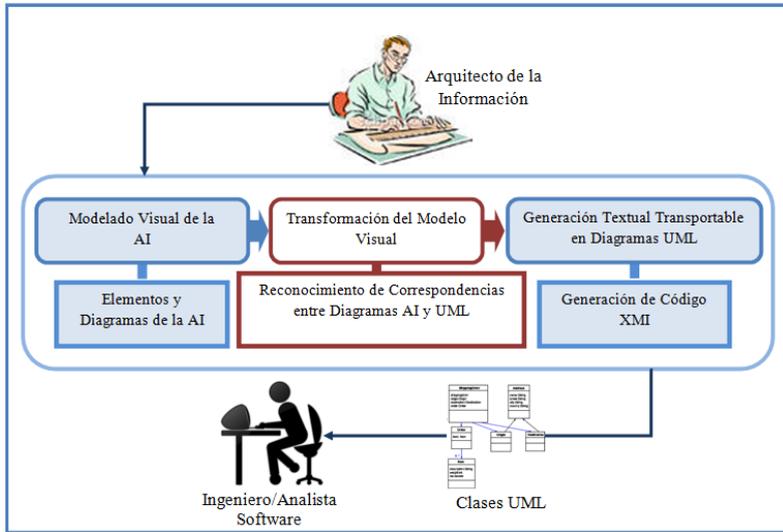


Fig. 1. Detalle Arquitectónico de la Herramienta CASE InterArch

### 3.1.1 Modelado Visual de la Arquitectura de la Información

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 2 se muestra esta interfaz de usuario, cuyas partes principales están marcadas con letras mayúsculas (A, B y C) en la Figura 2.

En la parte A de la Figura 2, 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 de la Figura 2, 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 representadas, 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 2, 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.

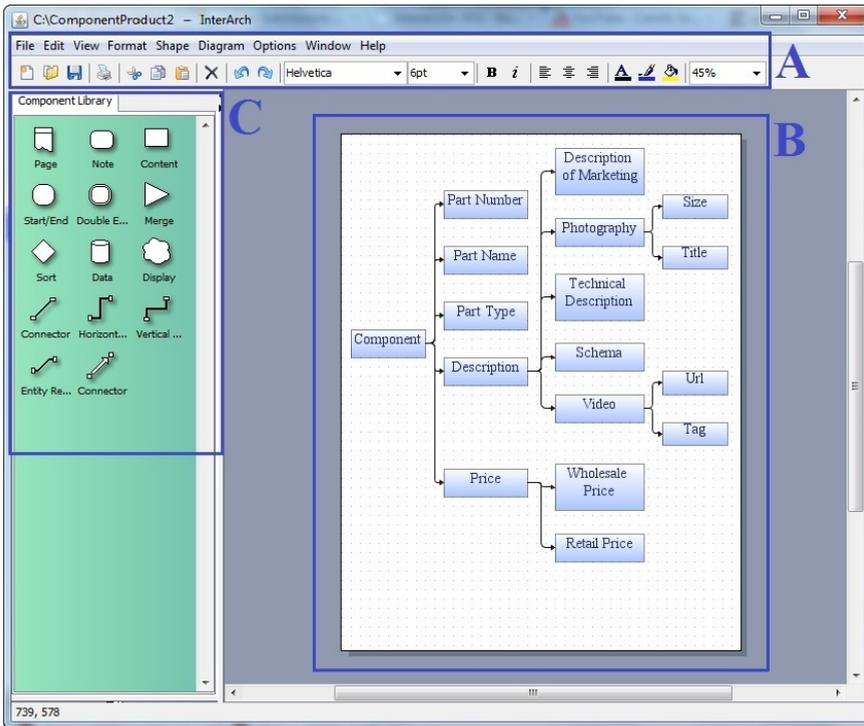


Fig. 2. Interfaz de Usuario de InterArch dividida en tres partes: A, B y C

### 3.1.2 Transformación del Modelo Visual

La transformación del modelo visual comprende la identificación de cada elemento visual elaborado por el Arquitecto de la Información para componer, posteriormente, los diagramas UML utilizados por el ingeniero o analista software. Esto se lleva a cabo a través de reglas de asociación y relación de los elementos visuales tanto de forma individual como grupal. Hay dos tipos de reglas: las reglas fijas que generan clases de análisis de acuerdo a un conjunto de criterios respecto a la jerarquía y relación entre los elementos visuales elaborados por el Arquitecto de la Información, y las reglas configurables que permiten generar información de diseño y especificar en detalle el tipo y nivel de dependencia entre relaciones, además de la cardinalidad y navegabilidad a partir de los esquemas conceptuales elaborados por el Arquitecto de la Información. Algunas de estas reglas configurables toman valores por defecto en la generación de clases, los cuales pueden ser modificados por analistas e ingenieros para adaptar, con mínimo esfuerzo, la información de diseño correspondiente.

### 3.1.3 Generación Textual Transportable de Diagramas UML

Como paso final, InterArch genera los diagramas de clases de contenido UML en formato XMI a partir del análisis de la información llevado a cabo por el Arquitecto

de la información, condicionado además por las reglas de asociación y relación descritas anteriormente. El XMI proporciona un estándar de facto que permite la edición y personalización de diagramas UML, por parte de analistas e ingenieros, para ser incorporados y reutilizados como documentación del proyecto software. El fin es poder continuar con el análisis y diseño del proyecto en curso y conjugar dichos diagramas con la parte funcional de la aplicación web interactiva que se desea crear mediante otro tipo de herramientas CASE utilizadas durante el ciclo de vida.

### 3.2 Caso de Estudio

Con objeto de describir más en profundidad el funcionamiento de InterArch, se describe un caso de estudio específico bajo nuestra herramienta.

Supongamos que el Arquitecto de la Información desea trabajar sobre un modelo de contenido de la información que describe la composición, descripción y precios de los componentes de cada producto en una tienda on-line. Este ejemplo se corresponde con el diagrama que aparece en la Figura 2 presentada anteriormente.

En este caso, el objeto de contenido **Component**, más general, se describe a su vez por medio de cinco objetos de contenido (**Part Number**, **Part Name**, **Part Type**, **Description** y **Price**), donde **Description** y **Price** presentan a su vez datos compuestos que se definen en base a los objetos de contenido que descienden de ellos de forma jerárquica. El objeto **Description** se compone de objetos que representan distintos tipos de descripciones del producto (**Video**, **Schema**, **Technical Description**, **Photography** y **Description of Marketing**), de los cuales **Video** (con **Url** y **Tag**) y **Photography** (con **Size** y **Title**) presentan también datos compuestos. El objeto **Price**, indica los precios al por mayor y al por menor que puede tener el componente en cuestión: **Wholesale Price** y **Retail Price**.

#### 3.2.1 Reglas de asociación y relación para los elementos visuales

Una vez que el Arquitecto de la Información ha creado el diagrama de contenidos, cuyo resultado se visualiza en la parte B de la Figura 2, lo siguiente sería generar las clases de contenido, aprovechables por el Ingeniero Software, en formato UML. Este paso es completamente transparente para el Arquitecto de la Información.

Para la generación de diagramas UML a partir de los diagramas AI, se aplican las reglas referidas en secciones anteriores. En este caso concreto, a partir del elemento principal, **Component**, se generaría una clase principal y sus elementos descendientes se evaluarían de la siguiente forma: los elementos terminales, y descendientes directamente del elemento principal, pasan a ser atributos de la clase **Component**. Si estos elementos tienen a su vez descendientes, estos pasan a ser nuevas clases relacionadas directamente con el elemento **Component**. Si los elementos descendientes generan atributos y si son elementos compuestos, de forma recursiva generarían nuevas clases relacionadas con el elemento del que descienden. La aplicación de esta regla genera una clase **Component** con cinco atributos: **PartNumber**, **PartName**, **PartType**, **Description** y **Price**. Siguiendo con la aplicación de estas reglas, el elemento **Price**, al descender directamente del elemento

principal y contener a su vez elementos descendientes **Wholesale Price** y **Retail Price** se transforma en una nueva clase, y sus elementos **Wholesale Price** y **Retail Price** en atributos para la clase **Price**. En cuanto a los métodos de clase, se generan por defecto tres métodos por cada atributo que representa una clase agregada (get, set y new).

En la Figura 3 se puede apreciar la visualización final de las clases UML conceptuales que se generan. El diagrama de clases está compuesto por una clase principal **Component** que tiene una relación de agregación con las clases **Description** y **Price**. A su vez, la clase **Description** tienen relación de agregación con las clases **Video** y **Photography**. Esta generación se hace en base a las reglas fijas anteriores que facilitan la automatización del proceso. Sin embargo, podría ser necesario, para una solución de diseño más concreta, establecer la cardinalidad entre relaciones, o incluso establecer relaciones de composición (agregación fuerte) entre ellas. Esto puede suceder en relaciones entre clases como **Price** y **Description** con **Component**, ya que probablemente no tenga sentido que exista el precio sin el componente (es decir, no tiene sentido que exista la parte sin el todo). El tipo y nivel de dependencia entre relaciones, además de la cardinalidad y navegabilidad, pueden ser modificados por el ingeniero o analista software mediante las reglas configurables de InterArch.

La aplicación de estas reglas genera como salida un diagrama de clases UML que puede ser almacenado en formato textual XMI. A modo de ejemplo ilustrativo, en el siguiente fragmento de código se puede apreciar la representación XMI de la clase **Component** con parte de sus atributos, operaciones, y su la relación con la clase **Price**, según el ejemplo anterior y el diagrama de salida de la Figura 3.

```
<UML:Class xmi.id = 'x232' name = 'Component'>
<UML:Classifier.feature>
<UML:Attribute xmi.id = 'x232:87B' name = 'Description'
visibility = 'public'></UML:Attribute>...
<UML:Operation xmi.id = 'x232:02C' name = 'getDescription'
visibility = 'public'></UML:Operation>...
<UML:Class xmi.id = 'x235' name = 'Price'>...
<UML:Association xmi.id='868'> <UML:Association.connection>
<UML:AssociationEnd xmi.id='889' aggregation='aggregate'>...
<UML:AssociationEnd.participant><UML:Class
xmi.idref='x232' /></UML:AssociationEnd.participant></UML:Asso
ciationEnd><UML:AssociationEnd xmi.id = '874'
aggregation='none'><UML:AssociationEnd.participant><UML:Class
xmi.idref='x235'>...
```

El archivo generado en formato XMI es transportable, y puede ser utilizado en cualquier herramienta de diagramación UML que soporte el uso de importaciones XMI, como por ejemplo: ArgoUML, StarUML, BOUML, Visual Paradigm, Circa y Mia-Generation, entre otras.

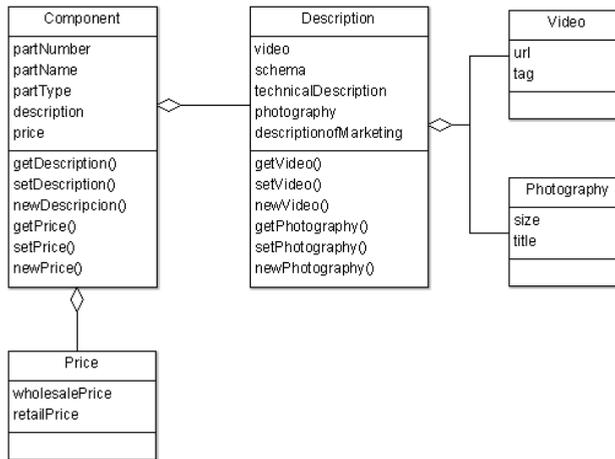


Fig. 3. Diagrama de clases UML resultante del análisis de la AI del ejemplo propuesto

## 4 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo, proponemos una solución automatizada válida para el análisis y diseño de aplicaciones web interactivas consistente en una herramienta CASE para el Arquitecto de la Información con pocos o inexistentes conocimientos en ingeniería del Software. Nuestra hipótesis de partida se basa en que las personas que llevan a cabo el análisis de la Arquitectura de la Información de una aplicación web no tienen por qué tener el mismo nivel de conocimientos técnicos que los analistas e ingenieros software que acabarán diseñando la aplicación, aunque debería haber una continuidad entre la información de análisis conceptual que generan estos profesionales y la información de análisis y diseño que necesitan los analistas informáticos para llevar a cabo el modelado de la aplicación. Esta información se materializa en forma de diagramas UML, ampliamente utilizados para detallar aspectos de análisis y diseño.

Nuestra solución pretende unir puentes entre las representaciones conceptuales de alto nivel de la Arquitectura de la Información y la representación no funcional de clases de análisis y diseño necesarias para implementar dichos contenidos, los cuales se unirán, utilizando cualquier tipo de herramienta de modelado del proyecto, a las clases funcionales del dominio de la solución. Para ello, proponemos una herramienta de autor, llamada InterArch, que permite generar automáticamente diagramas de clases UML a partir de la definición conceptual de la Arquitectura de la Información de un sitio web interactivo, utilizando XMI como lenguaje intermedio de representación que además puede ser procesado por un gran número de herramientas CASE, lo que permite una mayor interoperabilidad para integrar clases UML funcionales y no funcionales durante el ciclo de vida de una aplicación web interactiva.

La investigación que aquí se presenta está basada en el EUD o paradigma del Desarrollo por el Usuario Final (del inglés End-User Deveopment) [5, 7]. El EUD incentiva la creación de artefactos software que permitan a usuarios no expertos en

informática crear o customizar aplicaciones fácilmente. Más en concreto, nuestro trabajo se acerca a paradigmas relacionados como el EUSE (End-User Software Engineering), cuyo objetivo es involucrar a usuarios no expertos en computación, como sucede muchas veces con los Arquitectos de la Información, en aspectos concretos del desarrollo de un proyecto informático relacionados con el análisis y desarrollo de Software [6].

Como trabajo futuro, pretendemos mejorar la herramienta y dotarla de nuevas funcionalidades para la generación de elementos enriquecidos de diseño: componentes y objetos de diseño de contenido detallados. También, tenemos pensado aumentar la expresividad en la parte de reglas para la transformación del modelo visual, de forma que analistas e ingenieros software puedan adaptar aún más la generación de información para el proyecto de acuerdo a sus necesidades. Por último, se pretende realizar una evaluación de la usabilidad de la herramienta con Arquitectos de la Información no expertos en ingeniería del software.

**Agradecimientos.** Esta investigación ha sido subvencionada por el Ministerio de Educación, proyecto TIN2008-02081/TIN, así como por la DGUI de la Comunidad de Madrid, proyecto S2009/TIC-1650 y, junto con la UAM, a través del proyecto CCG10-UAM/TIC-5772.

## Bibliografía

1. Elaine G. T.: Information interaction: Providing a framework for information architecture. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 53, Iss. 10, 855-862 (2002)
2. Erlin, Yunus, Y. A., Rahman, A. Abdul.: The evolution of Information Architecture. *Information Technology, ITSIM 2008. International Symposium*, vol.4, no., pp.1-6 (2008)
3. Garrett, J. J.: A visual vocabulary for describing information architecture and interaction design. [www.jjg.net/ia/visvocab](http://www.jjg.net/ia/visvocab) (2002)
4. Katsanos, C., Tselios, N., Avouris, N.: AutoCardSorter: designing the information architecture of a web site using latent semantic analysis. In *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '08)*. ACM, New York, NY, USA, 875-878 (2008)
5. Klann, M., Fit, F.: End-User Development. D1.1 Roadmap. *Proceedings of the End User Development Workshop at CHI'2003 Conference*. Ft. Lauderdale, Florida, USA. April 5-10 (2003)
6. Lieberman, H., Paternò, F., Wulf, V.: End-User Development. *Human Computer Interaction Series*. Springer Verlag (2006)
7. Macías, J.A.: Aspectos Pragmáticos en el Desarrollo por el Usuario Final. *Revista Novática*, Nº 175, año XXXI, pp. 45-47, mayo-junio (2005)
8. Morville, P., Rosenfeld, L.: *Information Architecture for the World Wide Web*. O'Reilly Media", O'Reilly Media Inc., Third Edition, (2006)
9. Pérez, M., Codina, L.: Software de prototipado para la arquitectura de la información: funcionalidad y evaluación. *El profesional de la información*, 417-424 (2010)
10. Ronda, R.: Revisión de técnicas de arquitectura de información. *No Solo Usabilidad*, nº 6, 2007. <[nosolousabilidad.com](http://nosolousabilidad.com)>. (2007)

# Heurísticas para derivar una interacción multi-táctil a partir de modelos

Víctor López-Jaquero, Elena Navarro, Enriqueta Sánchez, Francisco Montero

Grupo de Investigación LoUISE, Departamento de Sistemas Informáticos  
Universidad de Castilla - La Mancha  
{victor, enavarro, enri, fmontero}@dsi.uclm.es

**Resumen.** En este artículo se presentan e identifican un conjunto de heurísticas, que ofrecen la posibilidad de derivar aspectos de interacción y de manipulación directamente desde especificaciones realizadas utilizando entornos de desarrollo dirigidos por modelos (DDM). Estas facilidades de manipulación permiten la generación de interfaces de usuario que se apoyan en la manipulación directa y en la interacción multi-táctil, lo que facilita a sus usuarios finales el uso de gestos y una interacción más natural. Las evidencias de la utilidad de las heurísticas recopiladas en este artículo se han extraído mediante un caso de estudio. En él, un grupo de especialistas en el tratamiento de afectados de daño cerebral sobrevenido han sido capaces de crear aplicaciones de manera independiente, con las que pueden definir actividades de recuperación para los afectados que se tratan en los centros.

**Palabras clave:** modelos, interacción multi-táctil, heurísticas, daño cerebral

## 1 Introducción

En la actualidad, el Desarrollo Dirigido por Modelos (DDM, [9,16]) además de ser una técnica cada vez más aceptada por los investigadores también lo es por otros muchos profesionales. Este paradigma de desarrollo de aplicaciones ha demostrado ser fiable y productivo para dar soporte a actividades relacionadas con el proceso de desarrollo de software, debido a diferentes razones. Entre ellas cabe destacar, por ejemplo, que permite disminuir el *espacio* entre la especificación del problema y el desarrollo de la solución por analistas y desarrolladores, y que facilita la cooperación de los participantes en el propio proceso de desarrollo software, lo cual se alinea con las habituales prácticas de diseño centrado en el usuario. Además, el DDM tiene como principal objetivo incrementar la fiabilidad y la productividad de los desarrollos, para ello descansa en los conceptos de modelo y de transformación de modelos, y con ellos aborda la generación automática o semiautomática de productos software.

DDM se basa en la utilización de distintos modelos con los que soportar el proceso de desarrollo. Sin embargo, en función del nivel de abstracción utilizado para la elaboración de dichos modelos la colaboración de los usuarios finales en el proceso de desarrollo puede ser más o menos complicada o incluso imposible. En uno de nuestros desarrollos, el objetivo pasaba por dar soporte a las actividades que los

especialistas en el tratamiento de afectados de Daño Cerebral Sobrevenido (DCS) llevan a cabo al tratar a sus pacientes. En este contexto, involucrar a dichos especialistas se nos antojó indispensable para el éxito final de los desarrollos realizados. Las necesidades de personalización de las herramientas utilizadas, la variabilidad en los tratamientos que dichos especialistas tienen que considerar a la hora de tratar a los afectados de DCS y la propia diversidad en las posibilidades de interacción de los afectados de DCS hicieron que nos decantásemos por la utilización de DDM como paradigma de desarrollo. Pero muchos de los condicionantes anteriores exigieron la necesidad de considerar no sólo el proceso de desarrollo sino también el producto final, sus usuarios y las facilidades de interacción que los productos generados pudieran ofrecer a dichos usuarios.

En este artículo recopilamos un conjunto de heurísticas que permiten derivar a partir de modelos software habitualmente utilizados en DDM facilidades de interacción con las que los usuarios de las aplicaciones generadas podrán hacer uso de las mismas. Nuestros usuarios son especialistas en el tratamiento de DCS y las facilidades de interacción se recogerán en términos de una interacción multi-táctil. Las aplicaciones que se han desarrollado utilizando estas heurísticas permiten al especialista en DCS crear actividades de recuperación y tratamiento de afectados con dicha dolencia. La principal hipótesis de partida que originó la realización de este artículo es cuestionarse si la propia información que manipula o gestiona cualquier aplicación o producto software, y que se modela habitualmente utilizando diagramas de clases, puede determinar, influir o dirigir la manera en que los usuarios de esos productos software van a interactuar con ella. Como hemos comentado, las heurísticas recopiladas se documentaron en términos de un estilo de interacción intuitivo, directo y apoyado en la realización de gestos por parte de los usuarios implicados.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. Después de este apartado de introducción, el apartado 2 ofrece una descripción breve sobre el proceso de rehabilitación de los afectados de daño cerebral sobrevenido, con la intención de concienciar de las necesidades de flexibilidad con las que debe contar el especialista a la hora de proponer actividades a los afectados a los que trata. El apartado 3 recopila los trabajos relacionados. El apartado 4 proporciona una estructura de la propuesta presentada y las heurísticas identificadas para la generación de interfaces multi-táctiles. El último apartado se centra en reflexionar sobre las conclusiones alcanzadas hasta el momento y en presentar algunos trabajos futuros.

## **2 Caso de estudio: tratamiento del Daño Cerebral Sobrevenido**

La red Toronto Acquired Brain Injury [17] establece que las personas con daño cerebral sobrevenido (DCS) son “las personas que han sufrido un daño en el cerebro después de su nacimiento, no estando el mismo relacionado con trastornos congénitos, discapacidades del desarrollo, o procesos que progresivamente dañan el cerebro”. Hay varias causas para sufrir un DCS, tales como las patologías cerebro-vasculares (ACV), los traumatismos craneoencefálicos (TCE) causados por accidentes, la meningitis, tumores cerebrales, etc. Por lo tanto, se puede afirmar que todos estamos expuestos a esta discapacidad en nuestra vida diaria. Los casos y afectados de esta patología van en aumento y están cada vez más presentes en la sociedad. De acuerdo

con los datos de la Consejería de Sanidad de la JCCM [10], 4 de cada 1000 personas sufre algún tipo de DCS en algún momento de sus vidas. Aunque las personas de todas las edades pueden sufrir DCS, es más frecuente entre los miembros más jóvenes y más viejos de la población, ya que son más propensos a sufrir accidentes. En la mayoría de las personas que han sufrido una lesión cerebral existe un sentido de culpabilidad y de frustración, porque en la mayoría de los casos, la víctima es consciente de su situación y sabe que no es capaz de ejecutar acciones que antes consideraba muy fáciles de realizar.

Según los expertos, un proceso de reaprendizaje integral de DCS debe incluir tratamiento cognitivo, además de terapias físicas y ocupacionales. También debemos resaltar el hecho de que las asociaciones de afectados de DCS, como ADACE CLM con la que colaboramos en diferentes proyectos, no sólo centran sus esfuerzos en los déficits cognitivos, sino que tratan de ir más allá y consideran otros aspectos fundamentales para la recuperación y mejora de la calidad de vida [3].

En la actualidad está aceptado que las personas con DCS deben recibir el tratamiento adecuado lo antes posible, porque hay cada vez más pruebas de su eficacia si se aplica en etapas tempranas tras la lesión [4]. Sin embargo, identificar el tratamiento adecuado para cada persona es una tarea difícil y requiere mucho tiempo, ya que las lesiones cerebrales varían drásticamente los efectos y rara vez dos personas afectadas, incluso de una lesión parecida, presentan una misma evolución o responden igual a un mismo tratamiento. Esto significa que un proceso de reaprendizaje adecuado debería ser individualizado. Con el fin de ayudar en este contexto y para lograr que los especialistas dispongan de herramientas con las que definir y personalizar las actividades y tareas que utilizan en los procesos de recuperación [14], éstos deberían involucrarse en el propio desarrollo de estas herramientas y deberían poder personalizar ellos mismos las herramientas con las que generan esas aplicaciones. En este contexto es en el que desarrollamos las actividades recogidas en este artículo.

### **3 Trabajos relacionados**

Este apartado del artículo identifica, describe y reflexiona sobre las herramientas que actualmente se suelen utilizar en la gestión de modelos según DDM. Todas las herramientas descritas a continuación necesitan unos conocimientos básicos, y en algunos casos avanzados, sobre modelado, tanto para poder crear modelos representativos de un dominio como para poder lograr sus beneficios. Si queremos involucrar a los especialistas DCS en el proceso de desarrollo deberían, en primera instancia, tener la necesidad de utilizar algunas de estas herramientas, pero eso implicaría serias dificultades para los especialistas por sus carencias de formación en modelado.

#### **3.1 Desarrollo Software Dirigido por Modelos**

Actualmente existen diferentes herramientas que permiten la puesta en práctica del DDM. Entre ellas podemos distinguir las siguientes.

- *MagicDraw* [11]. Herramienta de modelado visual para la realización de diagramas UML y herramienta CASE.
- *MOFScript* [5]. Herramienta para Eclipse que permite generar texto a partir de modelos basados en Ecore. Las entradas de las transformaciones son meta-modelos y se compone de una o más reglas definidas sobre los elementos del meta-modelo.
- *MTF* (Modeling Transformation Framework) [6]. Propuesta desarrollada por IBM constituida por un conjunto de plug-ins que se integran a Eclipse o a alguna de las plataformas de desarrollo de IBM.
- *OptimalJ* [15] Entorno de desarrollo para aplicaciones J2EE que permite generar aplicaciones a partir de modelos visuales a través del uso de patrones.
- ArcStyler [2]. Aproximación compatible con DDM que utiliza MOF para soportar los estándares UML, XMI y JMI.
- *Eclipse Modeling Framework (EMF)* [7]. Framework de modelado que facilita la generación de código para construir herramientas y otras aplicaciones basadas en un modelo de datos estructurados. Una especificación del modelo se describe en XMI, proporcionando EMF las herramientas y soportes necesarios para generar clases Java, clases de adaptador para la visualización, edición de comandos basada en el modelo y un editor básico.
- *Graphical Modeling Framework (GMF)* [8]. Proporciona un enfoque basado en modelos para la generación de editores gráficos en Eclipse.

Aunque muchas de las herramientas proporcionan facilidades visuales para la especificación de modelos, los conocimientos necesarios para su utilización exigirían por parte de los especialistas DCS una dedicación en tiempo y esfuerzo no asumible, y un rechazo de ese esfuerzo por su parte. Por tanto, se hizo necesario ofrecer otra forma de involucrar a los especialistas que permitiera disminuir la curva de aprendizaje y el grado de usabilidad con el que hacer sus contribuciones.

### 3.2 Interfaces de usuario multi-táctiles

Relacionado con la necesidad de facilitar la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que los especialistas de DCS hicieran sus aportaciones al desarrollo y de cómo, posteriormente, harían uso de las herramientas desarrolladas y generadas utilizando DDM se barajaron distintos estilos de interacción y se apostó por la utilización de estilos basados en la manipulación directa y el uso de una interacción multi-táctil.

La interacción multi-táctil y el uso de gestos está cada vez más presente en todo tipo de dispositivos [13], tanto móviles como de sobremesa, y está asociado a estilos de interacción intuitivos que no exigían, en nuestro caso, necesidades de aprendizaje o esfuerzos importantes. Además, experiencias previas [12] habían demostrado un alto grado de aceptación de esta forma de interacción por parte de la población considerada.

En función de estas decisiones restaba determinar si existía relación entre los dos elementos presentados en esta sección de Trabajos relacionados, es decir, si existen implicaciones entre los modelos que precisa DDM y el estilo de interacción que puede definirse para la manipulación de esos modelos. Este aspecto es el que trataremos en

la sección siguiente en la que se recopilan las distintas heurísticas que se han identificado.

#### 4 Heurísticas basadas en meta-modelos para la generación automática de interfaces multi-táctiles

Dado que el planteamiento de este trabajo es que fuera aplicable no sólo al dominio del DCS sino a cualquier otro dominio, se han identificado los siguientes meta-modelos que se describen a continuación:

- *Meta-modelo de dominio* encargado de representar un dominio concreto sobre el que se quisiera resolver una problemática específica. En este caso, debido al conocimiento recogido durante los últimos años gracias a la relación con el colectivo de DCS, se decidió escoger este dominio.
- *Meta-modelo de presentación* permite personalizar la forma de visualizar los diferentes elementos que forman el meta-modelo de dominio. Recoge las propiedades de la presentación de los elementos, es decir, almacena atributos como el tipo de letra, tamaño, imagen asociada al elemento, etc.
- *Meta-modelo de mapeado* encargado de establecer las relación entre los dos meta-modelos definidos anteriormente (dominio y presentación), de forma que cada elemento del dominio pueda ser representado libremente con unos determinados valores de presentación.

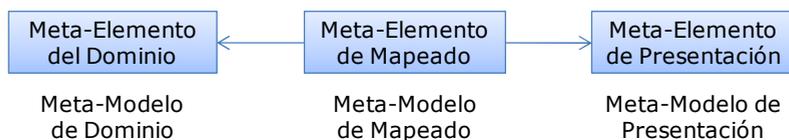


Fig. 1. Estructura de la propuesta

Tal y como se muestra en la Fig. 1, la introducción del meta-elemento de mapeado podemos establecer diferentes la presentación asociada a un elemento del dominio.

Para abordar la propuesta presentada en este trabajo, en primer lugar se hizo un estudio, y se crearon los meta-modelos antes mencionados. Dichos meta-modelos estuvieron basados en la problemática que suponía el tratamiento de los afectados con DCS, especialmente el meta-modelo de dominio. En función de ese estudio y de esa elaboración de meta-modelos, perseguíamos que los especialistas pudieran definir sus propios patrones o modelos de actividad [12] y obtener tareas personalizadas, en función de las necesidades que identificasen para los afectados, instanciando dichos patrones o modelos de actividad.

Antes de presentar las heurísticas identificadas y a fin de facilitar su comprensión, a continuación se describen las relaciones que pueden aparecer al definir el meta-modelo de dominio. Hemos de resaltar que estas relaciones son fijadas por la utilización de Ecore como lenguaje de modelado.

- *Composición*. Esta relación define que las instancias de la clase componente son parte de instancias de la clase compuesta y no pueden existir sin ella. De

esta forma, sólo se podrá acceder a las instancias componente a través de la instancia compuesta, y el tiempo de vida de la instancia componente depende de la instancia compuesta. Por tanto, la composición nos ofrece la capacidad de crear componentes instancias nuevas, editarlas o eliminarlas.

- *Asociación*. Esta relación entre elementos de un meta-modelo permite identificar instancias que colaboran entre sí. Existen dos tipos de asociaciones bien diferenciadas: las bidireccionales y las unidireccionales. En las asociaciones bidireccionales cada asociación involucra dos tipos de roles, uno por cada dirección. Sin embargo, en las asociaciones unidireccionales las relaciones sólo existen en un único sentido.
- *Clasificación*. Es una relación que indica una descomposición disjunta, por lo tanto, las subclases además de poseer sus propias características heredan las características visibles de la super-clase común.

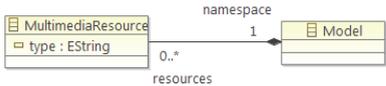
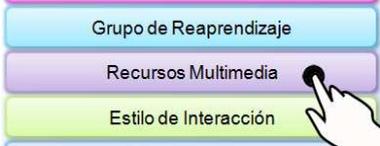
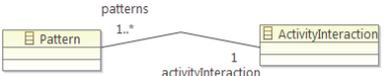
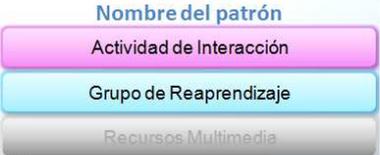
Es importante señalar que tanto las relaciones de composición como las de asociación tiene un atributo de *cardinalidad*. Ésta viene ligada a cada extremo, e indica el número de instancias de cada entidad del modelo que participan en la relación. Además, las relaciones también suelen acompañarse de un nombre característico de la relación correspondiente.

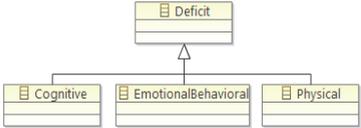
Durante el estudio llevado a cabo se observó que a la hora de instanciar el meta-modelo identificábamos de forma reiterada relaciones entre elementos del dominio y la interacción multi-táctil que podía ofrecerse para su manipulación. Estas propuestas de relación, aunque inicialmente contextualizada en los escenarios descritos se mostraba adecuada para ser utilizada en otros escenarios distintos, por ello resultaba interesante su identificación y documentación.

Como se ha justificado con anterioridad y aunque otros estilos de interacción eran posibles, se optó por elegir y documentar las relaciones en términos de una interacción multi-táctil para aprovechar la interacción natural que aporta. Gracias a la incorporación en el mundo real de nuevos dispositivos táctiles, sobre todo en teléfonos móviles, la mayoría de los usuarios están acostumbrándose a su utilización a través de gestos y movimientos característicos con los que realizan determinadas funciones. Debido a esta gran influencia de dispositivos táctiles en el mundo real se optó por seguir algunos movimientos reflejados en una de las guías de estilo más aceptada, como es la propuesta de Apple [1].

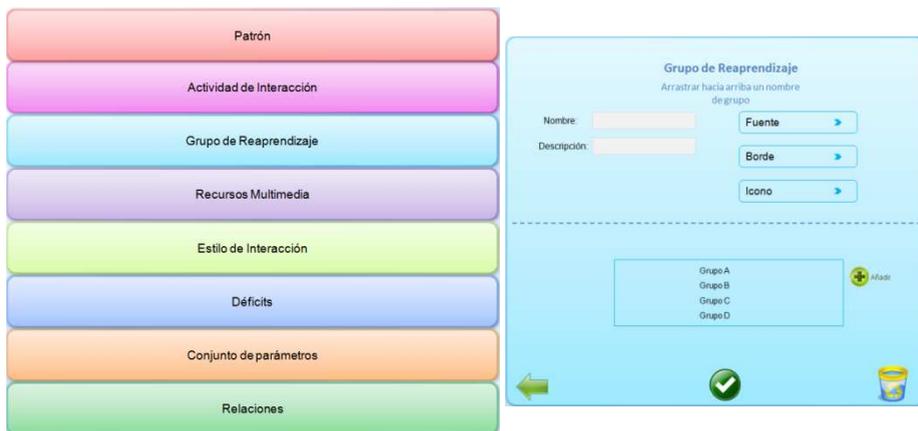
A la hora de realizar la instanciación de los meta-modelos para generar interfaces de usuario y permitir a los especialistas crear nuevas actividades de reaprendizaje para afectados de DCS, las heurísticas identificadas entre relaciones e interacción estuvieron condicionadas por el propio estilo de interacción y por la necesidad de que el grado de usabilidad alcanzado por los especialistas, al menos heurísticamente, se incrementase, disminuyendo el rechazo, aumentando la eficiencia y la satisfacción. A continuación (Tabla 1) se recogen las heurísticas encontradas durante el estudio que permiten emparejar las relaciones entre los diferentes elementos del meta-modelo con su instanciación en las representaciones de la interfaz gráfica generada.

**Tabla 1.** Relación entre la estructura del dominio y la interfaz generada

Relación y diagrama ejemplo	Interfaz de usuario generada y descripción
<p><i>Composición.</i> En este ejemplo se muestra como el meta-modelo de dominio está compuesto, entre otros, por 0 o varios objetos de recursos multimedia</p> 	 <p><i>Seleccionar.</i> Con esta interfaz de usuario además de seleccionar un objeto se ofrecerán sus características y funcionalidades, como la creación, edición y modificación de determinados recursos multimedia.</p>
<p><i>Asociación (bidireccional).</i> En el ejemplo recogido gráficamente, en esta parte del meta-modelo se especifica que los patrones están relacionados con una única actividad de interacción, mientras que una actividad de interacción puede estar relacionada con uno o varios patrones.</p> 	 <p><i>Arrastrar.</i> Este movimiento permite asociar objetos relacionados dependiendo de la cardinalidad especificada en la asociación. En la interfaz mostrada, se recalca (en la parte superior de la imagen) la necesidad de añadir una única actividad de interacción a la hora de crear un patrón.</p> <p>Además, como existe la posibilidad de que esta actividad de interacción pueda ser asignada a otras actividades de reaprendizaje, cada actividad de interacción podrá pertenecer a varias actividades.</p>
<p><i>Asociación (unidireccional).</i> La asociación se define como una relación de dependencia entre instancias. En el diagrama se muestra la relación de dependencia entre las actividades de interacción y los recursos multimedia. Esto significa que para asignar un recurso multimedia se deberá asignar previamente la actividad de interacción.</p> 	 <p><i>Desactivar.</i> Al existir una dependencia entre elementos del meta-modelo, se opta por desactivar la selección del elemento dependiente y así, evitar su posible selección.</p>

Relación y diagrama ejemplo	Interfaz de usuario generada y descripción
<p><i>Clasificación.</i> En el diagrama asociado a esta relación se muestra la clasificación de los diferentes tipos de déficits para DCS: cognitivos, físicos y emocionales o de comportamiento.</p> <p>En la interfaz generada será necesario navegar por los diferentes tipos de déficits y una vez seleccionado uno de ellos elegir los déficits necesarios.</p>  <pre> classDiagram     class Deficit     class Cognitive     class EmotionalBehavioral     class Physical     Deficit &lt; -- Cognitive     Deficit &lt; -- EmotionalBehavioral     Deficit &lt; -- Physical     </pre>	 <p><i>Navegar.</i> Esta interacción nos permite navegar por los diferentes tipos de déficits definidos en el meta-modelo, seleccionando el más apropiado. Podrían existir varias clasificaciones anidadas, y por lo tanto la navegación será recursiva.</p>

Hay que resaltar que las heurísticas recopiladas hasta el momento consideran la actividad multi-táctil, ya que es posible complementar las mismas, si fuera necesario con otras actividades donde la interacción se realizase involucrando más de un punto de contacto con la superficie de interacción.



**Fig. 2.** (a) Interfaz inicial para la edición de patrones de aprendizaje. (b) Interfaz de añadir, eliminar o editar un grupo de reaprendizaje.

La Fig. 2a muestra la pantalla inicial que se ofrece al especialista DCS para poder añadir, modificar o borrar los diferentes componentes que forman parte del modelo de dominio definido para poder crear y modificar actividades de reaprendizaje. Al interactuar con cada elemento de la interfaz ofrecida, el especialista visualizará dicho elemento según su elemento de presentación (gracias a la combinación entre elemento de dominio-elemento de presentación ofrecida y soportada por el elemento de mapping). Gracias a esta interfaz podrá modificar, eliminar o crear nuevos elementos del dominio, es decir nuevas actividades de reaprendizaje. La Fig. 2b muestra el

detalle asociado a la sección *Grupo de Reaprendizaje* que se muestra cuando ésta se selecciona.

Con la interfaz de usuario desarrollada, el especialista tiene a su alcance una herramienta capaz de gestionar patrones de actividad y puede planificar actividades y tareas de reaprendizaje de forma más flexible y personalizadas para el colectivo de afectados de DCS. De esta manera, la aplicación desarrollada cubre una de las necesidades más demandadas por estos especialistas [14], ya que permite al especialista ofrecer a los afectados un reaprendizaje individual en función de sus necesidades cognitivas concretas. Estos especialistas encuentran en la aplicación desarrollada los recursos necesarios para conseguir especificar sus actividades. Además, con esta aplicación, no solo los especialistas pueden modificar o eliminar los patrones de actividad ya creados sino que pueden crear nuevos en función de las necesidades identificadas en los afectados a los que tratan.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

Las personas con DCS han sufrido daño cerebral a causa de algún daño después de su nacimiento. Este efecto traumático puede llegar a provocar la pérdida de algunas capacidades cognitivas, físicas y emocionales. El trabajo de reaprendizaje para conseguir una mejora en su calidad de vida y ayudarles a recuperar las capacidades perdidas es un proceso largo y difícil.

Los centros que tratan a personas con DCS usan diferentes herramientas para el proceso de reaprendizaje, entre las que se encuentran fichas de papel y diferentes aplicaciones software. Desafortunadamente, el software utilizado no es específico para el tratamiento de DCS, y por lo tanto puede limitar el proceso de reaprendizaje. Además, estas herramientas actuales no son compatibles con las tareas de gestión del tratamiento para los especialistas. Un tratamiento de DCS debe caracterizarse por su flexibilidad debido a que cada persona con DCS presenta necesidades específicas, por lo que el tratamiento debe ser personalizado de acuerdo a sus necesidades tanto como sea posible. Esta personalización se debe abordar mediante el uso de un vocabulario común para los especialistas para que el conocimiento y la experiencia adquirida durante el proceso de reaprendizaje puedan ser reutilizadas.

Este trabajo muestra una solución para contribuir a mejorar la flexibilidad y la personalización del diseño del proceso de reaprendizaje. Esta solución pasa por el uso de DDM. Éste contribuye a hacer frente a las necesidades específicas del especialista de una manera flexible y extensible. Para ello, se crea un meta-modelo que recoge el estudio de la problemática a fin de ofrecerle a los especialistas la posibilidad de crear sus propios patrones de actividad. Posteriormente se han identificado heurísticas resultantes de las relaciones entre el meta-modelo y la interacción, a la hora de generar una interfaz de usuario multi-táctil de forma automática.

La generación automática de interfaces de usuario multi-táctiles a partir de meta-modelos ayuda además a mejorar ciertos principios básico de usabilidad, como son por ejemplo la prevención de errores (permitiendo que el usuario sólo pueda realizar acciones válidas), la consistencia (todas las tareas análogas se realizan siempre de la misma manera) o la estructuración de la presentación (basándonos en la semántica del meta-modelo).

Como trabajos futuros nos planteamos aplicar esta propuesta a otros dominios para validar aún más las heurísticas identificadas en este artículo.

**Agradecimientos.** Nos gustaría agradecer a ADACE-CLM su cooperación en la investigación en DCS. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto PEII09-0054-9581 de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y el proyecto TIN2008-06596-C02-01 del gobierno de España.

## 6 Bibliografía

1. Apple. (2011). iOS Human Interface Guidelines (p. 156). Retrieved from <http://developer.apple.com/library/ios/documentation/userexperience/conceptual/mobilehig/MobileHIG.pdf>.
2. ArcStyler. (2011). Definición de ArcStyler. <http://www.arcstyler.com/>.
3. Cappa, S. F., Benke, T., Clarke, S., Rossi, B., Stemmer, B., & Heugten, C. M. van. (2005). EFNS guidelines on cognitive rehabilitation: report of an EFNS task force. *European journal of neurology : the official journal of the European Federation of Neurological Societies*, 12(9), 665-80. doi: 10.1111/j.1468-1331.2005.01330.x.
4. Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D. M., Malec, J. M., Bergquist, T. F., Felicetti, T., Giacino, J. T., Harley, J. P., Harrington, D. E., Herzog, J., Kneipp, S., Laatsch, L., Morse, P. A. (n.d.). Evidence-based cognitive relearning: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Relearning*, 81(12), 1596-1615.
5. Eclipse. (2011a). Definición MOFScript. <http://www.eclipse.org/gmt/mofscript/>.
6. Eclipse. (2011b). Definición de MTF. <http://www.eclipse.org/proposals/mtf/>.
7. Eclipse. (2011c). Definición de EMF. <http://www.eclipse.org/modeling/emf/>.
8. Eclipse. (2011d). Definición de GMF. <http://www.eclipse.org/modeling/gmf/>.
9. Hailpern, B., & Tarr, P. (2006). Model-driven development: The good, the bad, and the ugly. *IBM Systems Journal*, 45(3), 451-461. doi: 10.1147/sj.453.0451.
10. Consejería de Sanidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Conjunto mínimo de datos básicos de la Región de Castilla La Mancha, 2006.
11. MagicDraw. (2011). Definición de la herramienta MagicDraw. <http://www.magicdraw.com/>.
12. Montero, F., López-Jaquero, V., Navarro, E., & Sánchez, E. (2011). Computer-aided relearning activity patterns for people with acquired brain injury. *Computers & Education*, 57(1), 1149-1159. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.compedu.2010.12.008.
13. Müller-Tomfelde, C. (ed.), *Tabletops - Horizontal Interactive Displays*, London: Springer London, 2010.
14. Navarro, E., López-Jaquero, V., Montero, F. HABITAT: a Web Supported Treatment for Acquired Brain Injured. *Proc. of IEEE International Conference in Advanced Learning Technologies, ICALT 2008 (Santander, 1-5 July, 2008)*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, USA, 2008, pp. 464-466.
15. OptimalJ. (2011). Definición OptimalJ. <http://www.compuware.com/products/optimalj/>.
16. Selic, B. (2003). The pragmatics of model-driven development. *IEEE Software*, 20(5), 19-25. doi: 10.1109/MS.2003.1231146.
17. Toronto Acquired Brain Injury Network. (2011). <http://www.abinetwork.ca/definition.htm>.

# MProject : Herramienta para la administración de proyectos bajo el Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad (MPIU+a)

Alexandra Ruiz <sup>1</sup>, Toni Granollers <sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Grupo SINFOCI, Universidad del Quindío-Colombia, aruiz@uniquindio.edu.co,

<sup>2</sup> Grupo GRIHO, Universidad de Lleida-España, tonig@diei.udl.cat

**Abstract.** MProject es una herramienta web para la administración de proyectos, específicamente aquellos que usan la metodología MPIU+a. Esta aplicación permite la planificación de actividades y pruebas de usuario, asignación de recursos y tareas, además de un adecuado manejo de la documentación. El presente artículo ilustra las principales funcionalidades del aplicativo así como su validación y beneficios.

**Keywords:** MPIU+a, administración de proyectos, herramientas de planificación, DCU.

## 1 Introducción

Desde siempre es conocido que la administración de proyectos es un aspecto clave en el marco de desarrollo de los proyectos. A parte de la lógica necesidad de organizar los recursos de forma eficiente, una mala administración de un proyecto puede derivarse de una mala planificación de las actividades, una inadecuada estimación temporal y económica, una inapropiada asignación de recursos (material y personal), etc. [5]. La mayoría de las herramientas que se han desarrollado para mitigar estos problemas se han diseñado de manera genérica, aplicándose indistintamente para el desarrollo de proyectos de diferentes áreas del conocimiento.

Por otro lado, la disciplina de la Interacción Persona Ordenador (IPO) ha cobrado relevancia aportando metodologías con nuevas visiones, paralelas en un principio e integradoras posteriormente, dentro de la Ingeniería de Software. Esta problemática ha sido abordada en varias investigaciones [7], [8], en donde se discute sobre cómo aplicar mejores prácticas en el desarrollo de software siguiendo metodologías ágiles y diseño centrado en el usuario (DCU) para lograr una mejor experiencia de usuario.

Siendo consecuentes con lo anterior, se seleccionó el modelo de proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y Accesibilidad MPIU+a [9] como metodología DCU base para el desarrollo de una herramienta de administración de proyectos referentes al desarrollo de sistemas interactivos.

Igualmente, la herramienta desarrollada pretende dar soporte al Colaboratorio de Usabilidad creado por la Universidad del Cauca, Universidad del Quindío y Universidad de Lleida [8].

De esta manera, este artículo describe la metodología, algunos aspectos fundamentales para administrar proyectos según la misma, la herramienta desarrollada, conclusiones y trabajos futuros.

## **2 El modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad – MPIu+a**

Entenderemos el modelo MPIu+a como una metodología que, a pesar de tener un punto de vista más cercano a la IPO, integra la Ingeniería de la Usabilidad [9] y la Ingeniería de Software para proporcionar una metodología que sea capaz de guiar a los equipos de desarrollo durante el proceso de implementación de un determinado sistema interactivo<sup>1</sup>.

Como ya se mencionó, el modelo de proceso integra la ingeniería de software. Basados en esta premisa, se podrían agregar nuevas facetas como la planificación o administración del proyecto, gestión de la configuración, entre otras. Aunque todas se consideran imprescindibles, la planificación es un proceso que no solo determina el éxito de los proyectos sino casi el de cualquier otra actividad.

Según [1], la administración de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer sus requisitos. Aunque su aplicación no es suficiente por sí sola para una administración de proyectos efectiva, su uso hace mucho más eficiente el proceso. Por esta razón, se creó MProject, herramienta que da soporte a la administración de proyectos basados en el modelo de proceso.

## **3. Descripción de la herramienta MProject**

### **3.1 Aspectos tecnológicos y de diseño**

MProject, está orientada al paradigma web con el fin de brindar alta portabilidad y disponibilidad. El aplicativo está desarrollado bajo la arquitectura multinivel y patrones de diseño especificada por JEE que proporcionan mayor desacoplamiento en su implementación [2].

La herramienta fue diseñada e implementada usando el mismo modelo de proceso. Su interfaz denota funcionalidades que incorporan conceptos nativos de la disciplina de la administración de proyectos y del modelo de proceso.

### **3.2 Funcionalidades de Mproject**

A continuación se presentan las funcionalidades principales de MProject.

<sup>1</sup> El lector dispone del sitio web oficial (<http://www.mpiua.net>) de la metodología para ampliar cualquier detalle al respecto.

*Gestión de Tiempo:* se pueden realizar funciones como la planificación de tareas en donde cada actividad que se crea se le puede asignar una fecha de inicio y fin, la actividad que la precede, el responsable, los recursos, la fase dentro del modelo a la que pertenece, el entregable y estado. Igualmente para el seguimiento y control a tareas, el administrador puede ingresar el tiempo ejecutado con relación al tiempo que se estimó, si la tarea está finalizada o no y la cantidad de recursos que se ha consumido. Como complemento a la planificación de tareas, MProject permite generar diagramas de Gantt y de Pert.

*Gestión de recursos y de personal:* MProject permite administrar los recursos del proyecto como los de la ejecución de pruebas. Igualmente, permite la gestión de información del personal como datos personales, cargo y perfil.

*Gestión de Comunicaciones:* MProject cuenta con un amplio módulo que permite administrar la documentación generada durante la ejecución de las actividades de las diferentes etapas del modelo de proceso MPIU+a en los proyectos. Adicionalmente, la herramienta permite generar informes del estado de cada proyecto, en donde resume la información básica del proyecto, las tareas planificadas y alertas.

*Gestión de Riesgos:* MProject genera alarmas o advertencias para los proyectos que presenten desviaciones según sus cronogramas iniciales de planificación. Las clases de alarmas contempladas para la aplicación son las de superación de tiempo, desfase de recursos, retraso de tarea y retraso por predecesora sin terminar.

*Gestión de Integración:* Cada proyecto que se crea en MProject puede ser navegado de acuerdo a las diferentes fases de este modelo. Esta forma de navegación permite conocer la información de la especificación de cada proceso según el modelo, lo cual constituye una guía de ejecución del proyecto para el grupo de trabajo. Estas dos características de la herramienta, la forma de navegación y su documentación, permiten que cada proyecto sea administrado de manera íntegra y consistente a la vez.

*Funcionalidades asociadas a la fase de evaluación de usabilidad:* son funcionalidades que tienen que ver con la programación, registro y control de resultados de pruebas de usabilidad. Cuando se crea una tarea de evaluación, el integrante del equipo de trabajo debe planear la prueba especificando información como: objetivo de la prueba, descripción, tipo de prueba, perfil del grupo de usuarios, y métricas a evaluar. Las métricas se definieron basadas en [3] y [4]. Esta fase es una de las más importantes del modelo MPIU+a y la herramienta proporciona todo el abanico de técnicas de evaluación de usabilidad descritas en éste. Una vez se haya ejecutado cada prueba, el responsable del registro de resultados puede acceder a la herramienta y adicionar a la prueba el documento de resultados y las observaciones.

### 3.3 Ventajas y validación de MProject

MProject, por ser una herramienta basada en una metodología de diseño centrada en el usuario, además de proveer los beneficios propios de este tipo de desarrollos, provee una mejor organización y administración de los proyectos que se desarrollan a través de la metodología MPIU+a, facilita el control de versiones y la gestión de los contenidos, aporta a la calidad en el proceso de desarrollo y brinda soporte a proyectos que se desarrollen bajo equipos de trabajo que se encuentren geográficamente dispersos.

Actualmente MProject es utilizada como herramienta de soporte para la administración de proyectos que se desarrollan en el Laboratorio de Usabilidad de la Universidad del Quindío. Igualmente ha sido útil como herramienta de enseñanza en los cursos de IPO que se imparten en la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación de la misma universidad. El lector puede acceder a la herramienta a través de la siguiente URL <http://www.lacxser.org:8080/Mpiua/usuario/logueo.jsf>.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

Con el desarrollo de MProject se espera que sea utilizado como herramienta de soporte para los grupos de trabajo que desean integrar DCU en sus metodologías de desarrollo. De acuerdo a lo anterior, el colaboratorio de usabilidad [8] será uno de los que integrará la herramienta como soporte a la ejecución de sus proyectos. La posibilidad de integrar aspectos colaborativos, las capacidades de las redes sociales en la herramienta así como la futura integración de herramientas de soporte a la evaluación de la usabilidad y de la experiencia de usuario, serán aspectos clave hacia los que enfocar futuras investigaciones.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido desarrollado en colaboración con las Ing. Danithza Restrepo Corredor y Angee J. Zambrano Gómez, Universidad del Quindío.

#### 5. Referencias

1. Granollers, T., Lorés, J., Cañas, J.J.: Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. Barcelona : UOC (2005)
2. Project Management Institute Inc.: Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos. Pennsylvania : Project Management Institute Inc., (2004)
3. González, M.P., Granollers, T. y Lorés, J.: Métricas predictivas de la usabilidad: un nuevo enfoque para su ponderación cualitativa. [http://griho2.udl.es/publicacions/2005/Usabilidad\\_KDD\\_CEDI2005.pdf](http://griho2.udl.es/publicacions/2005/Usabilidad_KDD_CEDI2005.pdf).
4. Villegas, Maria Lili, Hernández, Hamilton Andrés y Giraldo, William Joseph. Implementación de un ambiente virtual colaborativo - Especificación de un metamodelo de usabilidad. Armenia. (2008)
5. Sommerville, I.: Software Engineering (9th Edition). Addison Wesley. (2010)
6. Nielsen, J. (AlertBox, November 4, 2009) Agile User Experience Projects. <http://www.useit.com/alertbox/agile-user-experience.html>
7. Nielsen Norma Group. Agile Usability: Best Practices for User Experience on Agile Development Projects. 2nd edition. <http://www.nngroup.com/reports/agile/>
8. Collazos, C., Giraldo, W., Villegas, M., Ruiz, A., Granollers, T., Méndez, Y.: Colaboratorio de Usabilidad: Un mecanismo para evaluación colaborativa de la usabilidad, Interacción 2009 (2009)
9. Granollers i Saltiveri, Toni . MPIU+a, Una Metodología que Integra la Ingeniería de Software, La Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el Contexto de Equipos de Desarrollo Multidisciplinares. Phd. Universitat de Lleida, Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics, 2004.

# GeMMINI: Prototipado de interfaces de usuario sobre múltiples dispositivos. Una estrategia basada en Líneas de Producto y MDD

Ignacio Mansanet, Joan Fons, Ismael Torres, Vicente Pelechano

Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software  
Universitat Politècnica de València  
Camí de Vera s/n, 46022 València, Spain  
{imansanet, jjfons, itorres, pele}@pros.upv.es

**Resumen** Actualmente existe una gran diversidad de plataformas, entendiendo como plataforma a la combinación de características hardware y software, donde la cantidad de dispositivos crece día a día ofreciendo nuevos escenarios de interacción persona-ordenador.

Este trabajo presenta GeMMINI, una solución para desarrollar interfaces especializadas para cada tipo de dispositivo, teniendo en cuenta la naturaleza de estos dispositivos. Se propone un enfoque de desarrollo dirigido por modelos, donde, a partir de modelos abstractos de interfaz y descripciones de dispositivos, se obtienen por transformación de modelos, prototipos de interfaces específicas para cada tipo de dispositivo que serán transformadas a implementaciones nativas en la plataforma destino.

**Keywords:** Interfaces de Usuario Multi-Dispositivo; Desarrollo Dirigido por Modelos; Líneas de Producto Software; Modelos de Características.

## 1 Introducción

En los últimos años se ha podido observar la aparición de nuevos tipos de dispositivos móviles de pequeño y mediano tamaño, ofreciendo mecanismos de interacción novedosos. Por ejemplo, las interfaces multi-táctiles se han consolidado como una solución más natural en el ámbito móvil, impulsando la penetración de estos dispositivos. Estos dispositivos móviles se suman a los ya existentes (PCs, portátiles...), y la redefinición de otros (como la TV), para ofrecer mayor interactividad. Dada esta situación, podemos asumir que en la actualidad estamos frente a una gran diversidad de dispositivos con diferentes capacidades y características que nos ofrecen múltiples mecanismos para la interacción persona-ordenador. Esta diversidad, también conocida como “fragmentación de dispositivos”, presenta un reto a la comunidad de Interacción Persona-Ordenador (IPO), que requiere soluciones para construir y mantener versiones de aplicaciones para todos los dispositivos, manteniendo la consistencia entre versiones y el tipo de interacción [1].

Existen propuestas de métodos de desarrollo y generación de aplicaciones e interfaces multi-dispositivo, en las que el resultado final de esta generación se realiza sobre un lenguaje común a todos (por ejemplo HTML o XML) [5]. Esta solución es muy versátil ya que la adaptación la realiza el propio dispositivo, pero, por contra, no permite explotar las características (hardware y de interacción) propias de éste (i.e.: GPS, cámara de fotos, pantallas multi-táctiles, etc.). Estas características, no obstante, pueden introducir mejoras en la usabilidad y los mecanismos de interacción de la aplicación por lo que es recomendable contemplarlas en los procesos de desarrollo. Otras propuestas [2,3] abordan la problemática de la fragmentación de dispositivos atendiendo a criterios de modalidad (i.e: el tamaño de la pantalla) pero no a otros como la interacción o la situación del usuario respecto al dispositivo, los cuales son importantes dado que influyen en la manera en que el usuario interactúa con la interfaz (i.e: teclado físico o virtual).

La aportación de este trabajo es GeMMINI, un método para la obtención de múltiples interfaces de usuario adaptadas a la naturaleza de cada dispositivo. GeMMINI utiliza técnicas del Desarrollo Dirigido por Modelos combinadas con conceptos y técnicas de Líneas de Productos Software que permiten (1) describir de manera abstracta los requisitos de interfaz, (2) describir las variantes de los dispositivos, y (3) transformar modelos y generar código para obtener las implementaciones nativas en los dispositivos. Por último, define un catálogo de patrones que permite representar las correspondencias entre conceptos abstractos de interfaz sobre especificaciones concretas para cada tipo de dispositivo.

## 2 GeMMINI: Desarrollando Interfaces de Usuario en Múltiples Dispositivos

Este trabajo presenta GeMMINI, una solución al desarrollo de interfaces de usuario en múltiples dispositivos que utiliza técnicas del DSDM y conceptos y técnicas de LPS. La Figura 1 muestra los componentes (modelos y transformaciones) y las relaciones entre éstos, que se describen a continuación:

1. **Especificación abstracta de la Interfaz de Usuario.** Descripciones conceptuales (modelos) de interfaces de usuario, que abstraen de problemas relacionados con las características de los dispositivos o plataformas destino y se centran en describir la interfaz del usuario. MOSKitt UIM es el subproyecto dentro de MOSKitt<sup>1</sup> que permite el modelado abstracto de interfaces de usuario. Los constructores abstractos de UIM definen Unidades las que se especifica la Interacción con el usuario, y complementa las descripciones de estructuras de datos (Diagramas de Clases UML), en que se basa para definir la información.
2. **Especificación de las características de los dispositivos.** Descripción de propiedades y variantes de dispositivos mediante modelos de características, centrada en describir aspectos que afecten a la interacción con los usuarios. Estos modelos son ampliamente utilizados para describir el conjunto de productos

---

<sup>1</sup> <http://www.moskitt.org>

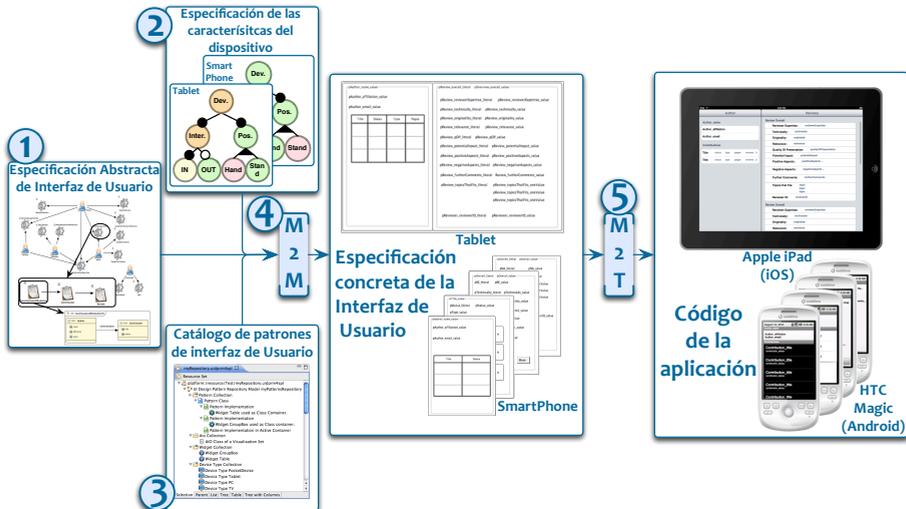


Figura 1 GeMINI. Componentes del método y las relaciones entre éstos

- derivados de una LPS en términos de características [4]. Nos basamos en una ontología propuesta en [2] que especifica algunos aspectos de interacción, como la entrada por voz o ratón o la salida por proyector o pantalla. Se propone una extensión que refina los modos de entrada y salida, e incorpora otras como el manejo del dispositivo (1 ó 2 manos) o su posición (cerca o lejos del usuario).
- 3. Catálogo de patrones de interfaz.** Catálogo de soluciones específicas para cada dispositivo a partir de conceptos abstractos de interfaz. Permite configurar la transformación que obtiene los bocetos. Se diferencian 4 tipos de entidades: los controles para construir los bocetos, los objetos abstractos de interfaz (AIO), los dispositivos, y los patrones que proponen una solución (en forma de widgets) para cada AIO, aportando diferentes implementaciones en función del dispositivo.
  - 4. Transformación M2M para obtener bocetos.** Genera modelos de bocetos de interfaz de usuario específicos para cada dispositivo. La transformación analiza el modelo UIM en busca de los constructores abstractos. Para cada uno busca las implementaciones en el catálogo que sean adecuadas para el dispositivo. En caso que exista más de una implementación válida, se consultará al analista, para que elija una implementación. El resultado será un modelo Sketcher. MOSKitt Sketcher es otra herramienta del entorno MOSKitt desarrollada para introducir técnicas para la creación de bocetos en el desarrollo de interfaces de usuario.
  - 5. Transformación M2T que genera el código de la interfaz.** Generación de la interfaz de usuario a partir de los bocetos y la plataforma destino.

En [6] se puede consultar la aplicación de GeMINI a un caso práctico: un Sistema de Revisión de Conferencias. Este sistema da soporte al proceso de envío, revisión y notificación de resultados para artículos de investigación en conferencias.

### 3 Conclusiones y Trabajos Futuros

La gran cantidad y diversidad de dispositivos existentes el mercado presentan un amplio abanico de oportunidades de negocio al tiempo que un reto para los desarrolladores de aplicaciones. Existen propuestas que proveen mecanismos para obtener interfaces multi-dispositivo basadas en el uso de un lenguaje común a todos los dispositivos. Pero su naturaleza genérica causa que no se aprovechen las características específicas de cada dispositivo en particular, ya que existen muchos de ellos que no permiten el acceso a ciertas características si no es utilizando los mecanismos que provee el propio sistema operativo presente en el dispositivo.

GeMMINi propone una aproximación que permite el desarrollo de interfaces para múltiples dispositivos partiendo de una especificación abstracta común, abordando el problema de obtener una especificación concreta para cada dispositivo en base a sus características. Los modelos de características nos permiten especificar las capacidades de cada dispositivo, en base a criterios relacionados con la interacción. El uso de los modelos abstractos de interfaz junto con un catálogo de patrones de diseño, permite ofrecer diversas opciones de implementación para un mismo AIO.

Los trabajos futuros son: (1) completar la propuesta definiendo la transformación para la generación de implementaciones nativas, (2) refinarla introduciendo mayor expresividad sobre características de dispositivos y (3) validar la propuesta desarrollando nuevos casos de estudio en otros tipos de dispositivos.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado con el soporte del MICINN en el marco del proyecto EVERYWARE TIN2010-18011 y cofinanciado con fondos FEDER.

#### Referencias

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* 15, pp. 289–308 (2003)
2. Clerckx, T., Vandervelpen, C., Coninx, K.: *Engineering Interactive Systems. chap. Task-Based Design and Runtime Support for Multimodal User Interface Distribution*, pp. 89–105. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2008)
3. Gajos, K., Weld, D., Wobbrock, J.: Automatically generating personalized user interfaces with SUPPLE. In: *Artificial Intelligence vol: 174 2010*, pp. 910–950. Springer Berlin (2010)
4. Kang, K.C., Cohen, S.G., Hess, J.A., Novak, W.E., Peterson, A.S.: *Feature oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study*. Tech. rep., Carnegie-Mellon University Software Engineering Institute (1990)
5. Limbourg, Q., Vanderdonckt, J., Michotte, B., Bouillon, L., López-Jaquero, V.: USIXML: A Language Supporting Multi-path Development of User Interfaces. In: *Proc. of EHCI '05, LNCS*, vol. 3425, pp. 200–220. Springer Berlin (2005)
6. Mansanet, I., Fons, J., Torres, I., Pelechano, V.: *Aplicación de GeMMINi a un caso práctico: Sistema de Revisión de Conferencias*. Tech. rep. (2011), <http://www.pros.upv.es/technicalreports/ProS-TR-2011-08.pdf>

## **Experiencias en la empresa**



## Interacción natural sin marcas

Carina S. González, David Cabrera, Jose Sigut, Melvin Gutierrez

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática y Arquitectura y Tecnología de computadores  
La Laguna, Tenerife, Spain.  
cjgonza@ull.es

**Abstract.** Este artículo describe un sistema de interacción natural que simula el funcionamiento de un espejo interactivo en donde un sujeto u objeto puede apreciar en tiempo real los efectos de agentes externos producen sobre el mismo y las causas o acciones que desatan estos efectos. Es un sistema de bajo coste y de fácil uso, personalización y configuración, lo cual lo hace aplicable a diferentes sectores de explotación, especialmente en el ámbito de la educación para demostraciones interactivas. El sistema no utiliza marcas y realiza la detección y proyección de efectos en tiempo real. Para el desarrollo de este sistema se ha inventado y desarrollado una tecnología que originó una solicitud de patente ES200901210.

**Palabras clave:** IPO, Interacción natural, Realidad aumentada

### 1 Introducción

Actualmente existen diversos dispositivos y procesos para la generación de contenido, animaciones o efectos visuales dentro de un espacio delimitado por la silueta de un objeto o sujeto. Estos dispositivos y procesos permiten que el usuario conozca, por ejemplo, la apariencia que tiene ese objeto o el mismo usuario cuando se le cambian determinadas condiciones. De esta forma, un sujeto puede comprobar cómo le sientan, por ejemplo, unas determinadas gafas sin necesidad de disponer físicamente de las mismas, sino que se muestra en una pantalla, el aspecto que tendría si las utilizase. De igual forma, se utilizan para la interacción con distintos tipos de peinado, o de prendas de vestir. La utilización de este tipo de sistemas tiene usos diversos, en automoción para observar la apariencia externa o interna de un vehículo, color, tapizado, disponiendo sólo de un único elemento físico.

Sin embargo, estos dispositivos presentan el inconveniente que los efectos visuales mostrados o bien no se ajustan a sujetos u objetos cuando estos se encuentran en movimiento o bien para la detección del movimiento es necesario que el sujeto u objeto disponga de determinadas marcas como prendas de un color determinado, sensores en el cuerpo, etc.

Algunos de estos sistemas se utilizan para la navegación en la pantalla a través de un cursor dependiendo del estado de un objeto detectado por una cámara. El sistema

de control controla el movimiento del cursor en la pantalla y determina cuando este cursor es seleccionado mediante el estado de un objeto. De esa forma se pretende mover el cursor y navegar en un rango de movimientos equiparados a acciones del ratón. Por otra parte, solo se aplica a una parte detectada como objeto, cogen un punto de referencia y fijan los límites, y desde ahí calculan el movimiento realizando proyecciones basadas en los puntos de referencia. Sin embargo, no aplican efectos especiales ni utilizan la técnica del análisis y procesamiento de imágenes con filtros de optimización en tiempo real, como ocurre en el sistema que presentamos, en donde se realizan los cálculos en tiempo real.

Por otro lado, otros sistemas utilizan marcas activas y pasivas de referencia como identificadores, tales como guantes, colores en el cuerpo, o por ejemplo, los movimientos detectados se realizan con respecto al punto de referencia en matrices de 4x4 dimensiones utilizando varias cámaras de entrada y reconociendo los movimientos con una base de datos de gestos [1,2,3]. De forma similar, otros sistemas utilizan para la detección del movimiento al menos dos imágenes provenientes desde distintos ángulos para determinar las posiciones en 3D del cuerpo de una persona y se realiza una representación de su volumen. La estructura de la solución implica la utilización de contenido 3D en los sensores, la adquisición, procesamiento, modelado, extracción de parámetros, calibración, etc. [4,5,6]. La solución propuesta en este trabajo es una solución 2D que requiere únicamente un solo dispositivo de entrada.

Otros sistemas utilizan una base de datos de imágenes provenientes de resonancia magnética que proveen de los puntos de referencia asociadas al sujeto, utilizando dispositivos externos como “marcas” al sujeto que permiten identificar la zona donde se actuará [7,8,9,10,11]. Estos sistemas se utilizan para la visualización de intervenciones con realidad aumentada [12, 13]. En este caso, además de la visión estereoscópica se necesita un preprocesamiento de las imágenes de referencia y nuevamente las marcas sobre el objeto/sujeto para el reconocimiento del movimiento.

A continuación se describirá la solución desarrollada con las diferencias encontradas respecto a las soluciones anteriormente descritas y un caso de aplicación, así como algunos resultados obtenidos sobre el grado de satisfacción del usuario y eficiencia del sistema propuesto.

## **2 Nuestra propuesta**

Nuestra propuesta se diferencia de los sistemas descritos en la sección 1 tanto en la aproximación al transformar la silueta en un esqueleto, identificando distintas partes del cuerpo y creando un vector que analiza la cantidad de movimiento en las mismas, como en la utilización de las técnicas y filtros para poder obtener la solución de detección y proyección (transformación lineal de Hough, filtro Kalman para el seguimiento del tiempo, transformada de Fourier para la extracción de características del movimiento y frecuencia, etc.) Por tanto, el sistema que proponemos permite la aplicación de efectos visuales en objetos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas, logrando una interacción natural entre el objeto o el sujeto y los dispositivos de entrada y de salida para lo que se utilizan técnicas de visión por computador. El sistema está compuesto de un:

- Un dispositivo de entrada que permita la captura de imágenes, en cualquier formato y en tiempo real, que disponga de una interfaz de acceso al flujo de datos capturado. Dependiendo del tipo de dispositivo, se pueden controlar y realizar ajustes en tiempo real sobre el flujo de datos capturado tales como: resolución, tamaño y calidad de la entrada, así como propiedades como, brillo, contraste, saturación, etc.
- Un escenario configurado de tal forma que la iluminación y el fondo estén controlados. El escenario debe contener la iluminación y el fondo que serán utilizados para la configuración de los parámetros iniciales de los filtros de procesamiento de imágenes. Este escenario no debe contener "falsos" objetos en el fondo, es decir, sombras u objetos en movimiento diferentes de aquél en el que queremos aplicar los efectos visuales.
- Un módulo de procesamiento de imágenes en tiempo real y detección de movimiento a través de filtros. El módulo de procesamiento de imágenes contendrá los filtros que se utilizarán para detectar, analizar y aplicar los distintos efectos visuales en las imágenes en tiempo real.
- Un dispositivo de salida en donde se proyectan las imágenes procesadas. El dispositivo de salida puede ser cualquier visualizador de imágenes: pantallas de ordenador, proyector, televisión, etc.

Como ventaja técnica se debe mencionar que la interacción entre el objeto o sujeto y los dispositivos de entrada y salida, se realiza sin marcas en el objeto o sujeto, por lo que es no invasiva y no intrusiva. De esta forma el objeto o el sujeto interactúa con su propio cuerpo y con sus movimientos naturales si este se encuentra en movimiento.

Esta tecnología puede aplicarse para generar contenidos donde un observador externo, o el propio objeto/sujeto aprecien cómo actúan agentes externos o acciones realizadas en/con/sobre el cuerpo. Por ejemplo se pueden generar efectos visuales relacionados con las prendas, de tal forma que un sujeto aprecie el aspecto de una prenda sobre su figura y cómo estas prendas se ajustan al movimiento que el sujeto realiza. También pueden mostrarse aspectos relacionados con el cabello, con la anatomía interior del cuerpo humano o cualquier otro evento, efecto gráfico o animación que se desee. Dichos eventos, efectos gráficos o animaciones son aplicados en el cuerpo en tiempo real.

Para el funcionamiento del sistema se necesita la aplicación de diferentes algoritmos que forman parte de cada uno de los filtros implementados en el módulo de procesamiento de imágenes en tiempo real y detección de movimiento. Se tienen dos tipos de filtros fundamentales: filtros de detección y filtros de proyección. Donde los filtros de "detección" consisten en: a) un filtro objeto que permite la detección de la zona ocupada por el sujeto y b) un filtro de movimiento que permite la detección de movimientos/acciones del sujeto. Por otra parte, los filtros de proyección que se han desarrollado son: a) efecto halo, b) efecto desaturado, c) efecto reproducción de animación en zona dentro del objeto o sujeto y seguimiento de movimiento.

Todos los filtros son inicializados con una serie de parámetros que pueden variar según condiciones de iluminación, tamaño y efecto a conseguir. Se pueden incluir de 1 a n filtros y configurarlos. Para la visualización, se redimensionan nuevamente a la resolución adecuada al dispositivo de salida utilizado en cada caso.

Para la aplicación de efectos visuales en cuerpos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas mediante el uso de un dispositivo se utiliza el siguiente procedimiento:

- *Etapa 0:* Control y definición de las condiciones iniciales de: iluminación, resolución del dispositivo de entrada, fondo y situación del objeto en el lugar predefinido.
- *Etapa 1:* Detección en tiempo real de la imagen captada por el dispositivo de entrada, considerando color y/o movimiento mediante la aplicación de filtros definidos.
- *Etapa 2:* Análisis en tiempo real de la imagen para la separación de la silueta del sujeto/objeto del fondo mediante la aplicación de filtros definidos.
- *Etapa 3:* Reconocimiento y almacenamiento de la silueta del sujeto/objeto.
- *Etapa 4:* Aplicación de máscaras sobre la silueta del sujeto/objeto mediante la aplicación de filtros definidos.
- *Etapa 5:* Detección de las secuencias de las eventos/acciones preprogramadas.
- *Etapa 6:* Según las acciones/eventos que se hayan detectado, determinación de los efectos visuales y activación de los mismos.
- *Etapa 7:* Aplicación de efectos visuales en la silueta que permite la generación de efectos visuales sobre la imagen del sujeto/objeto.

## **2.1 Caso de aplicación: demostración interactiva del producto ACTIMEL**

El objetivo principal del caso de aplicación es mostrar como se encuentra el aparato digestivo de una persona antes de beber y después de beber una determinada sustancia líquida, de tal forma que la persona observe en el dispositivo de salida, un efecto visual animado en el interior de su cuerpo.

Para realizar esta aplicación las tareas desarrolladas fueron: a) el análisis y definición del proyecto (requisitos, técnicas, herramientas y dispositivos), b) el estudio del control del multimedia mediante movimiento y la utilización de objetos teniendo en cuenta la forma y/o el color, c) el análisis y definición de los escenarios y perfiles de usuario, usos y contextos, factores de ergonomía y factores del entorno que influyen la interacción (luminosidad, posición de las cámaras, etc.), d) el diseño, desarrollo y validación del sistema con usuarios, e) la programación de la interacción: reconocimiento de patrones (movimiento, formas, color) en contexto y aplicación de máscaras, filtros y animación adaptada a la forma del sujeto, f) los efectos especiales interactivos (animación + programación) y g) el diseño gráfico interfaces, animaciones tradicionales y material audiovisual para Actimel.

El sistema que permite la aplicación de efectos visuales en objetos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas, en este caso estuvo formado por: a) un dispositivo de entrada (webcam), b) un escenario controlado (habitación de 3 m. de largo por 2 m. de ancho; fondo croma (color azul ó verde) e iluminación "luz de día" -temperatura de color de entre 5.600 K y 6.000 K); c) un dispositivo de salida (proyector LCD haz de luz rectangular) y d) un dispositivo de

procesamiento CPU de un ordenador portátil en el que se han implementado los filtros de detección y los filtros de proyección descritos anteriormente.

Como se ha indicado anteriormente, en primer lugar, se ha de fijar el fondo, la iluminación, y establecer los umbrales y parámetros iniciales para los filtros de procesamiento de imágenes. Los umbrales dependen de los colores y contrastes capturados por el dispositivo de entrada. La correcta definición de los umbrales influye en la precisión de la detección.

Se debe considerar que unos umbrales con valores más altos que los establecidos como correctos harán que la silueta del sujeto obtenida presente manchas en el interior del contorno definido por la silueta, estas manchas se interpretan como fondo, mientras que unos umbrales con valores más bajos presentarán manchas en el fondo de la imagen confundiendo como parte del sujeto. Esto afecta especialmente en la reproducción del efecto visual en el interior del contorno definido por la silueta del sujeto y en el filtro de detección de movimiento.

A continuación se sitúa al sujeto en el escenario anterior y se le hace posicionarse frente a la cámara tomando como referencia la visualización frente al proyector LCD, que el sujeto interpreta como si fuese un espejo. La imagen del sujeto es proyectada.

Acto seguido, se aplica el filtro de detección de sujeto, realizando el recorte de la figura del fondo. Esta máscara del sujeto se utiliza como referencia para aplicar un filtro de efecto visual "desaturado", creando la impresión en el sujeto de una pérdida de color, que es interpretado de manera imaginaria como una posible deshidratación.

A continuación el sujeto debe realizar la acción de tomar el líquido, para lo cual coge una botella y aproxima la misma a la boca. Esta acción se detecta mediante el filtro de máscara de movimiento. La acción beber es interpretada por las posiciones prefijadas de punto inicial y final en los marcos o "frames", tal como se indicó anteriormente en la explicación del funcionamiento de este filtro. Al detectarse la acción, se dispara la aplicación del filtro de efecto visual de reproducción animación en zona dentro del sujeto y seguimiento de movimiento. Dentro de la zona de reproducción, se muestra la animación deseada, por ejemplo, de unas bolitas cayendo por el cuerpo y su expansión dentro del cuerpo (caen por la garganta hasta el intestino y allí se expanden), tal como puede observarse en la figura 1.



**Fig. 1.** Proyección de animación sobre un sujeto con adaptación automática a las características del usuario

El sujeto puede moverse en el escenario y la animación seguirá su movimiento y se reajustará a su tamaño gracias al filtro anterior. Cuando termina esta animación, se dispara el siguiente filtro de efecto visual de halo, en donde se dibuja un halo de color sobre la silueta del sujeto con las características predefinidas, tal como puede observarse en la figura 2.

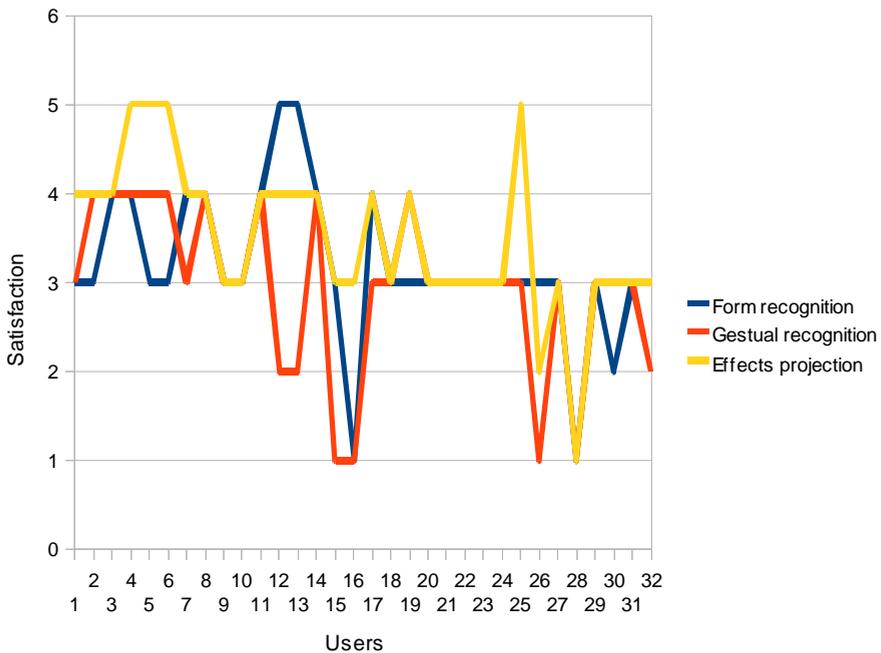


**Fig. 2.** Efecto “halo” proyectado sobre el usuario

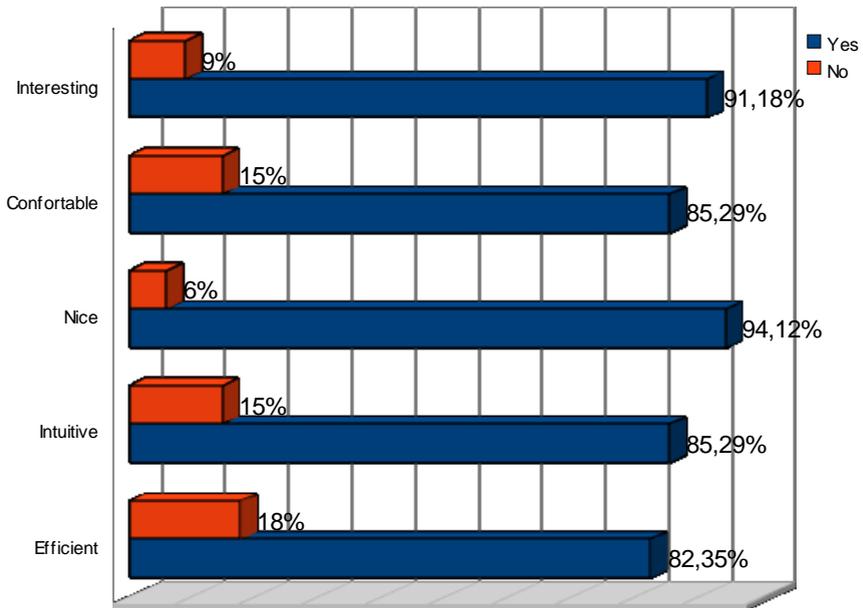
En todo momento el sujeto puede moverse en el escenario y los efectos se ajustarán a sus movimientos. Esto se debe a que el análisis y procesamiento de imágenes se hacen "frame" a "frame" en tiempo real.

## 2.2 Validación

La validación fue realizada desde las pruebas de laboratorio hasta la puesta en marcha del sistema en el mercado con distintos perfiles de usuarios (niño, adulto, senior) y a los distintos efectos producidos sobre su imagen. La muestra estuvo constituida por 34 individuos de edades entre 10 y 60 años, siendo 12 mujeres y 22 hombres. Las pruebas dieron resultados altamente satisfactorios en cuanto a la robustez del sistema y a la satisfacción de los usuarios respecto a su uso, tal como puede observarse en la figura 3 y la figura 4.



**Fig. 3.** Grado de satisfacción del usuario relacionada a la eficiencia del sistema en un intervalo de 1-mínimo a 5-máximo



**Fig. 4.** Satisfacción del usuario relacionado al sistema



**Fig. 5.** Experiencia Actimel en centros comerciales, visto desde fuera de la cabina.

El sistema "Mirror Effect" fue puesto en el mercado en Mayo de 2009 en el Centro Comercial ALCAMPO La Villa, en La Orotava, Tenerife (figura 5). Se calcula que un promedio de 100-130 personas hicieron uso del sistema por día durante los meses en funcionamiento. Entre los meses de mayo a julio de 2009 y de 2010 el sistema fue

llevado a distintos centros comerciales de la isla de Tenerife (Carrefour, ALCAMPO La Laguna, etc.) y en la isla de Gran Canaria, obteniéndose iguales resultados en su acogida. Por otra parte, la empresa DANONE Canarias constató incrementos en las ventas del producto Actimel durante los periodos de promoción.

### **3 Conclusiones**

En este artículo se ha presentado un sistema que permite la aplicación de efectos visuales en objetos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas caracterizado por: a) un dispositivo de entrada que permite la captura de imágenes, b) un escenario configurado con iluminación y fondo controlado, c) un dispositivo de procesamiento de imágenes en tiempo real y detección de movimiento y d) un conjunto procedimientos utilizados para detectar, analizar y aplicar efectos visuales en los objetos o sujetos en tiempo real que comprende la aplicación de filtros de detección y filtros de proyección y, por último, d) un dispositivo de salida donde se proyectan las imágenes procesadas.

Por otra parte este sistema permite la aplicación de efectos visuales en objetos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas a través de los siguientes filtros de detección: a) un filtro objeto que permite la detección de la zona ocupada por el objeto y b) un filtro de movimiento que permite la detección de acciones o movimientos desarrollados por el objeto.

Este sistema permite la aplicación de efectos visuales en objetos o sujetos estáticos o en movimiento en tiempo real sin necesidad de marcas, que como hemos visto en el caso del sistema para la demostración del funcionamiento del producto ACTIMEL se emplea un filtro de movimiento para detectar la acción de beber realizada por un sujeto y la aplicación de efectos visuales a través de diferentes filtros de proyección (efecto halo, efecto desaturado, reproducción de una animación en una zona interior del contorno del objeto que acompaña al movimiento y se adapta dinámicamente al usuario).

La tecnología presentada en este artículo esta siendo mejorada con el uso de nuevos sensores salidos al mercado recientemente (tipo KINETIC) y nuevas técnicas de detección y proyección para su utilización en el ámbito de videojuegos educativos para niños hospitalizados en el marco del proyecto VIDEM (Videojuegos Educativos Motores para menores hospitalizados), Ref. EDU2010-200010 financiado por del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

### **Agradecimientos**

Este sistema ha sido financiado mediante un contrato empresarial de la empresa DANONE Canarias y el equipo de investigación del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de La Laguna y fue seleccionado caso de éxito de transferencia empresarial por la red de Oficinas de Transferencia de Investigación (OTRIs) de las universidades españolas en 2009.

## Referencias

1. Feng Zhou, Henry Been-Lirn Duh, Mark Billinghurst. Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR*. Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on.
2. T. Auer and A. Pinz. Building a hybrid tracking system: Integration of optical and magnetic tracking. In *IWAR '99*, pp.13-22, 1999.
3. R.T. Azuma. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperator and Virtual Environments* 6:4, 355-385, 1997.
4. R.T. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 21:6, 34-47, 2001.
5. S. Gupta and C.O. Jaynes. The universal media book: tracking and augmenting moving surfaces with projected information. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '06*, page 177-180, 2006.
6. G. Klein and T. Drummond. Robust visual tracking for noninstrumented augmented reality. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '03*, pp. 113-122, 2003.
7. G. Klein and D. Murray. Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '07*, pp. 225-234, 2007.
8. G. Klinker, R. Reicher and B. Brugge. Distributed user tracking concepts for augmented reality applications. *ISAR'00*, pp. 37-44, 2000.
9. I. Skrypnik and D.G. Lowe. Scene modeling, recognition and tracking with invariant image features. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '04*, pp. 110-119, 2004.
10. S. White, L. Lister, and S. Feiner. Visual hints for tangible gestures in augmented reality. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '07*, pp. 47-50, 2007.
11. X. Zhang, S. Fronz and N. Navab. Visual marker detection and decoding in AR systems: a comparative study. In The IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality *ISMAR '02*, pp. 97-106, 2002.
12. Giuseppe Riva, Lucio Gamberin. Virtual reality as telemedicine tool: technology, ergonomics and actual applications. *Journal Technology and Health Care* archive Volume 8 Issue 2, July 2000 IOS Press Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, 2000.
13. H. Hoffman and M.A. Murray, Anatomic VisualizeR: realizing the vision of a VR-based learning environment, in: *Medicine meets virtual reality: The convergence of physical and informational technology*, J.D. Westwood, H.M. Hoffman, R.A. Robb and D. Stredney, eds., IOS Press, Amsterdam, 1999, pp. 134–139.

## Experiencia Interuniversitaria en el Diseño de Sistemas Interactivos Automatizados

Alejandro Chacón<sup>1</sup>, Pere Ponsa<sup>2</sup>,  
Álex Pérez<sup>2</sup>, Ramon Vilanova<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército ESPE. Av Gnral Rumiñahui S/N Campus ESPE. Sangolqui-Ecuador,  
alejandrochacon2010@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Diseño de Sistemas Interactivos, EPSEVG, Av. Víctor Balaguer s/n, Vilanova i la Geltrú, 08800, Barcelona-España, pedro.ponsa@upc.edu,  
alexandre.perez.fernandez@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Telecomunicaciones e Ingeniería de Sistemas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería ETSE, UAB, 08193 Bellaterra, Barcelona-España  
ramon.vilanova@uab.cat

**Abstract.** Este trabajo presenta una experiencia colaborativa en el ámbito de la aplicación del diseño de sistemas interactivos automatizados. El seguimiento de directrices de diseño de interfaces ha permitido disminuir la complejidad de la interfaz de supervisión y facilitar el acceso a la gestión de las alarmas del sistema.

**Keywords:** Diseño centrado en la persona, Automatización, Evaluación.

### 1 Introducción

La norma ISO 13407 y su nueva adaptación ISO 9241-210 sobre procesos de diseño centrado en las personas para sistemas interactivos, propone el marco metodológico adecuado para enfocar las tareas colaborativas que se están llevando a cabo [1].

El departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) lleva a cabo un despliegue en el área de control y automatización. La parte práctica se lleva a cabo en el Laboratorio mediante el uso de un sistema de entrenamiento denominado CIM-2000 Mecatrónica [2].

El sistema de entrenamiento CIM-2000 incorpora algunos equipos de “mini-fabricación” (tales como pequeñas máquinas de Control Numérico Computerizado CNC, manipuladores, controles de procesos y pequeños robots industriales). Cada curso académico el proyecto global se divide en estos seis subproyectos. Una medida de 20 estudiantes por curso académico disponen de 4 meses para su elaboración.

La segunda sección muestra el modelo de proceso en el que se muestra la estructura de esta colaboración. La tercera sección muestra la evaluación de los prototipos de interfaces mediante la aplicación de la guía ergonómica de diseño de interfaz de supervisión, GEDIS. La cuarta sección muestra la fase de evaluación del rendimiento del sistema. Finalmente, conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Modelo de Proceso

El ámbito de las tareas a realizar es el ámbito académico pero con la finalidad de reducir la distancia entre el mundo académico y la vida profesional utilizando un sistema didáctico que emula los sistemas de fabricación industriales. En este sentido el estudiante adquiere el rol de operario de mantenimiento, control, supervisión. El profesorado adquiere el rol de jefe de proyectos, supervisor.

Mediante conversaciones previas presenciales entre los autores de este trabajo en el año 2010 se detectan una serie de requerimientos a tener en cuenta en las primeras fases del desarrollo de proyectos:

- Por la experiencia del profesorado, el sistema CIM 2000 muestra que es posible franquear la transición entre automatización y dirigirse en dirección a la supervisión humana de procesos controlados
- El diseño de la interfaz de supervisión de cada estación y del sistema total siguiendo directrices basadas en los conocimientos y técnicas de ergonomía y factores humanos

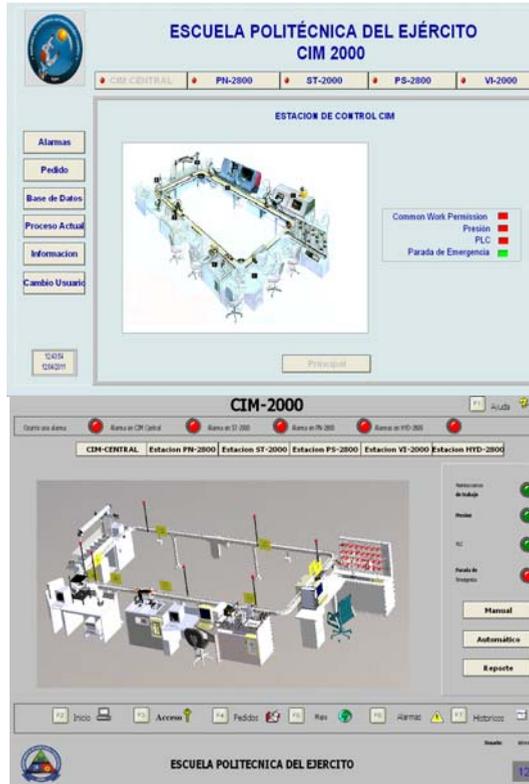
EL procedimiento para integrar las actividades colaborativas entre integrantes de distintas universidades y con la dificultad añadida de temporalizaciones diferentes en Ecuador y España respecto a la duración de las asignaturas semestrales se ha llevado a cabo desde marzo de 2010 hasta la actualidad.

La siguiente sección muestra con más detalle cómo se produce la evaluación mediante la guía GEDIS de los dos prototipos evaluados.

## 3 Evaluación de prototipos de interfaces del sistema CIM2000

Se ha realizado la aplicación de la guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión, GEDIS, para los dos prototipos de la interfaz del sistema CIM 2000 evaluados (prototipos P1 y P2 respectivamente) [3]. La suma ponderada, con todos los indicadores de la guía ofrece un valor del prototipo P1 (septiembre 2010) de interfaz de 2,4 y un valor del prototipo P2 (marzo de 2011) de interfaz de 4,4. La mejora se ha producido en nueve de los diez indicadores: y en uno de diez indicadores el valor se muestra constante con un valoración alta 3,5, en una escala de 0 a 5). En total, se ha mejorado y revisado las 40 pantallas que conforman la aplicación gráfica. Los aspectos más relevantes que se han mejorado son:

- En pantalla no quedaba claro el modo de operación del usuario. Mediante una buena agrupación de estos modos y un mejor uso de los símbolos e iconos se ha logrado homogeneizar la intervención del usuario en la interfaz
- En la interfaz, la presentación de las alarmas de las estaciones quedaba oculta por varias capas de navegación. Se ha mejorado la visibilidad de los indicadores de alarma y se ha generado un acceso directo a la pantalla de alarmas y al reconocimiento de las mismas por parte del usuario, evitando que el usuario deba recordar cómo se accedía a esa información.



**Fig. 1.** Pantalla principal del prototipo P1 (arriba) y P2 (abajo) realizadas por los estudiantes

## 4 Evaluación del rendimiento

Des del punto de vista de analizar el rendimiento del sistema, la primera propuesta de evaluación consiste en evaluar la efectividad (éxito en el desarrollo de tareas), eficiencia (tiempo y recursos invertidos) y satisfacción (valoración subjetiva). El proyecto CIM2000 tiene como objetivos dotar de las siguientes características al laboratorio: 1 Integración total de las estaciones mediante una red LAN, 2 Un sistema HMI grafico, 3 Una base de datos del sistema con datos estructurales del CIM-2000, 4 Un sistema de reportes para análisis y estadísticas. Basados en estos objetivos tenemos los resultados resumidos en la siguiente tabla.

Los resultados mostrados en la tabla 1 indican el cumplimiento de los objetivos 2 y 4, para el objetivo1 indicamos el cumplimiento en el 50% pues no se logró obtener un funcionamiento integrado eficiente entre las estaciones del laboratorio. El objetivo 3 necesita mejorarse empleando un servidor de base de datos y usando una base de datos como INSQL. Para analizar los objetivos se han comprobado las siguientes características de las estaciones, empezando por funcionalidad, diseño de interfaz, calidad de la programación y generación de documentación técnica (véase Tabla 2)

ESTACION OBJETIVOS	CIM Principal	Neumática	Almacén	Control	Visión	Robótica
1	50%	50%	50%	50%	50%	50%
2	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	80%	80%	80%	80%	80%	80%
4	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**Tabla 1.** Resultados alcanzados en los objetivos propuestos en el Lab CIM2000.

ESTACION OBJETIVOS	CIM Principal	Neumática	Almacén	Control	Visión	Robótica
Funcionamiento	regular	Buena	buena	buena	Regular	buena
Interfaz diseñada	Buena	Buena	buena	buena	Buena	buena
Documentación	regular	Regular	regular	regular	Regular	regular
Programación	regular	Buena	buena	buena	Regular	buena

**Tabla 2.** Características operativas del CIM2000.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se aborda la experiencia interuniversitaria entre integrantes de universidades españolas y profesorado y estudiantes de la universidad ESPE en Ecuador. La finalidad principal es la de abordar el diseño de sistemas complejos mediante los procedimientos que se indican en las normas internacionales desde la perspectiva de la ergonomía. La primera tarea colaborativa que se ha llevado a cabo es el diseño ergonómico de interfaz de supervisión. Los resultados muestran que los estudiantes han utilizado con eficacia la guía GEDIS y eso abre una línea de trabajo en la que se muestra que mediante leves indicaciones y soporte, el usuario final es capaz de integrar procedimientos orientados hacia la calidad en sus tareas.

**Acknowledgments.** Con el soporte económico del programa CICYT DPI2010-15230.

## Referencias

1. ISO. International Organization: ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction-- Part 210 Human centred design for interactive systems, 2010. Enlace URL: <http://www.iso.org/iso/>
2. Degem System: CIM2000 Mechatronics, (1995).
3. Ponsa, P., Díaz, M.: Creation of an ergonomic guideline for supervisory control interface design. D. Harris (Ed.) Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, LNCS, Vol 4562/2007, pp. 137-146, (2007).

## **Caso práctico: Estudio de una plataforma CRM (*Customer Relationship Management*) en su versión de distribución gratuita y su versión profesional de pago**

Manolo Fernández, Eva Villegas, Marc Pifarré

GTM Grup de Recerca en Tecnologies Mèdia  
La Salle, Universitat Ramon Llull  
Quatre Camins, 30  
08022 Barcelona, España  
{evillegas, mpifarre}@salle.url.edu

**Resumen.** El estudio que se presenta en este artículo pretende obtener conclusiones de usabilidad mediante la evaluación de la experiencia de usuario de un producto CRM (*Customer Relationship Management*) en sus dos ámbitos: versión gratuita y versión profesional. El objetivo del test consiste en valorar la aportación de la versión profesional respecto a la versión gratuita en términos de facilidad de uso y tiempo de aprendizaje. Para ello ha llevado a cabo un test de tareas con dispositivo Eyetracker con dos perfiles de usuario, los que han utilizado las dos versiones de la herramienta y otro grupo de usuarios que no han utilizado nunca el *software*.

**Palabras clave:** usabilidad, experiencia de usuario, Eyetracker, test de tareas, estudio comparativo

### **1 Introducción**

El CRM<sup>1</sup> es un programa utilizado en las empresas para gestionar a sus clientes. El software está preparado para un negocio B2B por tanto los clientes serán otras empresas, esto es importante porque siempre que se hable de cliente se tiene que tener en cuenta que será una empresa y no una persona física.

En el estudio que se muestra a continuación se analizan las dos versiones que hay del producto; “SugarCommunity Edition” una versión de software libre que se distribuye bajo la licencia “GNU General Public License versión 3” que está publicada por la “Free Software Foundation”, incluyendo los permisos adicionales establecidos en las cabeceras del código fuente y sin ningún tipo de garantía. “SugarProfessional” la cual también está desarrollada en código libre, pero se requiere de una licencia que es de pago anual por usuario para poder utilizarla.

<sup>1</sup> CRM: *Customer Relationship Management* es una filosofía corporativa que busca entender y anticiparse a las necesidades de los clientes existentes y los posibles nuevos clientes.

El método de evaluación utilizado permite observar las diferencias principales entre la facilidad de uso [1] de las dos versiones mostrando las diferencias de eficiencia de cada una de ellas mediante un test de tareas con usuarios profesionales que ya utilizan un tipo de plataforma y usuarios potenciales que no han utilizado todavía éste tipo de sistemas.

## **2 Test de tareas con usuarios mediante tecnología Eyetracker**

El planteamiento del test de tareas se realiza mediante la evaluación de las dos plataformas mediante el dispositivo Eyetracker para realizar un estudio comparativo entre 2 perfiles de usuario[2].

Para llevar a cabo los test se realiza la siguiente planificación metodológica [3] [4]:

- Definición de la muestra de usuarios más adecuada: 4 usuarios potenciales de la plataforma (sin utilización previa de la herramienta) y 4 usuarios profesionales que han utilizado plataformas similares a la evaluada.
- Planteamiento de las 12 tareas: 6 tareas para la versión gratuita y la mismas 6 tareas adaptadas a la versión profesional.
- Pasación del cuestionario SUS<sup>2</sup>
- Pasación del cuestionario de valoración emocional<sup>3</sup>
- Realización del informe de análisis de los datos:
  - Recogida de los datos del test: éxito, fracaso, falso éxito, falso fracaso, tiempo, efectividad, eficiencia, número de accesos, tiempo de aprendizaje, observaciones, comportamiento y literales.
  - Recogida de los datos del Eyetracker: hotspots, gazeplots, imágenes y vídeos por tareas.

## **3 Resultados y análisis**

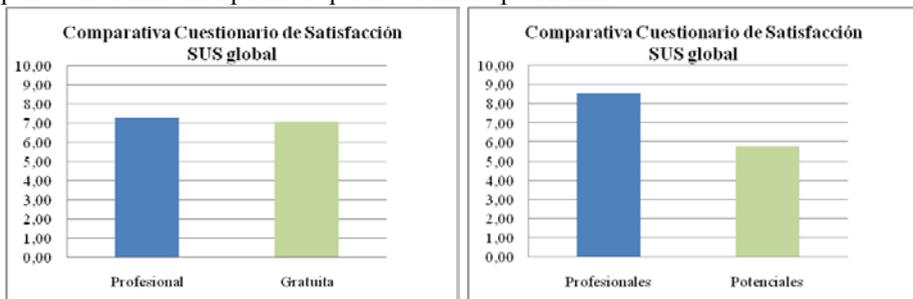
A continuación se muestran los resultados más relevantes del test.

El cuestionario de satisfacción SUS muestra unos resultados prácticamente idénticos entre la valoración de la plataforma gratuita y la plataforma profesional,

<sup>2</sup> El cuestionario de satisfacción SUS es una herramienta que se utiliza para detectar el grado de satisfacción del usuario que realiza el test. Es una metodología desarrollada Digital Equipment Corporation en 1986 y permite precisar de una forma rápida y concisa el grado de aceptación que tiene el sistema utilizado durante una prueba de test.

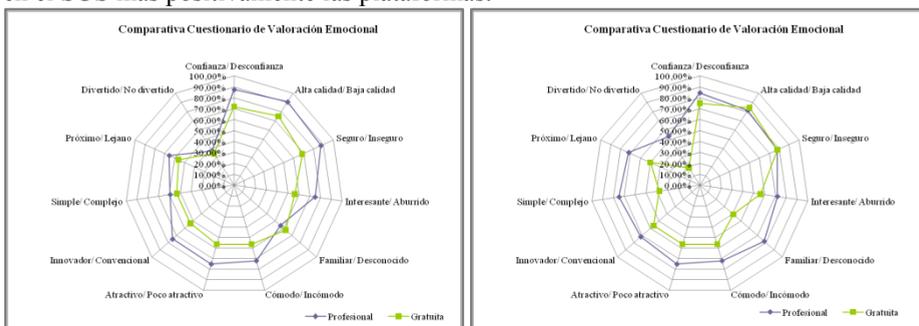
<sup>3</sup> Cuestionario de validación emocional: Se utiliza para calibrar la experiencia emocional del uso del sistema. La obtención de pares de sentimientos se basan en las investigaciones del análisis de clúster de 60 emociones según Schmidt-Atzert, 1980.

pero se pone de relieve que los usuarios profesionales han puntuado por encima de 3 puntos de forma más positiva que los usuarios potenciales.



**Fig. 1.** Cuestionario SUS entre la plataforma profesional y la gratuita en comparación con los resultados de las valoraciones de los usuarios profesionales y potenciales.

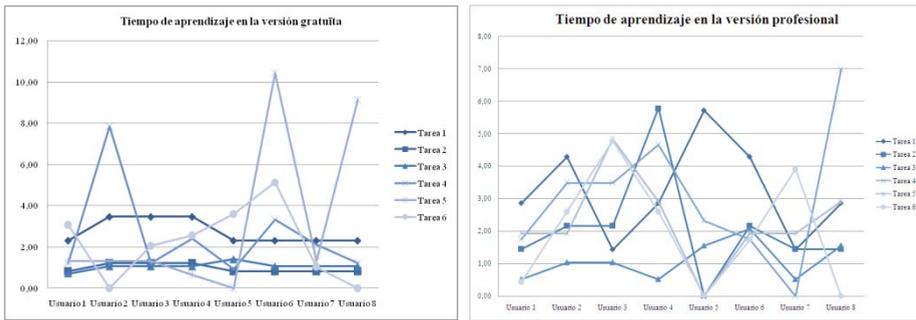
En el cuestionario de valoración emocional se valora más positivamente la versión profesional que la gratuita y los usuarios profesionales valoran, tal y como ha pasado en el SUS más positivamente las plataformas.



**Fig. 2.** Cuestionario de valoración emocional entre la plataforma profesional y la gratuita en comparación con los resultados de las valoraciones de los usuarios profesionales y potenciales.

El resultado de las tareas realizadas con éxito en la versión gratuita es de un 90% teniendo en cuenta un bajo porcentaje de fracaso y de falso éxito. En la versión profesional, en cambio, el porcentaje de éxito es de un 77% contemplando también falsos éxitos y fracasos. Los usuarios potenciales tienen un éxito del 80% y los profesionales de un 87%, es decir, prácticamente se pueden observar los mismos valores. A continuación se muestra el tiempo de aprendizaje<sup>4</sup> entre las dos plataformas donde se puede observar que es superior en el caso de la plataforma gratuita, poniendo de relieve que la plataforma profesional tiene mejor facilidad de uso.

<sup>4</sup> El tiempo de aprendizaje en este caso se ha evaluado mediante la efectividad de la tarea, el tiempo de ejecución y el número de secciones a las que ha accedido el usuario hasta finalizar correctamente la tarea.



**Fig. 3.** Gráfico del tiempo de aprendizaje en la versión gratuita y la versión profesional.

Como ejemplo ilustrativo, se muestran las zonas activas de la página donde se ve claramente la diferencia de navegación entre los usuarios potenciales que buscan el objetivo de tarea por toda la interfaz y los usuarios profesionales que focalizan la búsqueda en el lugar donde creen que van a encontrar el objetivo [5].



**Fig. 4.** Imágenes extraídas del dispositivo EyeTracker. Resultados de la página principal con el objetivo indicado en la tarea 1 de dar de alta un cliente en la plataforma.

## 4 Conclusión

Según los resultados del test, los usuarios potenciales y profesionales [6] realizan las tareas con un porcentaje similar de éxito, pero los profesionales valoran de forma más positiva tanto la navegación web mediante el cuestionario de satisfacción y la valoración emocional mediante los valores emocionales del cuestionario. El tiempo de aprendizaje en la versión profesional es menor poniendo de relieve la mejora de facilidad de uso tal y como se indica en el argumento de venta del producto.

La muestra de dos perfiles de usuario nos permite una evaluación individualizada de la plataforma y una valoración de la experiencia de usuario muy cercana a la realidad de la utilización del CRM valorando así el tiempo de aprendizaje necesario en los dos tipos de *software* y por lo tanto la comparativa de facilidad de uso.

## 5 Referencias bibliográficas

- 1.Hassan Y., Ortega S.: Informe APEI sobre usabilidad (2009)
- 2.Nielsen, J.: “Why you only need to test with 5 users”, <http://www.useit.com>, (2000)
- 3.Villegas E., Pifarre M., Sorribas X.:DCU (Diseño Centrado en Usuario) para rediseño web. Interacción, Barcelona (2009)
- 4.Hassan Y., Martín F., Ghzala I.: Diseño web centrado en el usuario: Usabilidad y arquitectura de la información (2004)
- 5.Hobart J.: Principles of good GUI design (1995)
- 6.Manchon E.: Comportamiento de los usuarios ante un nuevo sitio web: la paradoja del usuario activo (2003)



# Hacia una metodología sistemática de evaluación de la calidad en uso

Santiago Fernández<sup>1</sup>, Francisco Montero<sup>2</sup>, Víctor López<sup>2</sup>, Pascual Gonzalez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SymbiaIT S.L. PCYTA. Paseo de la Innovación 1, 02006, Albacete. España  
santi@symbiait.com

<sup>2</sup>ESII. Universidad de Castilla-La Mancha. 02071 Albacete (España)  
{fmontero, victor, pgonzalez}@dsi.uclm.es

**Abstract.** El principal problema para llevar a cabo procesos de evaluación de la calidad es la experiencia necesaria, ya que la documentación y el nivel de detalle al que se hace su descripción es muy variada. Por ello proponemos una notación gráfica con la que identificar actividades, tareas, roles, informes y herramientas ligados a los procesos de evaluación de la calidad en uso.

**Keywords:** evaluación, proceso, calidad en uso, usabilidad.

## 1 Introducción

El mecanismo que se suele ofrecer a las empresas para garantizar la calidad de sus productos es la certificación de sus procesos (ISO, CMMI...). No obstante, el factor de calidad más tenido en cuenta para determinar el éxito de un software, desde el punto de vista del usuario, es la usabilidad [3].

Existen diversas propuestas que persiguen la calidad en uso a través de procesos software. Estas propuestas identifican la necesidad de incorporar mecanismos de evaluación. Sin embargo, el detalle con el que recogen las actividades de evaluación presenta dificultades para su aplicación por parte de PYMES con experiencia limitada en evaluación de la calidad. Partiendo de algunas de estas propuestas, nos cuestionamos si éstas aportan mecanismos suficientes para la especificación de las tareas a realizar durante un proceso de evaluación. Ante las evidencias en sentido contrario proponemos un mecanismo para la especificación de actividades y tareas.

## 2 Desarrollo y evaluación de productos software interactivos

La *spin-off* SymbiaIT, certificada en ISO 9001, muestra especial interés por la usabilidad de sus desarrollos, lo que la ha llevado a desarrollar actividades adicionales para lograrla. Por ello se revisaron distintas metodologías. En este sentido, de entre las analizadas, hemos seleccionado aquellas que consideran la usabilidad durante el proceso de desarrollo: Gould & Lewis [6], Nielsen [11], Constantine [1], Mayhew [9], Ferré [3], Granollers [4] o Juristo [7]. No obstante, los principios de diseño sugeridos

no se muestran muy intuitivos para los diseñadores. Además, en general, no aportan guías que ayuden a un desarrollador inexperto a aplicarlas. Por otro lado, no aparecen mecanismos de evaluación para la comprobación de los requisitos de calidad en uso. No obstante, encontramos referencias a distintos métodos de evaluación.

También se consideraron propuestas ligadas a actividades de evaluación, como las de Olsina [12], Alva [1] o Ivory [5]. Estas metodologías, orientadas a la evaluación de la usabilidad Web, evalúan el nivel de cumplimiento de diferentes factores de calidad. No obstante, no ofrecen mecanismos para organizar los procesos de evaluación.

Las conclusiones alcanzadas tras revisar estas propuestas ponen de manifiesto la necesidad de potenciar las actividades de evaluación ligadas al propio proceso. Además, se hace necesaria una descripción detallada de estas actividades. Para cubrir estas limitaciones se ha elaborado una propuesta que identifica qué es necesario para dar soporte al proceso de evaluación de la calidad en uso y cómo documentarlo.

### 3 Evaluación de la calidad en uso de productos software

Toda propuesta orientada a evaluar la calidad en uso debe estar caracterizada por elementos que respondan a las preguntas clave de cualquier proceso. En este caso las preguntas que se deben responder para caracterizar el proceso son: ¿qué evaluar?, ¿quién realizará la evaluación?, ¿qué actividades y tareas realizar durante la evaluación?, ¿qué herramientas hay disponibles para realizar la evaluación?, ¿qué resultados se esperan?, ¿qué informes se elaborarán?, ¿a quién irán destinados?.

**Tabla 1.** Elementos necesarios para dar soporte al proceso de evaluación y su presencia en las propuestas revisadas

Elementos	Propuestas consideradas <sup>1</sup>									
	[6]	[11]	[1]	[9]	[3]	[4]	[7]	[13]	[1]	[5]
Actores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓	x
Roles	x	x	✓	✓	x	✓	x	x	x	x
Puntos de vista	x	x	✓(2)	✓(2)	x	✓(2)	✓(2)	✓(3)	✓(3)	✓(2)
Actividades	x	x	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
Tareas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
Resultados	x	x	x	x	x	x	x	✓	✓	x
Herramientas	x	x	x	✓(4)	✓	✓	✓(5)	✓(6)	✓	✓
Soporte	x	✓(7)	✓(7)	✓	✓(7)	x	x	✓	✓	x
Alcance	x	✓	x	x	x	x	✓	✓(8)	✓(8)	✓
Informes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

En la **Tabla 1** se recoge en qué propuestas podemos encontrar los elementos necesarios para dar soporte al proceso de evaluación. En algunas de ellas se consideran actividades de evaluación descritas utilizando lenguaje natural. Esto puede ocasionar que no sean interpretadas como pretendía el autor. Por ello, proponemos

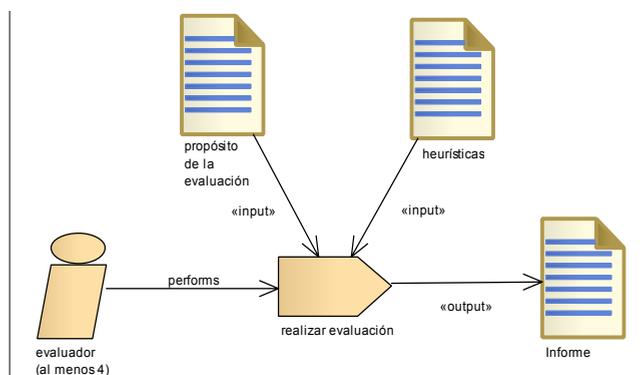
<sup>1</sup> El cumplimiento es parcial: ✓(2): desarrollo, ✓(3) evaluador, ✓(4) plantillas, ✓(5) guías de estilo, ✓(6) software, ✓(7) experto y ✓(8) normas o estándares de calidad

incorporar mecanismos para mitigar esta posible falta de detalle, proponiendo especificaciones más completas que guíen y soporten el proceso de evaluación.

Para la selección de una representación gráfica que de soporte al proceso de evaluación hemos considerado diferentes notaciones: diagramas de actividad UML, SPEM, BPMN o CTT. Notaciones como SPEM y BPMN disponen de elementos que otras notaciones no facilitan. SPEM nació con idea de ser el estándar industrial para la representación de modelos de procesos de ingeniería del software y, en este sentido, las actividades de evaluación son un proceso. BPMN es un estándar de modelado de procesos de negocio, en el que se representan gráficamente las etapas del proceso. Podemos considerar que un proceso de evaluación es aquel conjunto coherente de políticas, estructuras organizacionales, tecnologías, procedimientos y herramientas necesarios para evaluar un artefacto. Muchos de esos elementos considerados en la definición de proceso de evaluación son los que hemos encontrado en SPEM. De esta manera SPEM se nos ha presentado como una notación útil para el modelado de procesos de evaluación. Además, al estar desarrollado por la OMG, podemos encontrar múltiples herramientas que dan soporte a su uso.

#### 4 Especificación de métodos evaluación de la calidad en uso

Aunque la dimensión de la calidad en la que estamos centrados es la calidad en uso, en este ejemplo hemos recurrido a los métodos de evaluación de la usabilidad ya que la usabilidad es una componente importante de ella. Además, existen informes que recopilan una gran cantidad de métodos de evaluación de usabilidad [8]. Las descripciones recopiladas en esos informes, y en otras publicaciones, son fundamentalmente textuales y han sido realizadas utilizando lenguaje natural.



**Fig. 1.** Especificación utilizando SPEM de una evaluación heurística de la usabilidad.

En la Fig. 1 se muestra una especificación del método de evaluación de la usabilidad basado en heurísticas [8, 11]. Este método se aborda recurriendo a evaluadores a los que se les facilita el propósito de la evaluación y un conjunto de heurísticas. Después de la evaluación se debe elaborar un informe de resultados. La estructura y organización del informe está soportada por plantillas y herramientas.

Con especificaciones como la mostrada, y otras realizadas a otros métodos como *Surveys and Questionnaires* o *Think Aloud Method*, hemos comprobado que los elementos y estereotipos disponibles en SPEM se han revelado útiles para denotar procesos de evaluación simples y más elaborados. Sin embargo, hemos encontrado limitaciones a la hora de poder especificar ¿qué características de calidad son necesarias?, ¿qué medir (métricas)? o ¿quién requiere el proceso de evaluación?

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se han planteado una serie de inconvenientes relacionados con los procesos de evaluación de artefactos. Para tratar de mitigar estos inconvenientes se han revisado las principales propuestas relacionadas con la Ingeniería de la Usabilidad en busca de procesos, técnicas, métodos y herramientas que den soporte al proceso de evaluación. Visto que estas facilidades no siempre están presentes con un nivel de descripción suficiente para su utilización por personas con poca o nula experiencia previa, en este artículo hemos presentado parte de una propuesta que pretende ofrecer soporte a la especificación completa de los procesos de evaluación. Dicha propuesta utiliza las facilidades de la notación SPEM y está siendo utilizada con éxito en la *spin-off* SymbiaIT.

Como hemos recogido en la parte final de la sección anterior existen algunas preguntas sin respuesta que estamos respondiendo combinando una modificación de SMML [10], un lenguaje para descripción de modelos de medición del software.

## Referencias bibliográficas

1. Alva Obeso, M.E.: “Metodología de medición y evaluación de la usabilidad en sitios web educativos”, 2005. PhD. Thesis, Universidad de Oviedo.
2. Constantine, L.; Lockwood L.: “*Usage-Centered Design for Web Applications*”, 2002.
3. Ferrè, X.: “*Marco de integración de la usabilidad en el proceso de desarrollo de software*”, 2005, PhD. thesis, Universidad Politécnica de Madrid.
4. Granollers I Saltiveri, T.: “*MPIu+a. Una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares*”, 2004. PhD. Thesis, Universitat de Lleida.
5. Ivory, M.: “*An Empirical Foundation for Automated Web Interface Evaluation*”, 2001. PhD. Thesis, University of California at Berkeley.
6. Gould, J., Lewis, C.: “*Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think*”, 1985.
7. Juristo, N.; Moreno, A.M.; Sanchez, M.I.: “*Guidelines for Eliciting Usability Functionalities*”. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 33 (2007) 744-758.
8. MAUSE: “*R3UEMs: Review, Report and Refine Usability Evaluation Methods*”, 2007.
9. Mayhew, D.J.: “*The Usability Engineering Lifecycle*”. 1999.
10. Mora, B.; García, F.; Ruiz, F.; Piattini, M.: “*SMML: Lenguaje para la Representación de Modelos de Medición del Software*”. In Proceedings of CIBSE/2009. pp.181~194
11. Nielsen, J.: “*The Usability Engineering Life Cycle*”, 1992.
12. Olsina, L.: “*Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web*”, 1999. PhD. Thesis, Universidad Nacional de La Plata.

## **Desarrollo de interfaces basadas en modelos II**



# Generación de interfaces de usuario accesibles para entornos ubicuos, basadas en modelos

Raúl Miñón, Julio Abascal, Amaia Aizpurua, Idoia Cearreta, Borja Gamecho, Nestor Garay

Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales  
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea  
Manuel Lardizabal 1, 20018 Donostia-San Sebastián  
{raul.minon, julio.abascal, amaia.aizpurua, idoia.cearreta, borja.gamecho, nestor.garay}@ehu.es

**Resumen.** Este artículo presenta un sistema destinado a generar automáticamente interfaces accesibles adaptadas a las necesidades de los usuarios. El objetivo es garantizar a las personas con discapacidad el acceso a servicios ubicuos provistos por máquinas inteligentes, tales como cajeros automáticos o máquinas expendedoras. Las interfaces se generan a partir de su descripción abstracta en un lenguaje de especificación de interfaces de usuario y están basadas en modelos de los usuarios y del contexto.

## 1 Introducción

Las personas con restricciones físicas, sensoriales o cognitivas encuentran cada día barreras digitales que les impiden realizar tareas que son comunes para las demás personas. En la mayoría de los casos esto ocurre porque en la fase de diseño no se tuvieron en cuenta las necesidades de todas las personas y el diseño se enfocó a un hipotético usuario con características “normales”. Desafortunadamente, esta situación suele conducir a la exclusión de las personas con necesidades especiales, ya que se les restringe el acceso a servicios a los que no pueden acceder de otra manera. Además, también repercute en su autonomía debido a que dependen de la ayuda de otras personas para desenvolverse adecuadamente en este tipo de situaciones o entornos.

### 1.1 Interfaces de usuario para entornos ubicuos

Con el avance de las tecnologías móviles los servicios ubicuos están cada día más presentes en diferentes ámbitos. Cuando un usuario provisto con un dispositivo móvil entra en un entorno de computación ubicua, una capa de software llamada *middleware* se encarga de “descubrir” el nuevo dispositivo y de integrarlo en la red para poder establecer comunicación con los demás elementos del sistema. De este modo, asegura la interoperabilidad entre los diversos tipos de redes (cableadas e

inalámbricas) y los diferentes procesadores presentes. Estos sistemas ofrecen al usuario los servicios disponibles localmente para ser accedidos desde su propio dispositivo móvil. Si el usuario selecciona alguno de los servicios ofrecidos, el *middleware* se encarga de descargar en su dispositivo una instancia de la interfaz asociada al servicio concreto seleccionado. Dado que los proveedores de servicios suelen ofrecer una única interfaz para todos los usuarios, es frecuente que ésta no sea accesible para muchos de ellos.

## 1.2 Accesibilidad a los entornos ubicuos

Teniendo en cuenta que muchas personas con discapacidad no pueden hacer un uso adecuado de las “máquinas inteligentes” que les rodean (tales como máquinas expendedoras, cajeros automáticos, kioscos de información, electrodomésticos inteligentes, etc.) debido a las restricciones que imponen sus interfaces, parece lógico ofrecer esos servicios a través de la computación ubicua, de modo que cada usuario pueda acceder a ellos mediante una interfaz personalizada accesible, que se ejecute en su propio dispositivo móvil (que estará bien adaptado a sus necesidades, restricciones y características).

En este contexto, el proyecto INREDIS<sup>1</sup> [1] incluía entre sus objetivos garantizar la accesibilidad universal a entornos de computación ubicua mediante el diseño de interfaces accesibles adaptadas que se construyen dinámicamente en función de las características de los usuarios y de los dispositivos móviles que utilizan.

El Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales participó, en dicho proyecto, en el diseño del módulo Generador de Interfaces [2, 3]. Este módulo se encarga de generar una interfaz de usuario adaptada básica, que posteriormente se personaliza, en función de la información provista por una base de conocimiento, para adecuarla a las necesidades específicas de cada persona. Las interfaces se generan automáticamente a partir de modelos que especifican las funcionalidades de los servicios por medio de un Lenguaje de Descripción de Interfaz de Usuario (UIDL). Esto garantiza la independencia de la plataforma en la que se visualizará la interfaz y asegura la adecuación de la modalidad a las necesidades del usuario.

En este artículo se presenta el enfoque con el que se abordó en el proyecto INREDIS la generación de las interfaces de usuario adaptadas y los modelos propuestos para conseguir este objetivo. El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan trabajos relacionados en sistemas adaptativos. En la sección 3 se exponen los requisitos que se tuvieron en cuenta para generar las interfaces de forma automática. Las interfaces de usuario y sus

---

<sup>1</sup> INREDIS fue un proyecto de investigación y desarrollo, subvencionado por el Ministerio de Industria de España, desarrollado por un consorcio de 14 empresas y 18 laboratorios y centros de investigación, con un presupuesto de 23,6 millones de euros. El proyecto se desarrolló entre los años 2007 y 2010. El LIPNE participó en el paquete de trabajo 6, Modelado e Interfaces de Usuario Adaptativas.

características se presentan en la sección 4. En la sección 5 se describen los modelos necesarios para el sistema y, para finalizar, se plantean algunas conclusiones.

## 2 Trabajo Relacionado

El origen de la investigación sobre diseño de interfaces de usuario adaptables no es reciente. En esta área se han producido avances muy interesantes que permiten la adaptación dinámica de la interfaz a partir de un modelo que recoge las características del usuario [4]. Sin embargo, su aplicación a las interfaces para las personas con necesidades especiales ha sido relativamente escasa. En este ámbito, uno de los pioneros es el sistema AVANTI [5], que proporciona información hipermedia a personas con necesidades especiales adaptando el contenido, la presentación y la navegación. En la misma línea, el sistema SUPPLE [6] genera automáticamente interfaces de escritorio adaptadas a los dispositivos, las tareas, preferencias y habilidades de cada persona.

En la mayoría de los sistemas adaptativos se parte de una interfaz prediseñada y se modifican sus parámetros en función del modelo. Sin embargo, en los sistemas adaptativos para entornos ubicuos, frecuentemente, no se dispone de una interfaz ya creada, sino que se parte de una descripción abstracta de las funcionalidades del sistema. Este enfoque implica nuevos retos, ya que se necesita especificar la interfaz de manera abstracta. Por otro lado, permite evitar barreras que podrían existir en una interfaz ya creada. En esta línea es muy interesante el trabajo desarrollado en los sistemas Ubiquitous Interactor [7] y ViMos [8]. El Generador de Interfaces de INREDIS, que se presenta en la siguiente sección, tiene en cuenta estas dos líneas de investigación, aportando un nuevo enfoque en el que se trata de adaptar diferentes servicios ofrecidos en un entorno ubicuo a las personas con necesidades especiales.

## 3 Arquitectura del Generador de Interfaces

El Generador de Interfaces de INREDIS es una aplicación diseñada para crear dinámicamente interfaces adaptadas y accesibles. Su arquitectura está compuesta por varios módulos, cada uno de ellos proporcionando funcionalidades y tareas específicas. Esta arquitectura es lo suficientemente flexible como para permitir la integración en el futuro de nuevos módulos, si se considera necesario. A continuación se describen muy brevemente los módulos que la forman:

- *Manager*: es el módulo que se encarga de orquestar todos los procesos del sistema. Garantiza la independencia entre los diferentes módulos y permite la integración de nuevos módulos de una forma sencilla.
- *Gestor de Recursos*: se encarga de analizar los recursos ofrecidos por el sistema y de seleccionar los que son compatibles con el usuario y su dispositivo.
- *Constructor*: es responsable de crear una interfaz por defecto en un lenguaje abstracto de descripción de interfaces de usuario.

- *Selector*: tiene en cuenta las características de los usuarios y selecciona las adaptaciones necesarias para ofrecer una interfaz accesible.
- *Adaptador*: aplica las adaptaciones seleccionadas en el módulo Selector a la interfaz básica creada en el módulo Constructor. Es en este momento cuando se obtiene una interfaz accesible adaptada a las necesidades del usuario.
- *Injector de Datos*: comprueba si se había creado previamente una interfaz para ese usuario, servicio y dispositivo y, en caso positivo, se la ofrece al usuario en lugar de repetir el proceso de generación de la interfaz.

Además de estos módulos, existe una base de conocimiento formada por las ontologías que se exponen posteriormente. Los diferentes módulos de la arquitectura realizan consultas a la base de conocimiento, con el fin de obtener la información relativa a los usuarios, su dispositivo y el contexto en el interactúan.

## 4 Requisitos de las interfaces

A la hora de diseñar las interfaces de usuario que se generan a través del módulo Generador de Interfaces, se han tenido en cuenta diversos requisitos. Además, de los recolectados en el proyecto INREDIS, se han utilizado los propuestos por Nichols et al. [9] que describe una experiencia con interfaces creadas manualmente, a partir de la cual propone un conjunto de requisitos para un “sistema de generación automática de interfaces” de alta calidad. Los más importantes son:

- Buena organización de los elementos (cercanía entre funciones relacionadas, separación en paneles diferenciados por funcionalidad, etc.).
- Adecuados tamaño y resolución (etiquetas y textos de ayuda apropiados y con tamaño adecuado, separación entre controles y optimización del espacio, controles innecesarios deshabilitados, etc.).
- Interacción con el usuario optimizada (*feedback* adecuado, utilización de componentes familiares, etc.).

## 5 Interfaces de usuario

Las interfaces de usuario finales que se generan automáticamente en el proyecto INREDIS están basadas en estereotipos de personas. El prototipo demostrador del sistema genera tres tipos diferentes de interfaces: textual, icónica y mixta (que incorpora ambos tipos de elementos).

El Generador de Interfaces crea instancias de las interfaces de usuario mencionadas en función de la persona que interactúa con el sistema. Posteriormente se personaliza la interfaz generada dependiendo de los parámetros obtenidos de la base de conocimiento, adaptándose a las necesidades, gustos y preferencias específicas de cada persona y a las características técnicas del dispositivo controlador. Por ejemplo, una interfaz diseñada para un usuario con ligeros problemas de visión requerirá una última personalización en la que se incrementa el contraste y se amplían todos los elementos, mediante hojas de estilo CSS. Además, en algunos casos, también se

genera automáticamente código JavaScript no intrusivo para controlar el comportamiento de los servicios.

Teniendo en cuenta que los dispositivos de acceso considerados en los casos de uso de INREDIS son móviles, se usa el lenguaje de marcado XHTML Basic 1.1 [10] para la interfaz adaptada. Se seleccionó este lenguaje por que ha sido diseñado para clientes Web (tales como PDAs, teléfonos móviles, etc.) que no soporten el conjunto completo de características de XHTML. El tipo de documento XHTML Basic especifica el subconjunto de módulos requeridos para que pueda ser considerado como documento XHTML. Además, permite incluir imágenes, formularios, tablas básicas y objetos, por lo que resulta un lenguaje lo suficientemente rico para cubrir las necesidades planteadas.

A continuación se describen las características de los diferentes tipos de interfaces, el colectivo de personas al que están orientadas y las validaciones que se han llevado a cabo. Además se muestran imágenes de uno de los prototipos desarrollados: un mando a distancia para controlar un televisor.

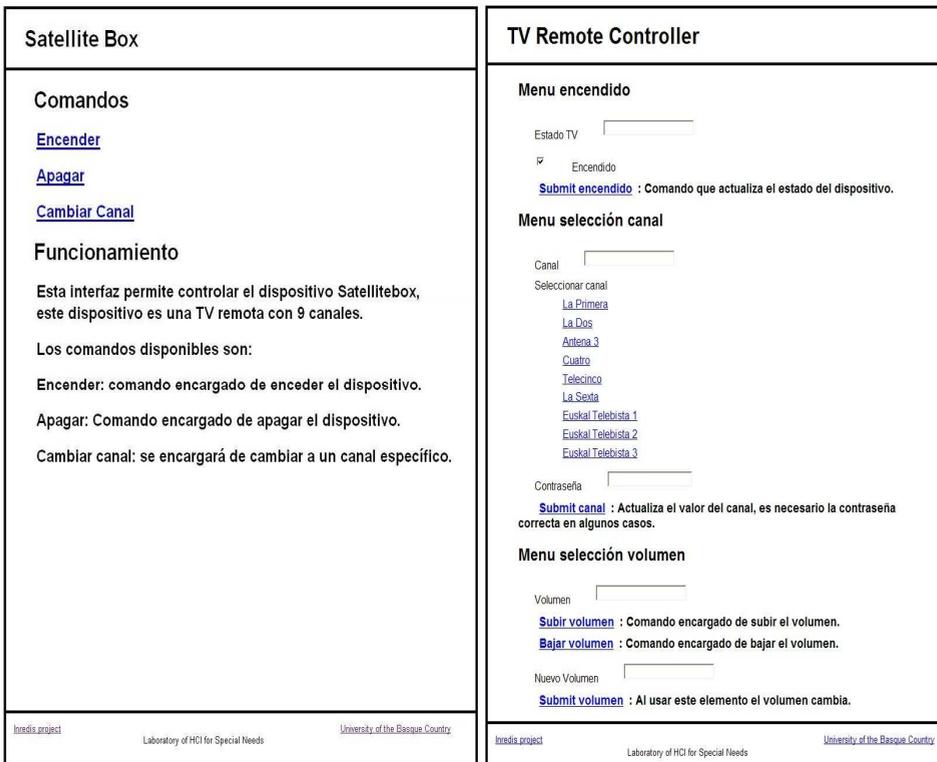


Figura 1. Interfaces de usuario textuales para el servicio del mando a distancia.

## 5.1 Interfaz Textual

Esta interfaz está pensada para personas ciegas que utilicen en su dispositivo un lector de pantalla o una línea Braille. Además, puede ser útil para personas que realizan tareas que requieran interacción no visual (por ejemplo mientras están conduciendo) o para dispositivos móviles que no puedan mostrar interfaces avanzadas debido, por ejemplo, a una conexión de red de reducido ancho de banda.

### Descripción

La interfaz textual se divide en dos regiones: en la primera están los comandos con los que va a interactuar y en la segunda se describe el funcionamiento de cada uno de ellos, con el objetivo de facilitar la utilización y comprensión de las funcionalidades. En la Figura 1 se puede ver un ejemplo de este tipo de interfaz.

### Validación

Una vez generada la interfaz básica de sólo texto, se llevó a cabo su evaluación utilizando diferentes lectores de pantalla o sintetizadores de voz, entre ellos el lector de pantalla JAWS. Debido a que el contenido de la interfaz de texto está estructurado con las etiquetas de encabezado (H1, H2, etc.) el lector de pantalla JAWS permite la navegación a través de los encabezados, lo que simplifica el acceso a la información que le interesa al usuario.

La sintaxis XHTML Basic de la interfaz textual generada automáticamente ha sido validada mediante la herramienta propuesta a tal fin por el Consorcio Web [11].

## 5.2 Interfaz Icónica

La interfaz icónica se diseñó pensando en personas que tuvieran dificultades para leer e interpretar textos. Podría ser útil para personas con algunos tipos de restricciones cognitivas, sordera prelocutiva, analfabetismo, etc.

### Descripción

En esta interfaz todos los elementos son visualizados como iconos. Se han agrupado los elementos de interacción necesarios para cada actividad. Esto permite dividir las funcionalidades en secciones y ofrecer al usuario una mayor facilidad para comprender su funcionamiento. En la Figura 2 se puede ver un ejemplo de interfaz icónica.

Es requisito previo para la generación automática de este tipo de interfaz que el proveedor del servicio proporcione iconos o imágenes suficientes para que el generador automático de interfaces pueda utilizarlas. Por otro lado, los iconos deben estar diseñados de modo que el usuario entienda fácilmente el propósito de cada uno de ellos.

### Validación

Se han realizado diferentes pruebas de validación y evaluación del código XHTML generado utilizando la herramienta del Consorcio Web mencionada para el caso de la

interfaz de texto. Por otro lado, se han tenido en cuenta las pautas de accesibilidad WCAG 2.0 [12], relativas a los colectivos para los que estaba pensada la interfaz. Además, se ha tratado de salvaguardar la usabilidad de la interfaz siguiendo los estándares básicos de usabilidad. Tras corregir los errores detectados se han creado hojas de estilo CSS para dotar a las interfaces de usuario de un aspecto más atractivo.



**Figura 2.** Interfaz de usuario icónica para el servicio del mando a distancia.

### 5.3 Interfaz Mixta

Esta interfaz se creó pensando en usuarios con leves restricciones sensoriales y/o cognitivas como, por ejemplo, el colectivo de personas mayores. También puede ser útil para los usuarios con poca experiencia en el uso de dispositivos móviles.

#### **Descripción.**

Es una interfaz redundante que ofrece imágenes para cada una de las funciones junto con textos simples, a modo de etiquetas, que hace hincapié en el significado de las imágenes. Así pues, todo elemento de interacción dispone de un componente textual y otro icónico con el mismo propósito.

#### **Validación**

Esta interfaz ha sido validada siguiendo los mismos procedimientos de las dos interfaces anteriores.

## 6 Modelos usados

Para generar de forma automática las interfaces presentadas en el apartado anterior el sistema requiere determinados modelos que se pueden dividir en dos categorías: modelos ontológicos y modelos de interfaz abstracta de usuario. En esta sección se describen someramente los diferentes modelos desarrollados.

### 6.1 Ontologías

Tal como se ha mencionado anteriormente, en el proyecto INREDIS se desarrolló una base de conocimiento basada en diferentes ontologías, con el objetivo de capturar la información necesaria, almacenarla y aplicarla a la creación de interfaces adaptadas. Además se pretendía extraer nuevo conocimiento, razonando, mediante reglas, sobre la información existente. Veamos a continuación las principales ontologías con los conceptos modelados más relevantes.

**Ontología de Usuario.** Incluye información relacionada con las capacidades de los usuarios, los tipos de interacción posibles, intereses, aficiones y preferencias, datos socio-demográficos, etc.

**Ontología de Dispositivo de Usuario.** Su contenido se divide en dos grandes categorías: *hardware* (tamaño de pantalla, periféricos, etc.) y *software* (lenguajes de marcado soportados, programas instalados, etc.).

**Ontología de Contexto.** En esta ontología incluye la tarea a llevar a cabo por el usuario y sus objetivos, el entorno ambiental, el entorno socio-cultural, el entorno espacio-temporal y los servicios disponibles en ese contexto.

### 6.2 Modelos Abstractos de Interfaz de Usuario

La generación automática de interfaces de usuario para acceder a servicios provistos por dispositivos “target” a través de computación ubicua parte de una descripción abstracta de las funcionalidades del servicio.

La mejor opción para modelar las características de las interfaces son los lenguajes de descripción de la interfaz de usuario (User Interface Description Languages, UIDL [13]). Estos lenguajes permiten realizar un modelo abstracto de la interfaz que sea independiente de la plataforma en la que se utilizará la interfaz y de la modalidad de ésta. En concreto, se ha seleccionado el lenguaje UIML [14].

UIML es una especificación OASIS que define un metalenguaje canónico para describir interfaces de una manera independiente tanto de la tecnología, como del paradigma de interacción con el usuario. La sintaxis UIML define la interfaz abstracta a través de varios modelos que se integran dentro de un documento UIML. Estos modelos están estructurados en: Estructura, Estilo, Contenido (donde se referencian los recursos asociados a la estructura), Comportamiento (a través de reglas) y Mapeos (entre la descripción abstracta y los targets o servicios).

Además se ha definido un vocabulario UIML-INREDIS donde se definen la sintaxis y los elementos UIML que se van a poder utilizar. El objetivo de este vocabulario es la estandarización de todos los servicios dentro del sistema INREDIS

para permitir de esta manera que las reglas desarrolladas para generar las interfaces finales sean reutilizables y se puedan aplicar a todos los servicios. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de código de la sección de estructura de un documento UIML

```

<structure id="struct1" >
  <part id="onoffmenu" class="inredis:Container">
    <part id="onButton" class="inredis:Button"/>
    <part id="offButton" class="inredis:Button"/>
    ...
  </part>
  <part id="channelmenu" class="inredis:Container" >
    <part id="previousChannel" class="inredis:Button"/>
    ...
    <part id="nextChannel" class="inredis:Button"/>
    ...
    <part id="selecChannel" class="inredis:InputList"/>
    ...
  </part>
  <part id="volumemenu" class="inredis:Container" >
    <part id="volumenUp" class="inredis:Button"/>
    <part id="volumenDown" class="inredis:Button"/>
    <part id="mute" class="inredis:Button"/ >
  </part>
</structure>

```

**Figura 3.** Ejemplo de la estructura UIML para representar el mando a distancia del servicio de la televisión.

## 7 Conclusiones

Se ha presentado el prototipo completamente funcional de un generador de interfaces para entornos ubicuos creado dentro del proyecto INREDIS. Las interfaces generadas han demostrado la validez de este enfoque y de la arquitectura propuesta. Actualmente, nuestro laboratorio está trabajando en una versión avanzada del generador de interfaces accesibles que permitirá, entre otros objetivos, hacer una evaluación formal de la accesibilidad y la usabilidad de las interfaces generadas para diferentes tipos de usuarios con necesidades especiales.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante una ayuda a Grupos de Investigación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco. Además, A. Aizpurua, B. Gamecho y R. Miñón disfrutaron de becas predoctorales del Programa de Formación de Personal Investigador del mismo Departamento. Agradecemos la colaboración del proyecto INREDIS, que ha sido el germen de este trabajo.

## 8 Referencias

1. Proyecto INREDIS: <http://www.inredis.es>.
2. Abascal J., Aizpurua A., Cearreta I., Gamecho B., Garay N., Miñón R. (2011). A modular approach to user interface adaptation for people with disabilities in ubiquitous environments. Internal Technical Report No. EHU-KAT-IK-01-11. <http://sipt07.si.ehu.es/icearreta/reports/AModularApproach.pdf>
3. Miñón R., Aizpurua A., Cearreta I., Garay N., Abascal J. (2010). Ontology-Driven Adaptive Accessible Interfaces in the INREDIS project. Proc. of the Int. Workshop on Architectures and Building Blocks of Web-Based User-Adaptive Systems, 37-39.
4. Kobsa A. (2007). Generic user modeling systems. In, Brusilovsky P., Kobsa A., Nejdl W. (Eds.) The adaptive web. LNCS, Vol. 4321. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 136-154.
5. Fink J., Kobsa A., Nill A. (1998). Adaptable and Adaptive Information Provision for All Users, Including Disabled and Elderly People. New Review of Hipermedia and Multimedia, 4, 163-188.
6. Gajos K. Z., Weld D. S., Wobbrock J. O. (2010). Automatically generating personalized user interfaces with Supple. Artificial Intelligence, 174 (12-13), 910-950.
7. Nylander S. (2003). The Ubiquitous Interactor - Mobile Services with Many Different User Interfaces. Licentiate Thesis, Department of Information Technology, Uppsala University.
8. Hervás R., Bravo J. (2011). Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the Semantic Web. Interacting with Computers, 23(1), 40-56.
9. Nichols J., Myer, B., Harris T. K., Rosenfeld R., Shriver S., Higgins M., Hughes J. (2002). Requirements for Automatically Generating Multi-Modal Interfaces for Complex Appliances, 4<sup>th</sup> IEEE Int. Conf. on Multimodal Interfaces (ICMI'02), Pittsburgh. 377-382
10. XHTML Basic 1.1, Second Edition, W3C Recommendation 23 November 2010. <http://www.w3.org/TR/xhtml-basic>.
11. Markup Validation Service, W3C. [http://validator.w3.org/#validate\\_by\\_input](http://validator.w3.org/#validate_by_input)
12. Web Content Accessibility Guidelines 2.0, <http://www.w3.org/TR/WCAG20>
13. Guerrero-García J., González-Calleros J. M., Vanderdonckt J., Muñoz-Arteaga J. (2009). A theoretical survey of user interface description languages: Preliminary results. In Proc. of the Joint 4th Latin American Conference on Human-Computer Interaction - 7th Latin American Web Congress (LA-Web/CLIHIC 2009). Merida, Mexico, IEEE Computer Society Press, pp. 36-43.
14. OASIS User Interface Markup Language, UIML. [http://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=uiml](http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=uiml)

# Aplicación de la Ontología *Affinto* para el Desarrollo de un Sistema de Conversación Emocional por Texto

Idoia Cearreta, Nestor Garay

Informatika Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea

Manuel Lardizabal 1, 20018 Donostia, Spain

{idoia.cearreta, nestor.garay}@ehu.es

**Resumen.** El auge de los sistemas informáticos y la necesidad de mejorar las interacciones entre usuarios y sistemas se hacen evidentes en los últimos años. En esta disciplina, los sistemas conversacionales juegan un papel fundamental. Aun siendo el lenguaje natural uno de los medios de comunicación más comunes, todavía se precisan esfuerzos para mejorar aquellos que utilizan el texto para interactuar con los usuarios. Este artículo presenta un sistema de conversación por texto que realiza el reconocimiento emocional de las frases transmitidas por el usuario y genera respuestas emocionales, para que la comunicación sea más natural. Para ello, se hace uso de la ontología *Affinto*, que describe interacciones persona-sistema teniendo en cuenta el contexto que les rodea, incluyendo sus estados afectivos.

**Palabras clave:** Sistema Conversacional, Computación Afectiva, Reconocimiento y Síntesis Emocional de Texto, Ontología.

## 1 Introducción

Resulta evidente el auge de los sistemas informáticos de nuestro entorno en los últimos años. Ello hace que cada vez aumente más la necesidad de mejorar las interacciones con dichos sistemas. La dificultad de este reto consiste principalmente en que al interactuar con los sistemas, es necesario tener en cuenta el valor emocional que transmiten los usuarios con sus estímulos; que además el sistema sea capaz de tomar sus propias decisiones en base a estos valores; y que finalmente el sistema pueda emitir sus propias emociones. Sin embargo, no resulta una tarea sencilla, ya que existen numerosos problemas prácticos a resolver. Entre estos problemas, distinguimos el hecho de que existen numerosas teorías emocionales, con sus clasificaciones correspondientes, para definir y representar las emociones y ello resulta un reto a la hora de asociar los estímulos que los usuarios transmiten con las diferentes emociones que puedan existir. Además, si el sistema procesa únicamente una de las modalidades de comunicación entre todas las que las personas utilizamos en una conversación, la dificultad de entender el estado afectivo de estas personas resulta aún mayor.

En este artículo, gracias a las técnicas utilizadas en la Computación Afectiva [1], se ha desarrollado un sistema de conversación emocional por texto, y ello implica que se

lleven a cabo procesos de reconocimiento y síntesis emocional. Para estos procesos, se ha utilizado una ontología llamada *Affinto* [2], cuyo objetivo es dar soporte al desarrollo de recursos afectivos, además de servir como base de conocimiento.

El siguiente apartado revisa los trabajos que tienen relación con lo que se presenta en este artículo. El apartado 3 describe los distintos componentes del sistema conversacional y muestra un ejemplo de interacción. Finalmente, el último apartado muestra las conclusiones que se han podido extraer y los trabajos futuros que se consideran llevar a cabo.

## 2 Trabajo relacionado

Hasta la fecha, podemos encontrar numerosos sistemas de conversación que proporcionan información y otros servicios a los usuarios. Por ejemplo, Zue et al [3] han desarrollado una interfaz conversacional llamada JUPITER para permitir a los usuarios obtener información acerca de la predicción del tiempo de cualquier punto del mundo, vía teléfono a través del diálogo hablado. La mayoría de estos sistemas de conversación están orientados a usuarios sin ninguna discapacidad física o cognitiva, donde generalmente, el usuario debe transmitir los mensajes mediante el habla, y además tiene que ser capaz de recibir señales de voz que transmiten dichos sistemas. Además, la mayoría de los sistemas de conversación que podemos encontrar en la literatura, no tienen en cuenta el valor emocional de los mensajes.

Una de las tecnologías que se aplica para desarrollar sistemas conversacionales es el procesamiento de lenguaje natural. Los agentes de inteligencia artificial o también llamados agentes conversacionales, son aplicaciones software capaces de procesar lenguaje natural. Uno de los más utilizados es el llamado AliceBot de la fundación ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity) [4], que utiliza el lenguaje AIML (Artificial Intelligence Markup Language) [5] basado en el estándar XML (Extensible Markup Language) [6].

En relación con la Computación Afectiva, Baldassarri et al [7] han desarrollado una interfaz conversacional para hacer posible la comunicación de usuarios con un actor virtual en tiempo real y mediante lenguaje natural. Después de realizar el reconocimiento de las palabras a partir del mensaje de voz del usuario, se utiliza un motor de búsqueda desarrollado por ALICE para generar la respuesta del actor. Asimismo, el actor es capaz de mostrar su estado afectivo utilizando un sintetizador de voz que permite cambiar los valores de ciertos parámetros para generar voz emocional. A diferencia del trabajo de Baldassarri et al, este artículo presenta un sistema de conversación por texto, y además de incorporar valores emocionales en las respuestas del sistema, se realiza el reconocimiento emocional del mensaje transmitido por el usuario. Ello podría resultar útil para aquellas personas que tienen discapacidad auditiva y que cada vez tienen que enfrentarse a más barreras puesto que los sistemas de conversación tienden a utilizar la voz para transmitir los mensajes.

Por otra parte, para asociar las palabras con su valor emocional correspondiente, se hace uso de la ontología *Affinto* anteriormente citada. Asimismo, las interacciones que los usuarios realicen con el sistema también quedarán registradas en la ontología, para

poder obtener un corpus de frases debidamente etiquetado y poder realizar más estudios en la línea de reconocimiento emocional de texto puro.

Existen varios métodos o técnicas para el reconocimiento de emociones en textos. La mayoría de estos métodos utilizan técnicas basadas en palabras clave: mediante un análisis semántico se extraen las palabras afectivas clave utilizando un corpus o también los llamados diccionarios afectivos [8, 9, 10]. Otra técnica muy utilizada es LSA (Latent Semantic Analysis) [11, 12] que extrae y representa el uso contextual de palabras mediante la computación estadística aplicada a un gran corpus de texto.

En este trabajo, se ha utilizado la técnica basada en diccionarios afectivos. La razón por la que se ha escogido esta técnica es porque las demás suelen requerir un gran corpus etiquetado. Asimismo, muchos de los corpus que existen en la literatura etiquetan las palabras utilizando la clasificación categórica de emociones (p.ej. alegría, tristeza, sorpresa, etc.) [13]. Sin embargo, con una clasificación dimensional (p.ej. midiendo lo agradable/desagradable, activo/pasivo o dominante/dominado que es la emoción) [14], la información que se recoge es menos limitada y más extensa puesto que se pueda representar la intensidad de la emoción mediante valores continuos y en diferentes dimensiones. Por ejemplo, no es lo mismo decir que una persona se encuentra feliz, que decir que la emoción que siente esa persona es muy agradable, y que además se siente muy activa y dominante al respecto.

### **3 Prototipo de un sistema de conversación emocional**

Con el fin de llevar a cabo procesos de reconocimiento y síntesis emocional por texto, se ha creado un prototipo de un sistema de conversación, puesto que requiere el desarrollo de ambos procesos. Su funcionalidad es recoger el mensaje que el usuario transmite por el teclado, analizarlo, interpretarlo y generar una respuesta, también mediante texto, en base a esta interpretación. Para ello, además de servir como base de la arquitectura diseñada para su desarrollo, la ontología *Affinto* toma parte en dichos procesos de reconocimiento y síntesis emocional. A continuación se describe el sistema de conversación que se ha desarrollado. Sin embargo, antes de exponer la arquitectura del sistema, se considera necesario, por un lado, describir la ontología *Affinto*, puesto que la arquitectura se basa en ella; así como los modelos emocionales utilizados; y por último, el sistema de diálogo seleccionado y las modificaciones que se han incorporado en el mismo. Seguidamente, se presenta la arquitectura, junto con un ejemplo, con el fin de entender más fácilmente su funcionalidad.

#### **3.1 Descripción del sistema**

Tal como se ha mencionado anteriormente, en base a la ontología *Affinto*, se ha creado una arquitectura global [2], cuya finalidad es el desarrollo de recursos afectivos y multimodales. Para el sistema que se presenta en este artículo se ha creado una arquitectura más específica de un modelo de interacción afectiva entre el usuario y el sistema mediante la modalidad o canal verbal. Con ánimo de aclarar conceptos, la

diferencia entre la información verbal y la información que se transmite a través del canal del habla es que la primera está relacionada con el contenido verbal (p.ej., idioma, significado de las palabras, etc.), mientras que la segunda está relacionada con los parámetros del habla. Dicho modelo ha sido útil para crear un prototipo de un sistema conversacional capaz de reconocer estados afectivos del usuario mediante texto. El idioma que se utiliza para la transmisión de esta información es el inglés. Este prototipo servirá para crear un corpus de frases emocionales todas ellas etiquetadas por los mismos usuarios si, después de cada reconocimiento emocional que el sistema haga, el usuario proporciona la emoción que quería transmitir en realidad.

### 3.1.1 La ontología *Affinto*

Entre los objetivos de la Computación Afectiva se encuentran lograr interacciones más naturales y adoptar las respuestas del sistema a los estados afectivos del usuario en ciertas circunstancias. Por ello, es vital representar información del usuario y su contexto. La ontología *Affinto* [2] representa los conceptos de la interacción entre las personas y los sistemas y aúna las instancias de esos conceptos para inferir la información que necesitan las aplicaciones desarrolladas a partir de dicha ontología. Para ello *Affinto* describe un modelo llamado Contexto de Interacción Afectiva compuesto por diferentes tipos de elementos. El elemento principal es el Sujeto, que corresponde tanto a una persona como a un sistema, y está compuesto por estados afectivos, físicos y cognitivos. Los demás tipos de elementos se utilizan para poder definir las interacciones que ocurren entre los sujetos.

Por otra parte, *Affinto* define la Propiedad de Contexto, como cada una de las unidades que complementan el contexto de interacción completo. Cada estímulo o detalle que forma parte de un contexto (sonidos, gestos, palabras, etc.) puede afectar a los sujetos y, por tanto, a su estado emocional. Por ello, para poder representar el contexto de una interacción afectiva, se recogen todas las propiedades que hayan podido influir en dicha interacción.

*Affinto* también proporciona la opción de representar las emociones mediante diferentes teorías emocionales (p.ej. la teoría categórica o la dimensional); o la opción de indicar si un estímulo es una acción propia de un sujeto o si es una reacción a un estímulo externo al sujeto.

Recopilando toda esta información, se puede inferir conocimiento que necesitan las aplicaciones del dominio de interacción afectiva aplicando reglas de razonamiento y realizando consultas sobre instancias almacenadas en previas interacciones. Para este sistema en concreto, *Affinto* contiene numerosas palabras (almacenadas como instancias) etiquetadas emocionalmente (por medio de propiedades de objeto). De este modo, el sistema recupera esa información para utilizarla en el tratamiento emocional de los textos. Una vez que el usuario haya interactuado con el sistema, y éste haya estimado la afectividad que transmitía dicho usuario, se registra en la ontología como una nueva instancia de Contexto de Interacción Afectiva, indicando mediante propiedades de objeto las instancias correspondientes de: identificación del usuario, la frase que éste ha transmitido (*Propiedad Física de Sujeto* del tipo *Estímulo Verbal de Comunicación Afectiva*) y una emoción asociada (*Propiedad Afectiva de Sujeto* del

tipo *Teoría dimensional*). Esta ontología se ha creado en lenguaje OWL [15], ya que es un lenguaje que facilita compartir, reutilizar o extender ontologías y, especialmente, definir expresiones semánticas. Asimismo, con el fin de evitar incoherencias en la ontología y ratificar que ésta está completa se ha llevado a cabo una validación a nivel formal por medio de herramientas de evaluación de ontologías [16, 17]. Los resultados de esta validación confirmaron que *Affinto* no contiene ningún ciclo en la jerarquía de clases; se descarta que contenga relaciones redundantes, sean de clases, propiedades o instancias; y queda demostrado que la ontología propuesta corresponde al sub-lenguaje OWL-DL [15].

Para incorporar la información necesaria en la ontología (p.ej. la media del valor emocional de una palabra que ha sido evaluada previamente por otros usuarios [18]), y después utilizar estos datos añadidos para proceder al análisis de los textos, es necesario utilizar un mecanismo de razonamiento. En este prototipo, se ha utilizado la herramienta KAON2 [19], como motor de consulta y para almacenar instancias, todo ello en tiempo de ejecución. De esta forma, gracias a la librería de programación en Java que proporciona KAON2, ha sido posible la manipulación de conceptos y relaciones de la ontología OWL de *Affinto*, mediante consultas expresadas en el lenguaje SPARQL [20].

### 3.1.2 Reconocimiento emocional en texto

En este trabajo, tal como se ha mencionado anteriormente, se ha optado por utilizar el método basado en un diccionario afectivo, en nuestro caso el ANEW [18]. Dicho método se basa en buscar las palabras emocionales del texto dado, en un diccionario de palabras que contienen cierto valor afectivo previamente construido. Por tanto, se realiza un análisis sintáctico del texto transmitido por el usuario y para ello se utiliza un analizador sintáctico, creado por el grupo *The Stanford Natural Language Processing* [21].

Cada palabra del ANEW ha sido registrada como si fuera una interacción entre una persona y un sistema, en la cual la persona es el emisor, y el sistema el receptor, y el único canal implicado es el canal de comunicación verbal. Se considera que estas interacciones reflejan las tareas de reconocimiento que fueron realizadas en el experimento para crear ANEW. Se han registrado las medias de los valores emocionales de cada palabra del experimento, por lo que los datos demográficos de los sujetos, tales como el número de identificación, edad, sexo, etc. son desconocidos tras el experimento. En el apartado 3.2 se explicará más en detalle el proceso de reconocimiento de texto a seguir por el sistema.

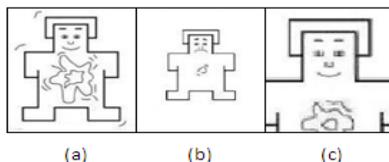
### 3.1.3 Modelos emocionales utilizados

Las emociones se han clasificado en el sistema dimensional, y para ello se ha utilizado la herramienta SAM (*Self-Assessment-Manikin*) [14]. Esta herramienta es una medida pictográfica no verbal que se compone de tres escalas correspondientes a tres dimensiones: Valencia, Activación y Dominancia. Cada escala se compone de

cinco figuras que representan a un humano y en total tiene un rango de 9 valores, numerados del 1 al 9. La escala de Valencia describe lo desagradable o agradable que es la emoción, de izquierda a derecha. La escala de Activación va de un estado de tranquilidad a un estado de total actividad. Y en la escala de Dominancia, la figura que se encuentra más a la izquierda representa a una persona que se siente cohibida, mientras que la figura de la derecha es la que más sensación de control transmite.

Mediante esta herramienta, se representa la emoción que el usuario ha expresado a través del sistema conversacional. Dependiendo de dicha emoción, el sistema creará una respuesta emocional, también representada con la misma herramienta SAM.

Sin embargo, en este trabajo, para la visualización de las emociones, en lugar de utilizar las imágenes de las tres escalas de SAM, el sistema muestra los valores de las tres dimensiones integrados en una única imagen. Por ejemplo, si el sistema quiere representar una emoción con un 7 en la escala de Valencia, un 5 en la escala de Activación y un 9 en la escala de Dominancia, el sistema mostrará la imagen que se expone en la Figura 1 (c).



**Figura 1.** Ejemplo de tres imágenes que integran las tres escalas de SAM. Los valores que representan son: (a) (7, 7, 5), (b) (1, 3, 3) y (c) (7, 5, 9) respectivamente.

### 3.1.4 Sistema de diálogo

El lenguaje AIML permite definir conocimiento basado en un amplio número de categorías para la creación de un sistema de diálogo, siendo posible la personalización de un robot conversacional o intérprete.

En el prototipo que se presenta aquí, el intérprete que se ha utilizado para AIML es RebeccaAIML [22] del proyecto ALICE. Por otra parte, se han modificado las categorías para que las respuestas no sean sólo en base al mensaje, sino también en base a la emoción del usuario. También se han modificado dichas categorías para incorporar emoción a las respuestas que genere el intérprete, para después poder mostrarlas mediante texto e imágenes SAM.

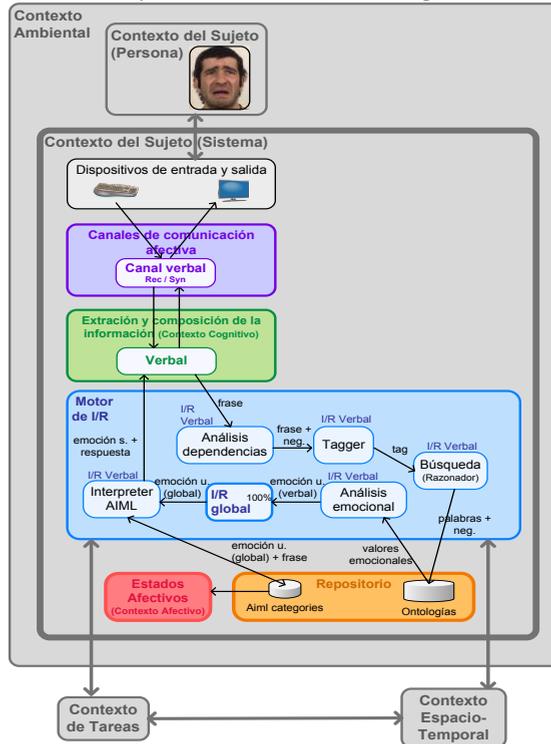
Una de las principales razones por la que hemos utilizado el idioma inglés en este prototipo, ha sido porque no se ha hallado ninguna base de casos o categorías AIML para euskera o castellano. Asimismo, el hecho de plantear varios idiomas en los desarrollos realizados a partir de *Affinto* y la arquitectura global, servirán para reforzar la idea de que dicha ontología y arquitectura son lo suficientemente genéricas para el desarrollo de recursos y aplicaciones sin importar el idioma.

## 3.2 Arquitectura del sistema de conversación mediante texto

La Figura 2 presenta la arquitectura del prototipo de sistema que se ha desarrollado. El sistema está compuesto por diferentes módulos: Dispositivo de entrada y salida,

Canales de comunicación afectiva, Extracción y composición de la información, Motor de Interpretación y Respuesta (Motor de I/R), Estados Afectivos y Repositorio. En este último módulo se ha integrado la ontología *Affinto* como base de conocimiento para el análisis de las frases que se lleva a cabo en el Motor de I/R. A continuación se mostrará el proceso que sigue el sistema por medio de un ejemplo.

El sistema comienza la conversación transmitiendo un mensaje de saludo al usuario: “Hi, how are you?”. Después, el usuario transmite un mensaje de respuesta al sistema a través del teclado: “I do not feel sad or bored, I am in good mood”.



**Figura 2.** Arquitectura del sistema conversacional mediante texto.

Posteriormente, el módulo de Canal de Comunicación de información Verbal recoge el texto y lo canaliza al módulo de Extracción. Éste lleva a cabo un análisis sintáctico del mensaje, para que el Motor de Interpretación pueda etiquetar emocionalmente aquellas palabras que sean sustantivos, adverbios, adjetivos y verbos utilizando el diccionario afectivo que se encuentra integrado en la ontología.

En el ejemplo dado, el sistema considerará las palabras *feel*, *sad*, *bored*, *mood* y *good*. Entre estas palabras, se detectan aquellas que sean dependientes de la negación: *feel*, *sad* y *bored*. De esta forma, gracias a un motor de inferencias, se extrae de la ontología *Affinto* la información sobre los valores emocionales de las palabras, y se invierten aquellos que tengan dependencia de la negación. Las palabras *feel* y *mood* no se encuentran en el ANEW, por tanto las siguientes palabras se etiquetarán de la siguiente manera según la información de la ontología: *sad* (*dep.neg.*) (8.39, 5.87,

6.55), *bored (dep.neg.)* (7.05, 7.17, 5.89) y *good* (7.47, 5.43, 6.41). Siendo (7.63, 6.15, 6.28) el valor medio del mensaje para poder obtener la estimación emocional del mismo. Esta estimación se muestra al usuario por medio de una imagen SAM que integra los tres valores dimensionales en un formulario para que éste, en caso necesario, pueda corregirlos. Para ello, los usuarios deben recibir información sobre los significados de las tres dimensiones y la forma de representar las emociones antes de comenzar con la primera sesión. De esta forma, se podrán guardar en la ontología datos que sean reales y correctos. Después dicha emoción (corregida o no) se mostrará al usuario en la interfaz (ver la imagen SAM de la parte superior de la Figura 3). Supondremos que en el ejemplo que estamos proporcionando, el usuario no realiza ningún cambio en el formulario.

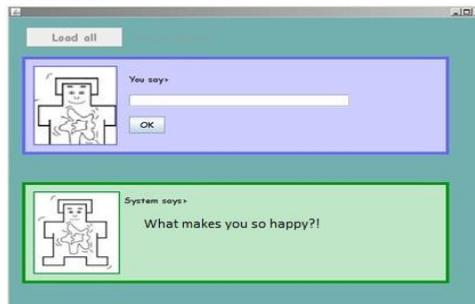


Figura 3. Interfaz de la aplicación.

Para la generación de la respuesta se ha utilizado el sistema de diálogo de ALICE, adaptando algunas de las frases para añadir semántica sobre emociones. De esta forma, el intérprete AIML busca una respuesta dependiendo del mensaje del usuario y de su estado afectivo. La categoría que corresponde al ejemplo que se ha planteado es la que se muestra en la Figura 4 porque: todos los casos que empiezan con “*I do not feel*” pertenecen a esta categoría; los valores (7.63, 6.15, 6.28) se simplifican a (9, 5, 5) para facilitar el proceso; y en la condición de dicha categoría, el valor de *pleasure* (valencia) es 9 y el valor de *arousal* (activación) es 5 (el valor de la dominancia no se tiene en cuenta para minimizar el número de condiciones).

```
<<category><pattern>I DO NOT FEEL */</pattern><template>
<condition name="pleasure">
  <li value="9">
    <condition name="arousal">
      <li value="9"> Why are you so enthusiastic!!<think>
        <set name="sys_pleasure">9</set><set name="sys_arousal">9</set></think></li>
      <li> What makes you so happy?! <think>
        <set name="sys_pleasure">5</set> <set name="sys_arousal">7</set> </think></li>
```

Figura 4. Fragmento de la codificación de una categoría AIML que corresponde al ejemplo mostrado.

Por tanto, según el valor de estas dos dimensiones obtenidas del mensaje del usuario, la respuesta del intérprete AIML será diferente expresando una emoción diferente. De ese modo, la respuesta que el intérprete AIML dará a conocer a la persona será “*What makes you so happy?!*”, y los valores dimensionales de la respuesta del sistema serán (5, 7, 5), correspondientes a los valores que tiene el intérprete en la categoría dada; siendo 5 el valor por defecto de la dimensión de dominancia.

Finalmente, se envía la respuesta mediante el canal de comunicación verbal, mostrándola en la pantalla junto con una imagen SAM correspondiente a la emoción del sistema (ver la imagen SAM de la parte inferior de la Figura 3).

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se presenta un prototipo de un sistema de conversación emocional que utiliza un canal de comunicación, el verbal. El método utilizado para el reconocimiento emocional ha sido el uso del diccionario afectivo ANEW, consiguiendo el valor medio de la frase completa, después de etiquetar cada una de las palabras. Puesto que el medio de transmisión de los mensajes es vía texto, este tipo de sistema de conversación puede tener utilidad en personas carentes de la capacidad del habla o del oído.

Asimismo, al utilizar la ontología *Affinto* como base de conocimiento que describe interacciones mediante diferentes modalidades, se facilita la incorporación de otros tipos de reconocimiento y síntesis emocional, tales como el habla. En este último caso, es posible representar la asociación entre los diferentes conjuntos de parámetros de voz de los usuarios y las emociones que éstos transmiten y así desarrollar un reconocedor emocional de habla [2].

No obstante, el uso de este tipo de diccionarios para el reconocimiento emocional de texto puede tener sus desventajas. Por ejemplo, ciertos adverbios sirven para enfatizar o cambiar el grado superlativo de la palabra que procede, por lo que el valor emocional de la frase tendría que cambiar. No es lo mismo decir que “me siento enormemente feliz” o que “me siento poco feliz”. Por tanto, como trabajo futuro, se realizará un análisis sintáctico más exhaustivo para detectar las palabras que puedan cambiar el valor emocional de las que constituyen una frase.

A pesar de ello, una de las razones para desarrollar este prototipo, aparte de validar la ontología *Affinto*, ha sido la posibilidad de crear un pequeño corpus basándose en las conversaciones de los usuarios que se lleven a cabo con el sistema. Si cada usuario valida emocionalmente las frases que transmite, es posible conseguir un corpus de frases emocionalmente etiquetadas. De este modo, el corpus creado podrá ser utilizado en un reconocedor emocional de textos que lleven a cabo otras técnicas tales como LSA.

En estos momentos, estamos llevando a cabo una validación del reconocedor emocional de texto, analizando las concordancias entre las estimaciones que genera el sistema reconocedor y las respuestas obtenidas en una evaluación emocional de frases por parte de varios participantes.

**Agradecimientos.** Este trabajo de investigación ha recibido financiación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco.

## Referencias

1. Picard, R.W: *Affective Computing*. MIT Press (1997)

2. Cearreta, I., & Garay-Vitoria, N.: Ontology for adapting interactions between humans and systems able to manage affective states. In: 18th UMAP - Workshop on User Models for Motivational Systems. Big Island of Hawaii, USA (2010)
3. Zue, V., Seneff, S., Glass, J., Polifroni, J., Pao, C., Hazen, T., & Hetherington, L.: Jupiter: A telephone-based conversational interface for weather information. *IEEE Trans. on Speech and Audio Proc.*, 8(1), pp. 85-96 (2000)
4. ALICE AI Foundation. Recuperado el 8 de Septiembre de 2010, de <http://www.alicebot.org/about.html>.
5. AIML (Artificial Intelligence Markup Language). A.L.I.C.E. AI Foundation Working Draft 8 August 2005 (rev 008). <http://www.alicebot.org/TR/2005/WD-aiml/>.
6. XML (Extensible Markup Language). W3C Recommendation 26 November 2008. <http://www.w3.org/TR/xml/>.
7. Baldassarri, S., Cerezo, E., & Anaya, D.: Interacción emocional con actores virtuales a través de lenguaje natural. In J. A. Macías, A. Granollers and P. Latorre (Eds.): *Interacción'07 - VIII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*. ISBN: 978-84-9732-596-7, pp. 343-352 (2007)
8. Francisco, V., & Gervás, P.: Análisis de dependencias para la marcación de cuentos con emociones. *Procesamiento de Lenguaje Natural*, 37, pp. 1135-5948 (2006)
9. García, D. & Alias, F.: Identificación de emociones a partir de texto usando desambiguación semántica. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 40, pp. 75-82 (2008)
10. Whissell, C.M. The dictionary of affect in language. In Robert Plutchik and Henry Kellerman (Ed.), *Emotion: Theory, Research, and Experience*, pp. 113-131. New York: Academic Press (1989)
11. Deerwester, S., Dumais, S.T., Furnas, G.W., Landauer, T.K., & Harshman, R.: Indexing by Latent Semantic Analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), pp. 391-407 (1990)
12. Strapparava C. & Mihalcea, R. Learning to identify emotions in text. In *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing (SAC '08)*. ACM, New York, NY, USA, pp. 1556-1560 (2008)
13. Ekman, P.: Expression and nature of emotion. In K. Scherer and P. Ekman (Eds.): *Approaches to emotion*. Hillsdale, Nueva Jersey: Erlbaum (1984)
14. Bradley, M.M. and Lang, P.J.: Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25, pp. 49-59 (1994).
15. OWL (Web Ontology Language). W3C Recommendation, 10 Feb 2004. <http://www.w3.org/2004/OWL/>.
16. ODEval. Recuperado el 13 de Febrero de 2009, de <http://minsky.dia.fi.upm.es:8080/odeval/index.html>
17. WonderWeb, Recuperado el 13 de Septiembre de 2009, de <http://www.mygrid.org.uk/OWL/Validator>
18. Bradley, M.M. & Lang, P.J.: Affective norms for English words (ANEW): Instruction manual and affective ratings. Technical Report C-1. The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida (1999)
19. KAON2. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de <http://kaon2.semanticweb.org/>.
20. SPARQL Query Language for RDF. W3C Recommendation 15 January 2008. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.
21. The Stanford Natural Language Processing. Recuperado el 05 de Abril de 2011, de <http://nlp.stanford.edu/software/lex-parser.shtml>.
22. RebeccaAIML. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de <http://rebecca-aiml.sourceforge.net/>.

## Evaluación de una plataforma semántica para la interacción con la Web de datos

Josep Maria Brunetti<sup>1</sup>, Rosa Gil<sup>1</sup>, Antonio López-Muzás<sup>2</sup>,  
Juan Manuel Gimeno<sup>1</sup>, Roberto García<sup>1</sup>

Universitat de Lleida

Jaume II, 69. 25001 Lleida, Spain

<sup>1</sup>{josepmbrunetti, rgil, jmgimeno, rgarcia}@diei.udl.cat, <sup>2</sup>lopezmuzas@gmail.com

**Resumen.** El objetivo de este trabajo es optimizar Rhizomik, una interfaz para la exploración de datos, de manera que los usuarios puedan comprender qué tipos de recursos hay, cómo están interrelacionados, cuáles son sus principales propiedades y valores, etc. Nuestra propuesta es especialmente necesaria hoy en día debido a la gran cantidad de datos disponibles en Internet, que está creciendo rápidamente gracias a las múltiples iniciativas de Datos Abiertos. Desafortunadamente, muchas de estas iniciativas sólo publican volcados de datos que son difíciles de analizar y reutilizar.

**Palabras clave.** Interfaz, Evaluación, Usabilidad, Visualización, Patrones de Interacción, Web Semántica, Datos Abiertos.

### 1 Introducción

La cantidad de datos disponibles en la Web, en su transición hacia la Web de Datos, está creciendo gracias a las múltiples iniciativas de Datos Abiertos. Desgraciadamente, muchas de estas iniciativas se limitan a publicar volcados de datos que resultan difíciles de analizar y reutilizar. Desde la perspectiva de los usuarios, el problema es que dichos datos son ficheros monolíticos totalmente opacos o que sólo se pueden navegar utilizando consultas complejas. El objetivo de este trabajo es conseguir que todos estos datos sean más usables, de manera que los usuarios puedan fácilmente comprender qué tipos de recursos hay o cómo están relacionados.

Nuestra propuesta consiste en aprovechar la experiencia acumulada en los campos de la Visualización de Información y la Arquitectura de la Información (AI) [1] para adaptar y reutilizar los actuales componentes de AI que soportan tareas de visualización de información cuando los usuarios interactúan con estos conjuntos de datos, mejorando su experiencia de usuario (UX).

En la Sección 1.1 se comenta el trabajo relacionado y otras iniciativas para trabajar con datos semánticos. Posteriormente, en la Sección 2, se presenta brevemente la interfaz Rhizomik y su optimización. Esta herramienta ha sido evaluada con usuarios y los resultados se explican en la Sección 3. Finalmente, el artículo acaba con la Sección 4 presentando las conclusiones y el planteamiento del trabajo futuro.

## 1.1 Trabajo relacionado

Las herramientas existentes permiten explorar conjuntos de datos proporcionando representaciones HTML de los recursos y pudiendo navegar entre ellos a través de enlaces, e.g. Talis Platform<sup>1</sup> o OpenLink Virtuoso<sup>2</sup>. Sin embargo, sólo proporcionan una vista para uno o varios sujetos y sus propiedades, y los usuarios deben conocer el identificador del dato que les interesa o realizar una consulta para llegar hasta él.

En algunos casos es posible acceder a través de otros componentes como facetas, pero no como parte de un navegador genérico, sino únicamente para un conjunto de datos en concreto, como es el caso de DBPedia Faceted Browser [2].

Por consiguiente, para los usuarios es muy difícil explorar un conjunto de datos utilizando las herramientas existentes y en algunos casos incluso se requieren conocimientos de Web Semántica.

## 2 Rhizomik: interfaz basada en patrones de interacción

Rhizomik es un sistema de gestión de contenidos (CMS) basado en tecnologías de Web Semántica capaz de almacenar contenidos heterogéneos. Rhizomik proporciona una interfaz genérica basada en patrones de interacción básicos que permite navegar y editar datos.

Desde el punto de vista de los Patrones de Interacción, se ha partido del conjunto de tareas fundamentales para el análisis de datos propuesto por Shneiderman [3]. Se han escogido los patrones de interacción y componentes de AI asociados [4] y se han aplicado a dichas tareas. Estos patrones y componentes son simples y se consideran fundamentales sobre cómo se estructura la información en la Web y, por lo tanto, han sido ampliamente estudiados en el campo de la Arquitectura de la Información.

Tarea	Patrón de interacción	Componente de AI
<i>Overview</i>	Navegación global	Menús de navegación
<i>Zoom &amp; Filter</i>	Navegación por facetas	Facetas
<i>Details</i>	<i>Details on demand</i>	Propiedades y valores

## 3 Evaluación

Rhizomik se ha probado con usuarios para evaluar su funcionalidad y usabilidad. El objetivo de los tests realizados ha sido hacer una evaluación preliminar de la interfaz generada automáticamente, de los componentes de AI y comprobar si los usuarios la entienden o tienen problemas al utilizarla.

Las métricas de usabilidad escogidas fueron la eficacia (porcentaje de tareas completadas) y eficiencia (porcentaje de tareas completadas por unidad de tiempo). Para las pruebas se utilizó un conjunto de datos semánticos real, llamado Linked

<sup>1</sup> <http://www.talis.com/platform>

<sup>2</sup> <http://virtuoso.openlinksw.com>

Movie Data Base (LinkedMDB)<sup>3</sup>, generado a partir de los datos de Internet Movie Database (IMDB)<sup>4</sup>, página que se considera de referencia sobre este tema.

Consecuentemente, se preparó un escenario con una tarea a realizar utilizando IMDB y otro con otra tarea utilizando Rhizomik:

- **Tarea A:** “Encontrar tres películas en las que Woody Allen es el director y actor al mismo tiempo” utilizando IMDB.
- **Tarea B:** “Encontrar tres películas en las que Clint Eastwood es el director y actor al mismo tiempo” utilizando Rhizomik.

Se seleccionaron seis participantes de un único perfil caracterizado por su interés por el cine y un alto conocimiento en las Tecnologías de la Información, aunque con un conocimiento limitado de la Web Semántica. Para evitar el aprendizaje, tres de los participantes empezaron por la tarea A y los tres restantes empezaron por la tarea B.

Los principales resultados del test se muestran y se analizan a continuación:

<b>Métricas IMDB (Tarea A)</b>			
Eficacia	100%	Tiempo de tarea (minutos)	3.37
Eficiencia	32%	Nº Usuarios que solicitaron ayuda	5
<b>Métricas Rhizomik – LinkedMDB (Tarea B)</b>			
Eficacia	100%	Tiempo de tarea (minutos)	2.41
Eficiencia	54%	Nº Usuarios que solicitaron ayuda	6

- Solamente un participante fue capaz de finalizar la tarea A sin ayuda.
- El **100%** de los participantes necesitó como mínimo en una ocasión la ayuda del facilitador para completar la tarea B concretamente.
- En la tarea B, el **100%** de los participantes inició la navegación desde actores en vez de películas. Ésta es la razón por la que los usuarios necesitaron ayuda, pero en cuanto se dieron cuenta que podían empezar la navegación desde películas, resolvían la tarea fácilmente.
- El 83% de los participantes completó la tarea B en menor tiempo que la A. Sólo un usuario finalizó la tarea A en menor tiempo que la tarea B.

A partir de los resultados del test y su análisis, se han elaborado estas propuestas para mejorar la interfaz de Rhizomik:

- La interfaz debería proporcionar más mecanismos para informar al usuario de dónde está, dónde puede ir y dónde ha estado. Por ello se propone integrar algún tipo de migas de pan que resuman los pasos de navegación que se han realizado mediante los menús y facetas. Otra opción serían pequeñas divisiones donde se pudiesen seguir los pasos que se han realizado para buscar atendiendo a la dimensión del contexto.
- Añadir un mecanismo de paginación de resultados que muestre claramente el número total de resultados y permita navegar a través de ellos.
- Mejorar la presentación de las facetas, especialmente cuando hay muchos valores distintos. Se propone utilizar índices de valores o representaciones gráficas para valores numéricos, por ejemplo un histograma.

<sup>3</sup> <http://www.linkedmdb.org>

<sup>4</sup> IMDB database <http://www.imdb.com>

- Marcar enlaces externos mediante algún tipo de imagen, texto o color, de manera que el usuario sea consciente de cuándo abandona la aplicación.
- Esconder algunas funcionalidades avanzadas, como la edición de datos, que no son útiles para usuarios no avanzados. Se definirán distintos perfiles de usuario que determinarán que opciones se muestran en cada perfil.

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

Rhizomik implementa funcionalidades que permiten desplegar y publicar cualquier conjunto de datos basado en tecnologías de Web Semántica y principios de datos abiertos, permitiendo a los usuarios explorar y conocer mejor estos datos. Esto se consigue mediante componentes genéricos tomados de la Arquitectura de la Información que se generan y mantienen automáticamente.

Las pruebas con usuarios realizadas muestran que los usuarios tienen un mejor rendimiento utilizando Rhizomik que con la interfaz original para un conjunto de datos de prueba. Sin embargo, los tests también muestran que la interacción de los usuarios está limitada por la estructura de los datos subyacentes. Por ejemplo, en el caso de LinkedMDB, existe la relación de actores por película pero no la inversa, limitando la interacción de los usuarios.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta el modelo mental de los usuarios en la interacción con datos. En este caso particular, propiedades inversas permitirían la relación inversa entre actores y películas. En esta dirección se centra el trabajo futuro, intentando proporcionar a los usuarios caminos de navegación alternativos.

## 5 Agradecimientos

Parte del trabajo documentado en este artículo ha contado con el soporte del Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto OMediaDis (Open Platform for Multichannel Content Distribution Management, TIN2008-06228).

## Referencias

- 1 Morville, P. & Rosenfeld, L. (2006). *Information Architecture for the World Wide Web*. O'Reilly Media.
- 2 Hahn, R., Bizer, B., Sahnwaldt, C., Herta, C., Robinson, S., Bürgle, M., Düwiger, H., Scheel, U.: *Faceted Wikipedia Search*. 13th International Conference on Business Information Systems (BIS'10), Berlin, Germany (2010).
- 3 Shneiderman, B. (1996). *The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations*. Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages (VL '96), pp. 336-343.
- 4 García, R.; Brunetti, J.M.; López-Muzas, A.; Gimeno, J.M.; Gil, R.: *Publishing and Interacting with Linked Data*. Proceedings of the 1st International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (WIMS 2011).

## Descripción Formal de Propiedades Esenciales de las Interfaces de Usuario Distribuidas

J.J. López, J.A. Gallud, E. Lazcorreta, A. Peñalver, F. Botella,

Centro de Investigación Operativa,  
Universidad Miguel Hernández de Elche, Avda de la Universidad s/n, 03202, Elche (Alicante)  
{jlopez,jgallud,enrique,a.penalver,federico}@umh.es

**Abstract.** El concepto tradicional de interfaz de usuario está cambiando debido a la creciente aparición de sorprendentes dispositivos que soportan novedosos e imaginativos modos de interacción. La combinación de pantallas situadas con dispositivos portables permite la interacción y colaboración de varios usuarios en la realización de una tarea común. Este documento ofrece una visión formalde las interfaces de usuario distribuidas (DUI) como medio para comprender mejor sus elementos esenciales y establecer las bases para demostrar formalmente sus propiedades y características.

### 1 Interfaces de Usuario Distribuidas

Las interfaces de usuario están evolucionando hacia interfaces de usuario distribuidas, con las que se ofrecen nuevas posibilidades de interacción acordes con las nuevas propuestas tecnológicas, que permiten la distribución de uno o más elementos de interacción sobre diferentes plataformas para soportar la interacción de uno o muchos usuarios. El uso de métodos formales para el diseño de la interfaz de usuario permite asegurar la coherencia entre los diseños para múltiples plataformas y demostrar propiedades como consistencia, coherencia e integridad [1]. Los esfuerzos previos dedicados a especificar las interfaces de usuario (UI) [2] deben ser revisados y redefinidos para el uso de DUI.

Tal como menciona [3], DUI se refiere a la distribución de elementos de una o varias interfaces de usuario a fin de soportar el que uno o muchos usuarios puedan llevar a cabo una o varias tareas en uno o varios dominios en uno o muchos contextos de uso, donde el contexto de uso está formado por los usuarios, las plataformas y el entorno. Otros trabajos previos han abordado, no siempre desde una perspectiva formal, la especificación de las características destacables de las DUI, así como propuestas de modelos de referencia [4][5][6][7]. En este trabajo, definimos una interfaz de usuario como un conjunto de elementos (de entrada, salida y control) que permite a los usuarios interactuar con diferentes tipos de dispositivos. Proponemos un método formal para desarrollar interfaces de usuario distribuidas (DUI). Las técnicas de descripción formal ofrecen un medio para producir descripciones no ambiguas de las interacciones complejas que se dan en las DUIs (distribución de elementos,

comunicación entre ellos, interacción distribuida), de un modo más preciso y comprensible que las descripciones que utilizan el lenguaje natural.

## 2 Propiedades Esenciales de los DUI

Las propiedades esenciales son aquellas características que deben estar presentes en un sistema DUI para ser considerado como tal:

**Portabilidad:** La interfaz de usuario o elementos de la misma se pueden transferir entre plataformas y dispositivos por medio de simples acciones del usuario, sin perder el objetivo inicial. P.e, una herramienta de diseño gráfico ejecutándose en un PC que permite, con una acción simple, transferir la paleta de colores a un dispositivo móvil.

**Descomposición:** Una DUI se puede descomponer si, uno o más de los elementos que la componen se pueden ejecutar de forma independiente sin perder su funcionalidad y objetivo común. P.e., una calculadora se puede descomponer en dos elementos de UI, la pantalla y el teclado numérico. Estos dos elementos de UI también se pueden unir en una única UI (composición).

**Simultaneidad:** Una DUI es simultánea si diferentes elementos de la misma pueden ser utilizados en el mismo instante sobre diferentes plataformas por uno o varios usuarios. Esta característica no implica que los sistemas DUI deban ser multiusuario.

**Continuidad:** Una DUI es continua si cualquiera de sus elementos puede ser transferido a otra plataforma manteniendo el estado. Por ejemplo, la transferencia de una llamada de móvil a la TV sin que ésta se interrumpa.

Algunas propiedades pueden ser derivadas de las consideradas esenciales anteriormente: (i) Multi-plataforma (las propiedades de portabilidad y simultaneidad implican que el sistema DUI hace uso de más de una plataforma o dispositivo). (ii) Multi-monitor (un sistema DUI es multi-monitor si utiliza más de un monitor o pantalla). (iii) Multiusuario (la propiedad simultaneidad admite que más de un usuario esté interactuando con el sistema DUI en el mismo instante de tiempo). Además de las propiedades anteriores, se debe garantizar algunos de los criterios de calidad que se aplican a las interfaces de usuario tradicionales, como usabilidad y accesibilidad.

## 3 Definiciones Básicas

En esta sección presentamos nuestra propuesta para especificar formalmente el concepto de DUI a partir de la definición de la sección 1. Para ello, es necesario definir previamente otros conceptos importantes:

**Elemento de Interacción.** Un *Elemento de Interacción*  $\in E$  se define como un elemento que permite a un usuario  $u$  llevar a cabo una interacción con la plataforma  $p$  (denotado como  $u \sim^e p$ ). El elemento puede ser de entrada de datos  $u \sim_{-}^e p$ , de salida  $u \sim_{-}^e p$  o de control o comando  $u \sim_{-}^e p$ . En este artículo utilizaremos la notación genérica  $\sim^e$  que incluye los tres tipos de flujos.

**Funcionalidad.** Dos elementos de interacción  $e$  y  $e'$  tienen la misma *funcionalidad* si el usuario puede realizar la misma acción en su interacción con el dispositivo (lo denotamos como  $e =^F e'$ ).

**Objetivo.** Se dice que un subconjunto de elementos de interacción  $E_0 \subset E$  tienen un mismo *Objetivo* (*target*) ( $e \in^T E_0$ ) si  $\forall e \in E_0$ , si un usuario  $u \in U$  obtiene a través de la funcionalidad de  $e$  una acción de la tarea cuyo fin es alcanzar dicho objetivo.

**Interfaz de Usuario.** Una *Interfaz de Usuario* (UI)  $i \in UI$  es un conjunto de elementos de interacción tal que  $i = \{e \in E \mid e \in^T i\}$ , es decir, la UI queda definida por el objetivo para el cual se ha escogido ese conjunto de elementos de interacción. A partir de las definiciones anteriores podríamos definir UI como un conjunto de elementos de interacción que permite al usuario llevar a cabo una tarea en un contexto de uso determinado.

**Plataforma.** Se dice que un elemento de interacción  $e \in E$  existe en una *plataforma*  $p \in P$  (denotado por  $\sim^e p$ ), si  $e$  puede ser implementado, soportado o ejecutado sobre  $p$ . Por lo tanto, se deduce de la definición la existencia de un framework en  $p$  que soporta el elemento de interacción  $e$ . Diremos que una interfaz de usuario  $i \in UI$  es soportada sobre una plataforma  $p \in P$  (denotado por  $u \sim^i p$ ) si  $\forall e \in i$ , ocurre que,  $u \sim^i p$  siendo  $u$  un usuario cualquiera. Además, diremos que una interfaz de usuario  $i \in UI$  es soportada en un conjunto de plataformas  $P_0 \subset P$  ( $u \sim^i P_0$ ) si  $\forall e \in i \setminus u \sim^i p \forall p \in P_0$  siendo  $u$  un usuario cualquiera.

**Interfaz de Usuario Distribuida.** Se define una *Interfaz de Usuario Distribuida*  $i \in DUI$  como:

$$di = \bigcup_{k=1}^N i_k = \bigcup_{k=1}^N \{e_{kj} \in E \mid e_{kj} \in i_k, j = 1 \dots N_k, e_{kj} \in^T di\}$$

$$|\text{existen } n_p > 1 \text{ plataformas } \{p_s \in P \mid s = 1 \dots n_p\} \text{ y}$$

$$di = \bigcup_{s=1}^{n_p} \{e_{sj} \in E \mid u \sim^{e_{sj}} p_s, j = 1 \dots n_{p_s}, e_{sj} \in^T di\}$$

Por lo tanto, una DUI es una colección de elementos de interacción que forma un conjunto de interfaces de usuario, es decir, un conjunto de elementos con un objetivo común. Estos elementos se distribuyen en un conjunto de plataformas, sin perder su funcionalidad ni el objetivo común que se alcanza mediante las tareas del usuario.

## 4 Definición de las Propiedades Esenciales

Una vez definido formalmente del concepto de DUI, las propiedades esenciales anteriormente expuestas se pueden formalizar siguiendo la notación propuesta:

**Portabilidad:** Se dice que una interfaz de usuario  $i \in UI/u \sim^i p$  siendo  $u \in U$  y  $p \in P$ , es *portable* si existe  $E_0 = \{e \in E \mid e \in^T i\} \subset i$  tal que  $u \sim^{E_0} p'$  y  $u \sim^{\bar{E}_0} p$  siendo  $p' \in P$ , obteniendo el mismo objetivo que  $i$ .

**Descomposición:** Una interfaz de usuario  $i \in UI$  se puede *descomponer* si existe un subconjunto  $E_0$  de  $i$  tal que  $E_0 = \{e \in i/e \in^{T'} E_0\}$  y  $\bar{E}_0 = \{e \in i/e \in^{T''} \bar{E}_0\}$  obteniendo el mismo objetivo que  $i$ . Obsérvese que *Portabilidad* no exige *Descomposición* y al revés.

**Simultaneidad:** Una interfaz de usuario distribuida  $di \in DUI$  cumple la propiedad de *simultaneidad* en  $p_0, p_1 \dots p_n \in P$  con  $n > 1$  para  $u_k \in U$  con  $k = 1 \dots n_u$  ( $n_u > 1$ ) usuarios cualesquiera, si  $di = \bigcup_{j=1}^N i_j$  con  $i_j \in UI$ , y  $u_k \sim^{i_j} p_s$  en el mismo instante temporal, con  $j = 1 \dots N$  y  $s = 1 \dots n$  y  $k = 1 \dots n$ .

**Continuidad:** Se dice que una interfaz de usuario distribuida  $di \in DUI$  es *continua* en  $p_0, p_1 \dots p_n \in P$  si  $\forall e \in di$ , ocurre que  $u \sim^e p_0$ ,  $u \sim^e p_1$  manteniendo el estado de  $di$ , es decir, siendo el estado de  $diE_j(di)$ , en ambos casos se llegará a  $E_{t(i)}$  (pudiendo ser  $t = \{0, j, j+1, j-1, F\}$ , donde  $F$  es un estado final).

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

Este trabajo presenta una nueva notación para describir formalmente las propiedades esenciales de las Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI): descomposición, portabilidad, simultaneidad y continuidad. El trabajo futuro incluirá la definición de una arquitectura dirigida por modelos (MDA) para el desarrollo de Interfaces de Usuario Distribuidas multiplataforma.

## Referencias

1. Bowen, J., Reeves, S.: Using formal models to design user interfaces: a case study. In: Proceedings of the BCS-HCI '07, Swinton, UK, UK (2007) 159–166
2. Chi, U.: Formal specification of user interfaces: A comparison and evaluation of four axiomatic approaches. IEEE Transactions on Software Engineering 11 (1985) 671–685
3. Vanderdonckt, J.: Distributed user interfaces: How to distribute user interface elements across users, platforms, and environments. In: International Conference Interaccion. (2010)
4. G. Calvary, G. Coutaz, D.T.Q.L.B., Vanderdonckt, J.: A unifying reference framework for multi-target user interfaces. Interacting with computers 15(3) (2003) 289–308
5. A. Demeure, G. Calvary, S.S., Vanderdonckt, J.: A reference model for distributed user interfaces. Task models and diagrams for user interface design (2005) 79–86
6. Demeure, A., Sottet, J.-S., Calvary, G., Coutaz, J., Ganneau, V., and Vanderdonckt, J. The 4C reference model for distributed user interfaces. In Proc. Of 4th International Conference on Autonomic and Autonomous Systems ICAS 2008 (2008), 61–69
7. Reichart, D.: A.: Task models as basis for requirements engineering and software execution. In: In Proc. of TAMODIA 2003, ACM Press (2004) 51–58

## **Sistemas para la colaboración**



# Un Marco Conceptual Para el Modelado de Mecanismos de Awareness en Sistemas Colaborativos

Fernando Gallego, Ana Isabel Molina, Jesús Gallardo, Crescencio Bravo

Escuela Superior de Informática  
Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4, Ciudad Real, España  
{Fernando.Gallego, AnaIsabel.Molina, Jesus.Gallardo, Crescencio.Bravo}@uclm.es

**Resumen.** El *awareness* se define como la percepción de las actividades que están realizando los miembros de un equipo de trabajo en un contexto determinado. El empleo de técnicas de soporte al *awareness* permite reducir los esfuerzos comunicativos necesarios para desarrollar tareas colaborativas y, por lo tanto, conlleva mejoras productivas en el desarrollo del trabajo en grupo. En este artículo se propone un marco conceptual que permite mejorar y enriquecer, considerando la dimensión de *awareness*, el proceso de construcción de sistemas colaborativos interactivos propuesto por CIAM, un marco metodológico para el diseño de aplicaciones interactivas de trabajo en grupo.

**Keywords:** *Awareness*, Desarrollo de Sistemas Colaborativos, Metamodelo.

## 1 Introducción

Uno de los aspectos más importantes a considerar a la hora de desarrollar sistemas *groupware* es la percepción de la actividad que está haciendo el grupo de trabajo y de sus miembros, conocida como *awareness* [1]. El empleo de técnicas de soporte al *awareness* permite a los usuarios conocer las actividades que están desarrollando otros usuarios y en qué lugares del espacio compartido de trabajo y cómo se están realizando. Por lo tanto, incorporar elementos de soporte al *awareness* permite que los usuarios puedan trabajar conjuntamente de una forma más eficaz.

El diseño y el desarrollo de sistemas colaborativos es una tarea difícil debido a la multidisciplinaridad y la complejidad técnica de este tipo de sistemas. El enfoque de desarrollo dirigido por modelos, actualmente en auge, consiste en hacer uso de especificaciones de alto nivel para el desarrollo de un sistema. Un enfoque basado en modelos podría ayudar a identificar, organizar y razonar acerca del comportamiento de un sistema colaborativo. A partir de los modelos creados es posible, incluso, aplicar un proceso de generación de la aplicación final colaborativa de forma semiautomática [2]. Molina et al. [3] han revisado las distintas propuestas existentes para la especificación, basada en modelos, de sistemas colaborativos interactivos. Puede así concluirse que ninguna de ellas contempla la especificación adecuada de las necesidades del usuario respecto al *awareness* y, menos aún, un soporte sistemático ni computacional al modelado de dicha característica.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo es proponer un marco conceptual que permita incluir aspectos de *awareness* en el modelado de tareas colaborativas. En cuanto al modelado de este tipo de tareas se adopta la notación propuesta en el marco metodológico CIAM [5], denominada CIAN [6]. Dicha notación proporciona soporte al modelado de la colaboración y del contexto compartido [4]. El contexto compartido se define como el conjunto de objetos que son visibles y están disponibles al conjunto de usuarios y las acciones que puede hacerse sobre ellos.

El presente trabajo está organizado en cuatro secciones. En la sección 2 se citan los principales trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas colaborativos basado en modelos y con el diseño del *awareness*. Posteriormente, en la sección 3, se explica en qué consiste nuestro marco conceptual para el modelado de mecanismos de *awareness*. Finalmente, se exponen las conclusiones obtenidas y las líneas de trabajo futuro que se derivan del presente trabajo.

## 2 Estado de la Cuestión

El enfoque de desarrollo de *groupware* basado en modelos propone basar el proceso de desarrollo en el modelado conceptual de la aplicación colaborativa [7]. Existen varios enfoques metodológicos [8-12] para el desarrollo de sistemas colaborativos que proponen distintas notaciones para la creación de los modelos que describen las peculiaridades de este tipo de sistemas. Un estudio más detallado de las distintas propuestas para el modelado conceptual de sistemas de soporte al trabajo en grupo puede consultarse en [3]. Entre dichas propuestas se encuentra CIAM [5]. CIAM es una metodología para el diseño basado en modelos de aplicaciones interactivas de trabajo en grupo. En este trabajo tomamos esta metodología como punto de partida y proponemos enriquecerla para contemplar características de *awareness*. Los modelos propuestos por CIAM son soportados por una notación denominada CIAN [6]. Esta notación permite el modelado de la colaboración, la comunicación y la coordinación. El proceso de modelado propuesto por CIAM comienza por el estudio de las relaciones sociales y roles que harán uso de la aplicación. A continuación, se modela el trabajo del grupo. Seguidamente se especifican, con mayor nivel de detalle, las tareas de trabajo en grupo, distinguiendo entre tareas cooperativas y colaborativas. La especificación de estas últimas incluye la definición del *contexto compartido*, así como la posibilidad de especificar distintas áreas de acceso, modificación y visualización del mismo (*área de visualización colaborativa*, *área de visualización individual* y *área de acceso exclusivo*). Finalmente, y a partir de los modelos anteriores, se generan diagramas de interacción en notación CTT que sirven de entrada a un proceso de generación automática de la interfaz de usuario final.

En las tareas de trabajo en grupo con un contexto compartido (tareas colaborativas) cobran importancia los mecanismos de *awareness*. Si los usuarios pueden tener percepción de las actividades que están realizando los demás participantes, pueden mejorar notablemente su productividad. Sin embargo, ninguna de las propuestas analizadas para el desarrollo de *groupware* basado en modelos soporta el modelado de aspectos de *awareness*. Por lo tanto, este es el objetivo que nos planteamos: *incorporar el modelado de estos aspectos de consciencia de grupo al modelado de las*

*tareas colaborativas en el contexto de CIAM.* Antes de abordar esta problemática, es necesario repasar brevemente qué se entiende por *awareness*, los diferentes tipos existentes, así como las propuestas ya existentes que abordan el diseño del soporte al *awareness* en los sistemas colaborativos.

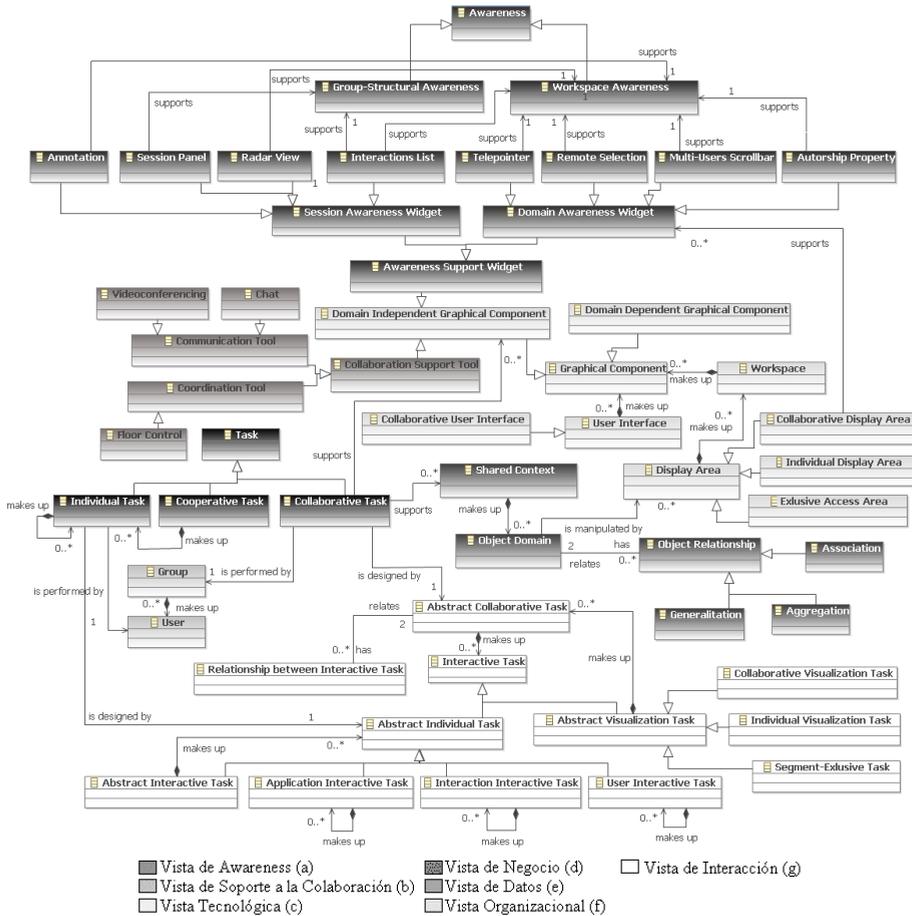
El *awareness* se define como la capacidad de percibir o conocer las actividades que están realizando los miembros de un equipo de trabajo en un contexto determinado [1]. Dicha posibilidad puede ayudar a reducir los esfuerzos meta-comunicativos necesarios para desarrollar actividades colaborativas que tratan de promover la colaboración real entre los miembros de un grupo [13]. Según el tipo de consciencia que se proporcione, el *awareness* puede clasificarse en cuatro tipos diferentes [13]: *Awareness Informal*, (información general de quién está alrededor y de qué actividad se está realizando), *Awareness Social* (información que una persona mantiene sobre los demás en un contexto social o conversacional), *Awareness de la Estructura del Grupo* (que implica un conocimiento acerca de los roles y de las responsabilidades de las personas, su estado, etc.) y el *Awareness del Espacio de Trabajo* (conocimiento de las interacciones de otras personas en el espacio de trabajo y con sus artefactos).

En el ámbito del modelado del *awareness* en sistemas colaborativos se han encontrado diferentes propuestas [15-17]. Las propuestas encontradas tienen una perspectiva centrada, generalmente, en el dominio del diseño de *awareness* en sistemas interactivos, pero sin tener en cuenta la tecnología de la implementación. Uno de los trabajos más relevantes es el de Gutwin y Greenberg [15], que desarrolla una teoría descriptiva del *awareness* con el fin de ayudar al diseño y la evaluación del trabajo en grupo, centrándose en el *Awareness del Espacio de Trabajo*. Otro trabajo destacable es la ontología propuesta por Gallardo [16], la cual conceptualiza los aspectos más importantes del *awareness*, aunque para un tipo concreto de sistemas: los sistemas colaborativos de modelado. Esta propuesta está preparada para integrarse en una propuesta de desarrollo dirigida por modelos. Finalmente, Kokar [17] presenta una formalización de situaciones compatible con la interpretación de *awareness* de situación y con la teoría de situación.

### **3 Un Marco Conceptual para el Diseño de Awareness en Tareas Colaborativas**

Tal y como se ha apuntado anteriormente nuestro interés se centra en enriquecer los modelos propuestos en el marco metodológico CIAM, ya que esta metodología no incorpora aspectos de *awareness*. En esta sección se presenta un metamodelo en el que se especifican qué aspectos relacionados con la consciencia de grupo se deberán incluir en las notaciones y diagramas propuestos por CIAM. El desarrollo del metamodelo toma como punto de partida la ontología propuesta por Gallardo [16], pero sin centrarse en los sistemas colaborativos de modelado e incluyendo otros aspectos adicionales. Así, el metamodelo propuesto contempla el diseño de *awareness* para cualquier tipo de sistema colaborativos y presenta un enfoque cercano a la implementación de los mecanismos de *awareness* partiendo de los conceptos de CIAM. El metamodelo creado da soporte a los mecanismos de *awareness* de los tipos *Awareness de la Estructura del Grupo* y *Awareness del Espacio de Trabajo*

explicados anteriormente. Ambos son los que tienen una implicación más directa a nivel de implementación del sistema colaborativo. El *Awareness de la Estructura del Grupo* está fuertemente relacionado con el conocimiento sobre los usuarios que pueden trabajar en una determinada sesión y cómo se pueden relacionar, sin tener en cuenta los cambios realizados en el contexto compartido. Mientras que el *Awareness del Espacio de Trabajo* trata acerca de la información de los usuarios con respecto a los cambios producidos en el contexto compartido. Aún así, los otros dos tipos (*Awareness Social e Informal*) podrán ser considerados en el futuro.



**Figura 1.** Metamodelo propuesto

En la Figura 1 se muestra el metamodelo propuesto. Se hace uso de un diagrama de clases en UML para mostrar los conceptos que considera, así como las relaciones entre ellos. El metamodelo propuesto incluye las siguientes vistas o aspectos a considerar a la hora de especificar un sistema colaborativo con soporte al *awareness*: La *vista organizacional* (Figura 1.f) incluye los conceptos relacionados con los integrantes que forman el equipo de trabajo; la *vista de datos* (Figura 1.e) incluye los conceptos relacionados con el dominio y datos que se manipulan en el contexto

compartido; la *vista tecnológica* (Figura 1.c) considera los aspectos de implementación de los mecanismos de *awareness* y los aspectos más interactivos de la actividad, como son los componentes y los espacios de trabajo que pueden formar la interfaz gráfica de la aplicación; la *vista de soporte a la colaboración* (Figura 1.b) incluye los conceptos relacionados con el soporte a la comunicación y la coordinación; la *vista de interacción* (Figura 1.g) agrupa los conceptos relacionados con el modelado de los aspectos más interactivos de la aplicación; la *vista de negocio* (Figura 1.d) incluye las entidades relacionadas con el diseño de las tareas independientemente de la tecnología usada y; finalmente, la *vista de awareness* (Figura 1.a) incluye los conceptos relacionados con el soporte a la consciencia de grupo.

A continuación, se explica la relación existente entre los distintos conceptos incluidos en el metamodelo propuesto. En primer lugar, en la *vista de negocio* (Figura 1.d) se puede observar que una *tarea* (*Task*) de trabajo puede ser *individual* (*Individual Task*), *cooperativa* (*Cooperative Task*) o *colaborativa* (*Collaborative Task*). Centrándonos en las *tareas colaborativas*, estas pueden ser soportadas por varios *componentes independientes del dominio* (*Domain Independent Graphical Component*) que facilitan su desarrollo, como por ejemplo un *chat*. Asimismo, es conveniente proporcionar información sobre las actividades que están realizando los demás participantes en la sesión. Para ello se podrán incluir componentes o controles visuales que den soporte a la percepción de esta información. Los *widgets* que dan soporte a este tipo de *awareness* se denominan *Widgets de Awareness de Sesión* (*Session Awareness Widget*). Además, en las *tareas colaborativas* se podrán incluir componentes que den soporte a la *coordinación* (*Coordination Tool*) y a la *comunicación* (*Communication Tool*). Por lo tanto, existe una relación entre *componentes independientes del dominio* y las *tareas colaborativas* para denotar que estas *tareas* pueden soportar este tipo de componentes.

Respecto a la *vista Organizacional* (Figura 1.f), un grupo de usuarios (*Group*) trabaja conjuntamente sobre un *contexto compartido* (*Shared Context*) dentro de la *tarea colaborativa*. En la *vista de datos* (Figura 1.e), se puede observar que el *contexto compartido* estará formado por un conjunto de *objetos del dominio* (*Object Domain*) junto a sus *relaciones* (*Object Relationship*). Estos objetos son manipulados en un *área de visualización* (*Display Area*) de la interfaz gráfica en la que se diferencian tres secciones: objetos manejados en el *área de visualización colaborativa* (*Collaborative Display Area*) (en la que se muestra la información compartida consistente para todos los participantes); los objetos manipulados en el *área de visualización individual* (*Individual Display Area*) (que proporciona la información necesaria para que cada miembro del grupo realice sus *tareas individuales*); y el área que permite acceder al subconjunto del modelo de datos que es accedido de forma exclusiva por un único usuario de la aplicación a la vez, esto es el *área de acceso exclusivo* (*Exclusive Access Area*).

La *vista de datos* (Figura 1.e) está relacionada con la *vista tecnológica* (Figura 1.c), ya que una o varias áreas de visualización, en las que se manejan los objetos, componen el *espacio de trabajo* (*Workspace*). Esta división en espacios de trabajos y áreas de visualización se realiza con el fin de limitar la información de *awareness* únicamente a las áreas de visualización colaborativa o espacios de trabajo en grupo y, por lo tanto, reducir el exceso de información. En este tipo de área (de visualización

colaborativa) es en las que tiene sentido soportar mecanismos de *awareness*, encargados de proporcionar información relativa a las interacciones realizadas sobre los objetos del dominio por parte de los distintos usuarios. Esta información será proporcionada por los llamados *Domain Awareness Widgets*. Por otro lado, los *componentes gráficos (Graphical Component)* forman la *interfaz de usuario (User Interface)*, concretamente componen una *interfaz de usuario colaborativa (Collaborative User Interface)* siempre que algún componente gráfico de la interfaz soporte la interacción con el *contexto compartido*. Un *componente gráfico* estará compuesto por varios espacios de trabajo. Dichos *componentes gráficos* pueden ser: *dependientes del dominio (Domain Dependent Graphical Component)* e *independientes del dominio (Domain Independent Graphical Component)*. Dentro de los independientes del dominio se diferencian dos tipos: uno es el de las *herramientas que dan soporte a la colaboración (Collaboration Support Tool)*, que, a su vez, pueden ser de *coordinación (Coordination Tool)* o de *comunicación (Communication Tool)*; por otro lado, también son herramientas independientes del dominio los *widgets de soporte al awareness (Awareness Support Widget)* como, por ejemplo, una *Vista de Radar (Radar View)*. Los aspectos relacionados con los *widgets de soporte al awareness* forman la *vista de awareness* (Figura 1.a). En esta vista se puede observar que se diferencian dos tipos de *widget*: uno es el de los *Widgets de Awareness de Sesión (Session Awareness Widget)*, como por ejemplo un *Panel de Sesión (Session Panel)*, ya que proporciona información sobre los usuarios que están trabajando en la sesión; y el otro es el de *Widgets de Awareness de Dominio (Domain Awareness Widget)*, como por ejemplo un *telepuntero*, que maneja información referente al contexto compartido pero sin modificar esta información. Estos *widgets de soporte al awareness* están relacionados con el tipo de *awareness* que realizan. Como se explicó anteriormente, las acciones realizadas por estos *widgets* han sido clasificadas en dos tipos específicos de *Awareness*: *Awareness de la Estructura del Grupo (Group-Structural Awareness)* y *Awareness del Espacio de Trabajo (Workspace Awareness)*.

Por otro lado, en la vista interactiva, cada *tarea (Task)* tendrá asociado una *tarea interactiva* para describir la presentación de dicha tarea. En el caso de las tareas colaborativas especificadas en CIAM, estas tareas tendrán asociada una *tarea interactiva colaborativa (Abstract Collaborative Task)*. La *tarea interactiva colaborativa* se descompondrá en *tareas interactivas (Interactive Task)* formando un árbol de tareas. Estas tareas interactivas tendrán relaciones de precedencia y de paso de información (*Relationship between Interactive Tasks*). Cada tarea interactiva podrá ser o bien una tarea individual (*Abstract Individual Task*) o bien una tarea de visualización (*Abstract Visualization Task*). Las tareas de visualización se pueden distinguir en *Tareas de visualización colaborativa (Collaborative Visualization Task)*, *tareas de visualización individual (Individual Visualization Task)* y *tareas de acceso exclusivo (Exclusive Access Task)*. Cada una de estas tareas estará compuesta por otras tareas interactivas.

El soporte a la consciencia de grupo o *awareness* finalmente se traduce, a nivel de implementación, en la inclusión de una serie de elementos gráficos o *widgets* en la interfaz de usuario. Después de analizar distintas herramientas colaborativas encontradas en la literatura y extraer los elementos gráficos más comunes de soporte al *awareness*, en nuestra propuesta se han considerado determinados *widgets* que pueden satisfacer las necesidades de la mayor parte de aplicaciones colaborativas. En

la Tabla 1 se muestran los *widgets* considerados, así como una breve descripción de los mismos. Hemos clasificado los *widgets* que soportan el *Awareness* en dos tipos: *Widgets de Awareness de Dominio* y *Widgets de Awareness de Sesión*, que fueron explicados anteriormente. Estos *widgets* y la clasificación realizada según el tipo de información que manejan forman parte de la vista de *awareness* del metamodelo propuesto (Figura 1.a).

**Tabla 1.** Definición de *Widgets* de Soporte al *Awareness*

<b>Widget</b>	<b>Tipo de Widget</b>	<b>Descripción</b>
<i>Vista de Radar</i>	<i>Widgets de Awareness de Sesión</i>	Widget que muestra el área donde los usuarios están trabajando y las actividades que están realizando
<i>Telepuntero</i>	<i>Widgets de Awareness de Dominio</i>	Cursor gráfico que indica la posición del puntero del ratón del resto de miembros del equipo que están interactuando con el contexto compartido.
<i>Propiedad de Autoría</i>	<i>Widgets de Awareness de Dominio</i>	Widget que muestra, para cada objeto en el contexto compartido, el usuario que lo creó.
<i>Lista de Interacciones</i>	<i>Widgets de Awareness de Sesión</i>	Widget que muestra textualmente las interacciones que tienen lugar durante una sesión.
<i>Barra de Desplazamiento Multi-Usuario</i>	<i>Widgets de Awareness de Dominio</i>	Widget que muestra la ubicación de cada usuario en el área de trabajo según la posición de la barra de desplazamiento.
<i>Anotación</i>	<i>Widgets de Awareness de Sesión</i>	Nota breve de texto que el usuario puede publicar para compartir mensajes de manera asincrónica
<i>Panel de Sesión</i>	<i>Widgets de Awareness de Sesión</i>	Muestra los actores que participan en una sesión junto con información adicional acerca de ellos
<i>Selección Remota</i>	<i>Widgets de Awareness de Dominio</i>	Muestra el objeto de contexto compartido que ha sido seleccionado por otro usuario

A continuación, se presenta el diseño de una tarea colaborativa usando la notación CIAN. En dicha notación se han incluido elementos gráficos para representar los mecanismos de *awareness* especificados en el metamodelo. La tarea diseñada (*Lista Final de Artículos*) es parte del modelado de un *Sistema de Gestión de Congresos*, el cual permite dar soporte a los procesos de envío, evaluación y selección de artículos en una conferencia. El modelado completo de este sistema colaborativo usando CIAN puede consultarse en [6]. La tarea que se muestra consiste en la elaboración de la lista final de artículos aceptados y rechazados. Dicha tarea consiste en mostrar la lista de artículos según un criterio específico y, a continuación, el presidente y los demás miembros del Comité deben elegir, conjuntamente, qué artículos son aceptados y cuáles son rechazados. Se considera que esta tarea es de naturaleza colaborativa.

La primera sección (Figura 2.a) recoge información sobre el equipo de trabajo que desempeña la tarea y, por tanto, los elementos que modela tienen relación con la *vista organizacional* del metamodelo propuesto. En la zona central del modelo se define el *contexto compartido* (Figura 2.b) que especifica conceptos que forman parte de la *vista de datos* del metamodelo. Para especificar este contexto compartido usamos la notación UML, a la que añadimos unos iconos para expresar características de visualización y bloqueo de los objetos que componen el contexto compartido. Por último, en la tercera parte de la tarea (Figura 2.c) se muestra el *modelo de interacción*,

en notación CTT, asociado a la tarea colaborativa. La propuesta CIAM incluye un algoritmo que genera automáticamente dicho árbol a partir de la definición del contexto compartido. Los conceptos modelados en esta sección forman parte de la *vista de interacción*. Como se puede observar en la parte superior de la Figura 2.e, se ha añadido un *chat*, para facilitar la comunicación entre los participantes, una *Lista de Interacciones*, para conocer las interacciones realizadas por los usuarios, y un *panel de sesión*, que permite tener conocimiento sobre los usuarios con los que se está colaborando. Estos elementos de modelado permiten relacionar la tarea colaborativa con los *componentes independientes del dominio*. También se pueden añadir componentes o controles visuales (*widgets*) que aporten información sobre las interacciones realizadas en el *contexto compartido*. Concretamente, en las *áreas de visualización colaborativa* los objetos del dominio son manipulados conjuntamente por todo el equipo de trabajo. Por lo tanto, sobre estas áreas se pueden añadir componentes o controles gráficos que aportan esta información, es decir, *Widgets de Awareness de Dominio*. En este ejemplo, sobre el objeto *Lista Final* se ha añadido el *widget Selección Remota*, que permite conocer la localización, dentro del contexto compartido, de los demás participantes (Figura 2.d). Relacionar estos *widgets de awareness* en el área de visualización colaborativa respetan la relación existente entre la entidad *Collaborative Display* y *Widgets de Awareness de Dominio* en el metamodelo.

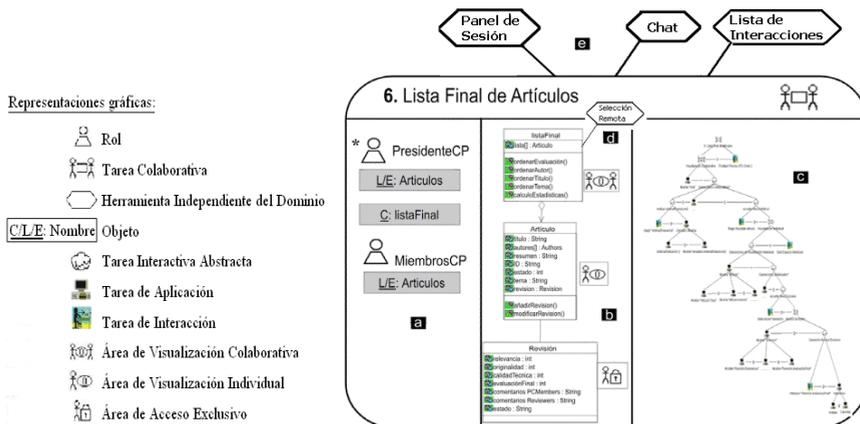


Figura 2. Diseño de tareas colaborativas basado en el metamodelo usando la notación CIAM

A partir de este momento termina el diseño de la tarea colaborativa dando paso al desarrollo de la aplicación. En la Figura 3 se muestra el aspecto que podría tener la aplicación desarrollada para soportar la tarea de trabajo en grupo diseñada.

Respecto a los mecanismos de *awareness* diseñados, esta aplicación contendría *widgets* de soporte al *awareness* independientes del dominio como un *Chat* (Figura 3.a), un *Panel de Interacciones* (Figura 3.b) y un *Panel de Sesión* (Figura 3.c); y un *widget* de soporte al *awareness* dependiente de dominio como es el componente visual *Selección Remota* (Figura 3.d). Los demás componentes gráficos que forman la aplicación son diseñados mediante el modelo de interacción en notación CTT (Figura 2.c).

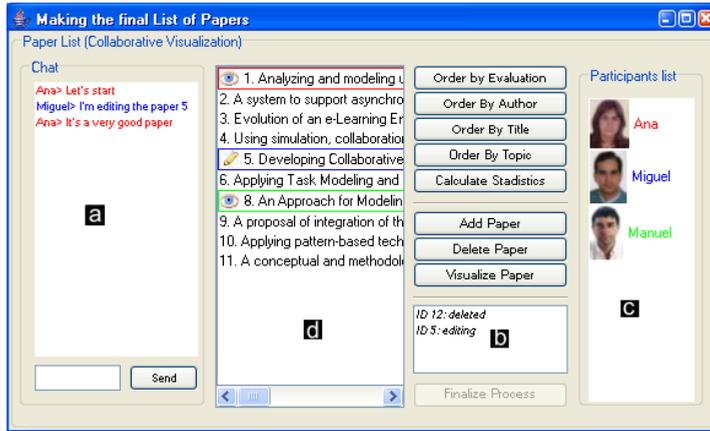


Figura 3. Aplicación que da soporte a la realización de la tarea colaborativa diseñada

## 4 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo se ha presentado un metamodelo que permite identificar conceptos relativos al *awareness* que deben ser considerados en propuestas de modelado de sistemas *groupware* interactivos, como es el caso de la propuesta tomada como punto de partida (CIAM). Una vez identificados dichos conceptos, así como la relación entre ellos, el siguiente paso fue definir una notación gráfica que permita modelarlos. En nuestro caso hemos optado por tomar como punto de partida la notación gráfica CIAN, la cual proporciona modelos adecuados para especificar *tareas colaborativas*, *contextos compartidos* y *áreas gráficas de visualización*. Nuestro objetivo ha sido, por tanto, enriquecer dichas especificaciones para incluir mecanismos de *awareness*. Al final de la sección 3 se ha mostrado una primera propuesta de enriquecimiento de los modelos de CIAN mediante un pequeño caso de estudio.

Nuestro trabajo futuro pasa por relacionar e integrar todas las vistas y entidades identificadas en el metamodelo con el proceso de modelado propuesto por CIAM, distinguiendo qué partes del metamodelo se deben tener en cuenta en cada paso del marco metodológico. Además, se acabará de definir el aspecto gráfico de la notación, así como la implementación de una herramienta *software* que dé soporte al diseño de modelos asociados a nuestro metamodelo. Esta herramienta permitirá la generación semiautomática de las interfaces colaborativas a partir de los modelos de CIAN y los modelos de interacción en CTT, ambos enriquecidos con el modelado de aspectos de *awareness*.

## 5 Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el ámbito de los proyectos iColab, financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (España) y Prog-Colab, financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha.

## Referencias

1. Dourish, P., Bellotti, V., Awareness and coordination in shared workspaces. In Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work, Canada. (1992).
2. Gallego, F., Molina, A.I., Bravo, C., A Proposal for Model-Based Design and Development of Group Work Tasks in a Shared Context. In Cooperative Design, Visualization, and Engineering 2010, Springer Berlin / Heidelberg. p. 11-18. (2010).
3. Molina, A. I., Redondo, M. A., Ortega, M., A Review of Notations for Conceptual Modeling of Groupware Systems, in New Trends on Human-Computer Interaction. Springer London. p. 1-12. (2009).
4. Ellis, C.A., Gibbs, S.J., Rein, G., Groupware: some issues and experiences. Communication of ACM. 34(1). (1991).
5. Molina, A.I., Redondo, M.A., Ortega, M., A methodological approach for user interface development of collaborative applications: A case study. Science of Computer Programming. 74(9): p. 754-776. (2009).
6. Molina, A.I., Redondo, M.A., Ortega, M., A Conceptual and Methodological Framework for Modeling Interactive Groupware Applications. CRIWG 2006. p. 413-420. (2006).
7. Wild, P.J., Johnson, P., Johnson, H., An hour in the life: Towards requirement for modelling multiple task work. CHI 2003, USA. (2003).
8. Gea, M., Gutierrez, F., Garrido, J., AMENITIES: Metodología de Modelado de Sistemas Cooperativos. Workshop de Investigación sobre nuevos paradigmas de interacción en entornos colaborativos aplicados a la gestión y difusión del Patrimonio cultural. (2002).
9. Garrido, J.L., Gea, M., Noguera, M., González, M., Ibáñez, J., Una Propuesta Arquitectónica para el Desarrollo de Aplicaciones Colaborativas. Libro de Actas del V Congreso Interacción Persona Ordenador(AIPO): p. 164-171. (2004).
10. Rubart, J., Dawabi, P., Shared Data modeling with UML-G. International Journal of Computer Applications in Technology, 19. (2004).
11. Paternó, F., ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models. The Handbook Of Task Analysis For HCI., NJ. p. 483-501. (2004).
12. Penichet, V.M.R., Task-Oriented and User-Centred Process Model for Developing Interfaces for Human-Computer-Human Environments. PhD. Universidad de Castilla-La Mancha. (2007).
13. Palfreyman, K., Rodden, T., A protocol for user awareness on the World Wide Web. In Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work. p. 130-139. (1996).
14. Gutwin, C., Greenberg, S., Roseman, M., Workspace Awareness in Real-Time Distributed Groupware: Framework, Widgets, and Evaluation. In Proceedings of HCI on People and Computers XI. Springer-Verlag. p. 281-298. (1996).
15. Gutwin, C. Greenberg, S., A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. Computer Supported Cooperative Work, 2002. 11(3): p. 411-446. (2002).
16. Gallardo, J., Molina, A. I., Bravo, C., Redondo, M.A., Collazos, C., 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): p. 1099-1118. (2011).
17. Kokar, M.M., Matheus, C.J., Baclawski, K., Ontology-based situation awareness. Information Fusion. 10(1): p. 83-98. (2009).

# Propuesta Arquitectónica para Sistemas Colaborativos, Ubicuos y Sensibles al Contexto

Juan E. Garrido, Víctor M. R. Penichet, María D. Lozano

Departamento de Sistemas Informáticos,  
Universidad de Castilla-La Mancha, 02071 Albacete  
{juanenrique.garrido, victor.penichet, maria.lozano}@uclm.es

**Abstract.** La evolución de la tecnología ofrece la posibilidad de hacer real un entorno donde los usuarios pueden colaborar a través de sus dispositivos y recibir en ellos automáticamente, funcionalidad e información propia de sus necesidades, independientemente de su localización y circunstancia. Debido a ello, se propone un sistema colaborativo, ubicuo y sensible al contexto. Con el fin de crear un prototipo, se define en este artículo una propuesta arquitectónica dividida en arquitectura física y software, que establecerá las bases del sistema a desarrollar desde un punto de vista organizacional. Dado que en este tipo de sistemas el concepto awareness es clave, se presenta un análisis sobre cómo es tratado en la propuesta arquitectónica.

**Keywords:** Colaboración, Ubicuidad, Context-awareness, Awareness.

## 1 Introducción

El objetivo de los usuarios de sistemas es utilizarlos para lograr llevar a cabo sus tareas. Los usuarios necesitan sistemas con un funcionamiento que sea sencillo y fácil recordar, teniendo cada vez más importancia si el sistema ayuda de manera automática en la elaboración de tareas. Es por esto, que se propone un sistema colaborativo ([8]), ubicuo ([4]) y sensible al contexto ([2]), el cual permitirá en todo momento la posibilidad de acceder a la información y funcionalidad ofrecida, bien por selección del usuario, bien por el ofrecimiento automático del sistema.

En el presente artículo, se describe la propuesta arquitectónica que los autores han realizado sobre la que debe basarse el desarrollo del sistema. Dicha propuesta se encuentra dividida en arquitectura física (distribución del hardware) y arquitectura software (distribución en capas de los componentes del sistema). Con el objetivo de alcanzar una arquitectura consistente se ha realizado un estudio de las arquitecturas definidas previamente por diversos autores ([1, 6, 7]) para sistemas similares.

Debido a que un sistema colaborativo y sensible al contexto debe tratar de forma correcta el awareness presente en el sistema (los usuarios deben saber qué es lo que ocurre, [5]), se ha realizado un estudio sobre cómo será tratado en la propuesta.

El documento se estructura como sigue: en la siguiente sección se describirá la propuesta arquitectónica junto con un análisis de cómo en ella es tratado el awareness del entorno. Y en el apartado 3 se exponen las conclusiones obtenidas, así como el trabajo futuro.

## 2 Propuesta Arquitectónica

El paso previo para implementar el sistema propuesto e incluso de crear el primer prototipo, es definir la arquitectura sobre la que el sistema estará basado. Concretamente, la propuesta arquitectónica la conforman dos arquitecturas (física y software) que se describen en la presente sección.

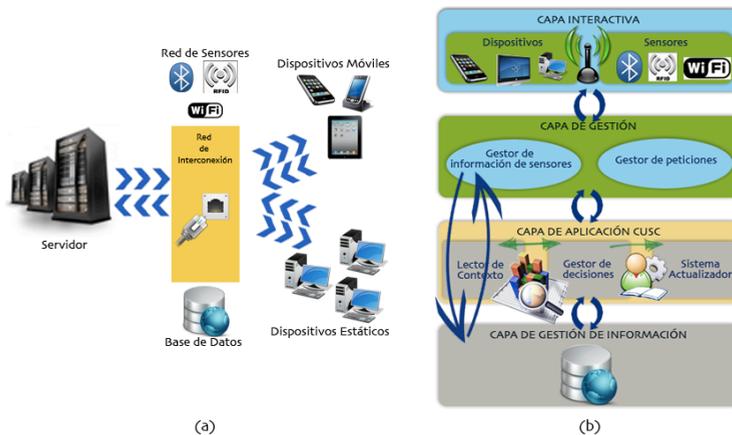
### 2.1 Arquitectura Física

La arquitectura física define los elementos hardware que forman el sistema propuesto y sus interconexiones (ver Fig. 1-a). Esta arquitectura está dividida en los siguientes bloques: *servidor*, *base de datos*, *red de sensores*, *dispositivos móviles* y *estáticos* y la *red de interconexión*. El servidor es el encargado de estudiar y responder a las solicitudes de los usuarios. Para ello analiza el entorno actual para obtener la funcionalidad e información que los usuarios o las aplicaciones cliente requieren. La base de datos almacena el estado actual del entorno. La red de sensores, distribuida en el entorno, recopila información sobre la localización de usuarios y recursos. En cuanto a los dispositivos móviles, ofrecen movilidad a los usuarios a lo largo del sistema. Adicionalmente, podrán actuar como sensores recopilando información sobre los usuarios que los utilizan. Dado que existen usuarios que no requieren movilidad en sus acciones (utilizarán un PC) y que será conveniente ofrecer cierta información en zonas comunes (con televisiones de última generación), se necesitarán dispositivos estáticos. Por último, la red de interconexión conecta los dispositivos entre sí, permitiendo a los usuarios comunicarse y obtener información del sistema.

### 2.2 Arquitectura Software

La arquitectura software permite visualizar la estructura del sistema por medio de un conjunto de capas interconectadas (ver Fig. 1-b) que distribuyen por niveles la funcionalidad e información ofrecida. Esta estructura está basada en cuatro conceptos representativos de la funcionalidad de cada capa: *interacción*, *gestión*, *aplicación colaborativa ubicua sensible al contexto* e *información*. De este modo, la arquitectura se compone de las siguientes capas: *interactiva*, *de gestión*, *de aplicación CUSC (Colaborativa Ubicua y Sensible al Contexto)* y *de gestión de información*. La capa interactiva representa la interacción del sistema con el entorno y los usuarios, así como de los usuarios con el propio sistema. La doble direccionalidad permitirá conseguir un sistema ubicuo y sensible al contexto. La capa de gestión se encarga de recoger las peticiones (*gestor de peticiones*) y la información obtenida de los sensores (*gestor de información de los sensores*). De analizar las peticiones junto con el estado del entorno para ofrecer la funcionalidad e información que cada usuario puede necesitar en cada instante de tiempo se encarga la capa de aplicación CUSC. Esta capa se encuentra formada por tres elementos: (1) *gestor de decisiones* quien recibe las peticiones, estudia la parte relativa del contexto actual y determina la información o funcionalidad a mostrar al usuario; (2) *lector de contexto* encargado de ofrecer la información de interés del contexto actual al gestor de decisiones para cada petición;

y (3) *sistema actualizador* que modifica la base de datos para reflejar un nuevo estado del entorno siempre que la decisión tomada lo implique. Finalmente, la capa de gestión de información contiene una base de datos que almacena el estado actual del entorno (información de usuarios, recursos y tareas) y las herramientas necesarias para el acceso (de escritura o lectura) a ella.



**Fig 1.** Arquitecturas para un sistema colaborativo ubicuo y sensible al contexto: (a) Física, (b) Software.

### 2.3 Consideraciones sobre el Awareness de los Usuarios en el Sistema

El sistema y los usuarios necesitan conocer qué hace el resto de usuarios, deben recibir awareness de ellos. De este modo, los usuarios podrán colaborar eficientemente y el sistema será capaz de conocer lo que cada usuario necesita en todo momento. Awareness puede ser clasificado en cuatro principales categorías ([3]): (1) *social*: relativo a las tareas y los recursos; (2) *temporal*: relativo al progreso temporal de las actividades; (3) *espacial*: relativo a las localizaciones; y (4) *de actividad*: relativo a las actividades y el contexto involucrado en ellas. Conociendo esta categorización y la necesidad de que en la propuesta arquitectónica el awareness ha de ser tratado debidamente, se ha analizado su tratamiento en la arquitectura software. Los dispositivos recopilan toda información relativa a los usuarios que los utilizan y además les ofrecen la que requieran. De este modo tratan todo tipo de awareness. Dado que los sensores recopilan información sobre quien se encuentra en sus cercanías, son capaces de trabajar con awareness social y de localización. El gestor de información de sensores, puesto que es un intermediario de información, no tratará awareness. El lector de contexto obtiene la parte del estado actual del sistema que el gestor de decisiones necesita. En este sentido, al ser esa información de cualquier clase, el awareness con el que trabajará (recogido de la base de datos y posteriormente transmitido) también lo será. Respecto al gestor de decisiones, como recibe la información necesaria para decidir sobre una petición y determinar cuál será la funcionalidad o información útil para el usuario, tratará los cuatro tipos de awareness. Si la decisión tomada implica un cambio en el estado del sistema, el sistema

actualizador lo reflejará en la base de datos quien contiene el estado del entorno actual. De este modo, ambos componentes considerarán todos los awareness posibles.

### 3 Conclusiones y Trabajo Futuro

A lo largo del presente artículo se ha descrito una propuesta arquitectónica para un sistema colaborativo, ubicuo y sensible al contexto. El sistema permitirá a los usuarios colaborar así como recibir la funcionalidad e información apropiada a su situación y necesidades actuales. La propuesta está dividida en arquitectura física (distribución de los elementos hardware) y arquitectura software (organización por capas del sistema en base al tratamiento de la información y de las diferentes funcionalidades). Dado que se considera fundamental el tratamiento adecuado del conocimiento sobre lo que ocurre en el sistema (awareness), se ha realizado un análisis sobre cómo es tratado el awareness en la propuesta.

Como trabajo futuro se pretende realizar un prototipo real del sistema propuesto en base a la propuesta arquitectónica planteada. Adicionalmente, se seguirán estudiando nuevas propuestas tecnológicas que puedan ser incluidas, siempre con el fin de mejorar las condiciones de uso y funcionamiento del sistema.

**Agradecimientos.** Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado por el proyecto CDTI CENIT-2008-1019, el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia CICYT TIN2008-06596-C02-0 y los proyectos regionales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030.

### Referencias

1. Ahn, C., Nah, Y.: Design of Location-based Web Service Framework for COnText-Aware Applications in Ubiquitous Environments. 2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, pp 426 – 433. (2010)
2. Anagnostopoulos, C.B., Tsounis, A., Hadjiefthmiades, S.: Context Awareness in Mobile Computing Environments. *Wireless Personal Communications* no. 42, pp. 445–464. (2006)
3. Bardram, J. E., Hansen, T. R.: Context-Based Workplace Awareness. *Computer-Supported Cooperative Work 2010*, 19, pp. 105-138. (2010)
4. Bick, M., Kummer, T.: Ambient Intelligence and Ubiquitous Computing. *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, ISBN: 978-3-540-74155-8. (2008)
5. Endsley, M. : Towards a Theory of Situation Awareness in Dinamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64. (1995)
6. Handte, M. et al.: The NARF Architecture for Generic Personal COnText Recognition. 2010 IEEE International COnference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, pp. 123 – 130. (2010)
7. Maderia, R. N., Postolache, O., Correia, N., Silva, P.: Designing a Pervasive Healthcare Assistive Environment for the Elderly. *UbiComp 2010*, Copenhagen, Dinamarca. (2010)
8. Poltrock, S. and Grudin, J.: Computer Supported Cooperative Work and Groupware (CSCW). In *Interact 2005*. Rome, Italy. (2005)

# Aplicando RFID para Mejorar la Interacción en los Nuevos Escenarios

Elena de la Guía, María D. Lozano, Victor R. Penichet

Computer Science Research Institute, University of Castilla-La Mancha,  
Albacete, Spain  
elenagc84@gmail.com, {maria.lozano,victor.penichet}@uclm.es

**Abstract.** La evolución de la tecnología ha hecho que la computación se encuentre cada vez más presente en nuestras vidas. A pesar de ello todavía nos encontramos que la barrera en el uso de ordenadores por parte del usuario es un problema a resolver. Para solucionar este problema es necesario la construcción de sistemas que proporcionen un modo de interacción natural e intuitivo. En este artículo se describe y evalúa un proyecto que haciendo uso de tecnologías emergentes como RFID consigue mejorar la interacción persona-ordenador frente a las técnicas habituales.

**Keywords:** RFID, Internet of Things, gesto natural, dispositivos móviles

## 1 Introducción

La interacción con las aplicaciones ha cambiado, actualmente se busca realizar aplicaciones que se acerquen a la manera natural que tienen las personas de actuar con su entorno, sin darnos cuenta estamos acercándonos a la era definida por Weiser [1], también denominada Computación Ubicua.

En este artículo se describe un sistema basado en RFID que implementa una nueva técnica de interacción. Para evaluar sus efectos frente a la técnica de interacción móvil habitual se realiza una evaluación y se analizan los datos utilizando el test estadístico Anova de dos factores.

El resto del artículo se divide de la siguiente manera: la sección 2 describe conceptos importantes como son: Computación ubicua e Internet of Things. En la sección 3 se presenta el proyecto, el experimento y los datos obtenidos. Por último, en la sección 4 se describen las conclusiones.

## 2 Trabajos relacionados

En el campo de la informática se anuncia una nueva era donde los sistemas deben adaptarse e integrarse en la vida cotidiana de las personas. Este paradigma se define con el término de "Ubiquitous Computing" o lo que es lo mismo, Computación Ubicua, propuesta por Mark Weiser. Otro concepto estrechamente relacionado con la

teoría que explica Weiser es “Internet of Things”, también conocida como la Internet de los Objetos, se refiere a la interconexión en red de los objetos cotidianos. Es decir, cualquier objeto como puede ser una mesa, silla o frigorífico puede contener tecnología de identificación integrada y a través de un dispositivo móvil con un gesto natural se puede obtener servicios fácilmente.

La forma de interactuar con estos sistemas puede ser implícita o seguir el patrón PMI “Physical Mobile Interaction” [4], interacción móvil con objetos físicos. La tecnología RFID nos ofrece la posibilidad de realizar aplicaciones sensibles al contexto e implementar ambientes del tipo “Internet of Things” que mejoran la interacción del usuario con el sistema, ejemplo de ello son los proyectos [2][3] que utilizan RFID para digitar objetos y mejorar la interacción del usuario y la aplicación. El gesto realizado para interactuar con este tipo de sistemas es llamado “apropche&remove” en [3], consiste en acercar y alejar el dispositivo móvil al objeto digitalizado tal como se muestra en la Figura 1.



**Fig. 1.** Aproche&remove, técnica de interacción móvil con las tarjetas RFID que se integran en los objetos. Consiste en acercar y alejar el dispositivo móvil al objeto digitalizado.

### 3 Caso de estudio y evaluación

Co-Interactive Table [5] es un sistema interactivo diseñado y construido para facilitar las tareas colaborativas propias de una reunión de trabajo, como son: enviar información, ficheros, notas... El usuario con su propio dispositivo móvil es capaz de interactuar con el sistema a través de un panel interactivo que integra tecnología RFID y actúa como interfaz de usuario indicando con metáforas las funciones del sistema.



**Fig. 2.** Panel interactivo que integra tecnología RFID y proporciona servicios realizando un gesto natural con la PDA. Dispositivo móvil que incorpora el menú con las funciones propias del sistema, se puede acceder a ellas a través del puntero o de manera táctil.

La técnica de interacción se basa en un sencillo gesto natural, como es acercar el dispositivo móvil a la metáfora deseada, esta es la técnica que se desea evaluar y para ver sus efectos se ha comparado con la técnica de interacción habitual que se lleva a

cabo con los dispositivos móviles. Para ello la PDA incorpora una aplicación que puede acceder al sistema desde los paneles interactivos y desde el menú disponible en la PDA.

En el experimento se han elegido 40 usuarios, 20 de ellos han utilizado el sistema propuesto con la tecnología RFID, técnica “apropche&remove”. Y otros 20 ha realizado la tarea utilizando el menú de la PDA. La tarea consistía en iniciar sesión en el sistema, enviar un archivo a los demás usuarios, y ver información.

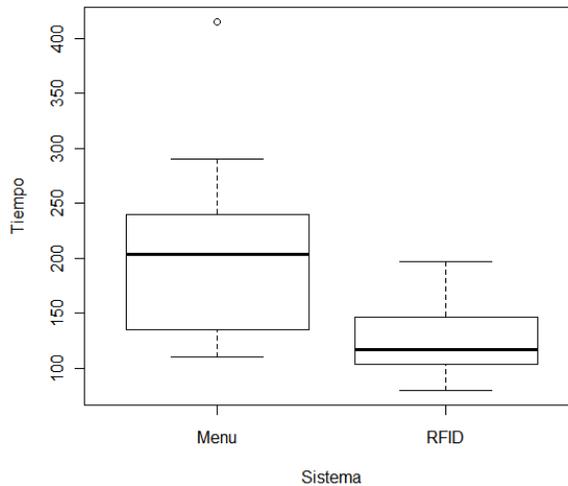
Uno de los requisitos era que ninguno de los participantes utilizara antes el sistema, de esta manera los resultados no se verían condicionados. Los supervisores se encargaban de obtener los tiempos de ejecución, en segundos, y los comentarios realizados por el usuario.

La hipótesis que se ha fijado es la siguiente:

Hipótesis nula: Las medias de las distintas técnicas de interacción son iguales.

Hipótesis alternativa: Al menos dos medias no son iguales.

En la figura 3, podemos ver el diagrama de cajas, basado en cuantiles, mediante el cual se visualiza el conjunto de datos. Los datos reflejan que se tardaba más tiempo en realizar la tarea utilizando el menú de la PDA que los paneles interactivos.



**Fig. 3.** Diagrama de cajas, gráfico basado en cuantiles, mediante el cual se visualiza el conjunto de datos.

Tiempo ejecución (segundos)	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F) – (p-valor)
Técnica de interacción	180217	1	34.127	<b>0.000001131</b>

**Tabla. 1.** Datos obtenidos al aplicar el test estadístico ANOVA de dos factores.

En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos después de aplicar el test estadístico Anova de dos factores al conjunto de datos recogidos en la evaluación. Como se puede observar en la tabla, el p-valor es inferior al umbral 0.05 , es decir,

rechazamos la hipótesis de igualdad entre las medias de los grupos, esto significa que la técnica de interacción influye en los resultados obtenidos, utilizando la técnica “*approche&remove*” los usuarios necesitaban menos tiempo y cometían menos errores, este estudio nos indica que existe un 95% de probabilidad de que la nueva técnica influya positivamente en el rendimiento de la tarea con un 5% de margen de error .

## 4 Conclusiones y Trabajo Futuro

Este artículo presenta la evaluación de dos tipos de interacción. Para conseguir una interacción más natural se ha utilizado la tecnología RFID con el fin de mejorar y enriquecer el uso de nuevos escenarios interactivos. RFID es una tecnología de identificación que consigue digitalizar los objetos fácilmente permitiéndoles actuar de interfaz de usuario. Según los resultados obtenidos aplicando el test estadístico Anova de dos factores podemos concluir que la técnica de interacción “*approche&remove*”, ofrecida por paneles RFID ofrece una mejora de rendimiento respecto a la interacción con el puntero o de manera táctil con el dispositivo móvil.

**Acknowledgments.** Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado por el proyecto CDTI CENIT-2008-1019, el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia CICYT TIN2008-06596-C02-0 y los proyectos regionales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030.

## References

1. Mark Weiser, The Computer for the 21st Century, Sci Amer., September.1991
2. R. Tesoriero, R. Tébar, J. A. Gallud, Víctor M. R. Penichet, M. Lozano Interactive EcoPanels: Paneles Ecológicos Interactivos basados en RFID Proceedings of the IX Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador - Interacción 2008 ISBN: 978-84-691-3871-7; pp 155-165
3. S. Romero, R. Tesoriero, P. González V., J. A. Gallud, V. M. R. Penichet: Sistema Interactivo para la Gestión de Documentos Georeferenciados basado en RFID. Interacción 2009, X Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Barcelona. Septiembre 2009. ISBN-13:978-84-692-5005-1
4. E., Rukzio, G., Broll, K., Leichtenstern, A., Schmidt: Mobile Interaction with the RealWorld: An Evaluation and Comparison of Physical Mobile Interaction Techniques. AmI07: European Conference on Ambient Intelligence, Darmstadt, Germany, 7-10 (2007)
5. E.de la Guía, R.Tesoriero, J.A. Gallud, M. Lozano, V.R. Penichet: Co-Interactive Table: Mesa Interactiva para Facilitar las Reuniones de Trabajo Usando Dispositivos Móviles RFID. XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador-Interacción 2010. ISBN: 978-84-92812-52-3.

## Multilingüismo en la Web: Pautas para un Diseño Centrado en el usuario

M. del Mar Andreu<sup>1</sup>, Mari-Carmen Marcos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AutomaticTrans, Ronda Sant Pere 13  
08010 Barcelona, España  
{mmandreu@automatictrans.es}

<sup>2</sup> Universitat Pompeu Fabra, Departamento de Comunicación, Roc Boronat 138 08018  
Barcelona, España  
{mcarmen.marcos@upf.edu}

**Abstract.** La falta de recursos específicos para la evaluación de la usabilidad de los sitios web multilingües motiva la creación de un instrumento basado en un conjunto de indicadores para la evaluación heurística dirigidos a testear los aspectos relacionados con la localización de los sitios web multilingües. Se presentan las pautas del diseño centrado en el usuario que afectan a la experiencia de uso por parte de usuarios de diferente procedencia lingüística y cultural, así como el instrumento creado para la evaluación de tales aspectos.

**Keywords:** Usabilidad, Evaluación heurística, Localización, Internacionalización, Multilingüismo.

### 1 Introducción

Las transformaciones relacionadas con el proceso de globalización de la sociedad han puesto de relieve la gran importancia estratégica de las lenguas en la cultura, la cohesión social, la economía y el desarrollo de las sociedades. Esta realidad también se ve reflejada en la Web, donde a pesar de que una gran parte de los contenidos se concentran en muy pocos idiomas –con el inglés a la cabeza, las otras lenguas van adquiriendo más peso y cada vez es más frecuente encontrar sitios web multilingües.

Desde la disciplina del diseño centrado en el usuario se han hecho estudios y recomendaciones para mejorar el diseño de interfaces web contemplando la internacionalización, la traducción y la localización, de los cuales destacan [5, 6, 7], pero no se ha publicado una guía de evaluación heurística que atienda a estos aspectos tan importantes en la web actual.

En este trabajo presentamos una propuesta de indicadores heurísticos para la evaluación de páginas web atendiendo a aspectos de multilingüismo y localización. La localización se refiere a la adecuación del sitio web a los usuarios atendiendo a las diferencias culturales, a sus necesidades y expectativas. El cumplimiento de estos indicadores va enfocado a mejorar la experiencia de los usuarios.

## 2 Metodología

A partir de las recomendaciones realizadas por los citados autores y de las que recoge en su sitio web el W3C [5, 6, 7], se han planteado 24 pautas de diseño centrado en el usuario organizadas en 5 grupos: código HTML, localización, cultura, sistema de búsqueda y posicionamiento web.

Posteriormente se han planteado los indicadores en forma de pregunta, creando un cuestionario que permite realizar una evaluación heurística de sitios web enfocada a detectar errores de diseño web relativos al multilingüismo y la localización.

A continuación se presentan las diferentes categorías de pautas para el diseño centrado en el usuario que son relevantes en la evaluación de sitios web multilingües.

## 2 Resultados

### 2.1 Selección de pautas de diseño web para sitios multilingües

Las evidentes posibilidades internacionales que tiene la Web hacen que la responsabilidad que tienen los creadores de portales en asegurar la usabilidad internacional sea mayor [6]. La creación de una web multilingüe no termina con la traducción de sus contenidos textuales, sino que hay que tener en cuenta otros aspectos que incidirán directamente en la usabilidad del sitio [2]. Por eso es muy importante poder evaluar estos aspectos a partir unas pautas que indiquen el grado de adecuación al público internacional de un sitio web. Dichas pautas se estructuran en diferentes categorías, dependiendo de los aspectos en los que se centran.

**Código html.** Pretende evaluar los elementos del código HTML y su adecuación a las necesidades de la internacionalización. En esta categoría se recogen los aspectos más relevantes (según la *Guía Breve de Internacionalización* [8] del World Wide Web Consortium (W3C)) para asegurar la adaptación de los elementos de código a un público internacional en los sitios multilingües.

- 1.1. ¿Se usa el formato de codificación Unicode en la web (charset UTF-8)?
- 1.2. ¿Las URL de las versiones están en la misma lengua que el contenido?
- 1.3. ¿Se declara el idioma del contenido en el encabezamiento de cada página?
- 1.4. ¿Se declaran los cambios de idioma del contenido dentro de una misma página?
- 1.5. ¿Se tiene en cuenta la expansión del texto para las lenguas con diferente longitud del texto?
- 1.6. ¿En los enlaces, se indica el cambio de lengua del nodo con respecto del contenido donde se encuentra el literal?

**Localización.** Tiene como objetivo valorar la localización web, es decir, la adecuación de los diferentes elementos de la web a las lenguas y culturas de los usuarios finales. Esta categoría evalúa la adecuación los formatos de fechas, horas y números y los datos de contacto en las diferentes lenguas. Una vez más, el W3C propone recomendaciones específicas relacionadas con el tratamiento de los formatos

para las webs multilingües [8]. Otro aspecto importante de la localización tiene que ver con la efectividad del sistema de elección y/o cambio de idioma del sitio para que los usuarios puedan seleccionar la lengua con la que quieren navegar en él [6].

2.1. ¿Se tienen en cuenta los diferentes formatos de las fechas en las diferentes lenguas?

2.2. ¿Se tienen en cuenta los diferentes formatos de las horas en las diferentes lenguas?

2.3. ¿Se tienen en cuenta los diferentes formatos de los números en las diferentes lenguas?

2.4. ¿En la sección de Contacto, se tienen en cuenta a los usuarios internacionales?

2.5. ¿Existe el mismo grado de actualización del contenido en las diferentes versiones lingüísticas?

2.6. ¿Se puede acceder desde cualquier página a la opción de elección de idioma?

**Cultura.** Esta categoría centra la atención en las diferencias culturales que pueden darse entre los usuarios del sitio web [4]. Teniendo en cuenta que los usuarios de diferentes culturas no reaccionan igual ante ciertos estímulos visuales, es importante considerar la localización de los elementos visuales que se incluyan en el sitio, entre ellos las imágenes, los iconos y los colores.

3.1. ¿Se tiene en cuenta la adecuación de los iconos a las diferentes culturas?

3.2. ¿Se tiene en cuenta los diferentes simbolismos de los colores en las diferentes culturas?

3.3. ¿Se tiene en cuenta la adecuación de las imágenes a las diferentes culturas?

3.4. ¿Se tiene en cuenta la direccionalidad de las diferentes lenguas en el diseño?

**Búsqueda.** Por otro lado, el sistema de búsqueda interno del sitio web es un elemento estrechamente ligado a la usabilidad de un sitio web, que en el caso de los sitios multilingües cobra una mayor relevancia.

4.1. ¿El sistema busca el término de búsqueda en todas las versiones lingüísticas?

4.2. ¿Existen opciones avanzadas de búsqueda relativas al idioma?

4.3. ¿La página de resultados se muestra en la misma lengua que la página desde donde se realiza la búsqueda?

**Posicionamiento web.** Muchos sitios multilingües bien localizados no reciben el volumen de tráfico internacional que deberían porque no aparecen en las primeras páginas lengua determinada. Illier [3] señala los factores que afectan al posicionamiento web en las búsquedas internacionales. Esta categoría evalúa la traducción correcta de los elementos relevantes para el posicionamiento web.

5.1. ¿Está traducida correctamente la etiqueta title (head)?

5.2. ¿Están traducidas correctamente las palabras clave (head)?

5.3. ¿Está traducida correctamente la etiqueta description (head)?

5.4. ¿Están traducidas correctamente las etiquetas alt de las imágenes?

5.5. ¿Están traducidas correctamente las etiquetas title de los enlaces?

## 2.2 Instrumento de evaluación heurística

A partir de las pautas mencionadas en la sección 2.1. se ha creado un instrumento de evaluación heurística compuesta por diferentes indicadores organizados en 5 categorías. Para cada uno de los indicadores se han determinado las posibles

respuestas, que son excluyentes entre sí: sí/no, sí/a veces/no, y se han redactado de manera que la respuesta "sí" sea en todos los casos señal de que el sitio web cumple la pauta recomendada. No existe la posibilidad de responder a las diferentes preguntas con valores numéricos porque la finalidad de esta evaluación no es obtener un resultado numérico, sino detectar aquellos aspectos que no cumplen con las recomendaciones de adecuación a un público internacional.

Se ha asignado a cada indicador una prioridad que indica la gravedad en caso de no cumplirse ese aspecto, siendo los indicadores con prioridad 1 los más relevantes y los indicadores con prioridad 3 los menos importantes. Además, se ha indicado la fuente que regula la pauta. Los indicadores diseñados, junto con las posibles respuestas, el grado de prioridad y las fuentes, se pueden consultar en: <http://goo.gl/Zb6Qg>

### 3 Discusión

Los indicadores presentados en este trabajo, así como el instrumento generado a partir de ellos, suponen un aporte al diseño centrado en el usuario para sitios web multilingües ya que permiten disponer de unas pautas ordenadas y preparadas para realizar una evaluación heurística de los aspectos relacionados con el multilingüismo. Se trata de pautas complementarias a las ya aceptadas por la comunidad de la Interacción Persona-Ordenador para sitios web independientemente de si son monolingües o multilingües.

El siguiente paso consistirá en testear el instrumento evaluando un grupo de sitios web y permitiendo que otros evaluadores externos a este trabajo accedan a él. Una vez testado y refinado se prevé desarrollar una versión online que genere un informe de evaluación heurística con indicadores específicos para sitios web multilingües.

### Referencias

1. Del Galdo, E., Nielsen, J.: International user interfaces. John Wiley & Sons, New York. ISBN 0-471-14965-9. (1996)
2. Hillier, M.: The role of cultural context in multilingual website usability. En: Journal of Electronic Commerce Research and Applications, vol 2, no 1, pp 2-14. Elsevier Science. (2002)
3. Iller, H.: Maximizing visibility for multilingual web sites.(2006) wintranslation.com
4. Makki, S.K., Leppert, G.: Factors of usability design for multilingual and multicultural websites. En: Proceedings of IRI, pp 6-10. (2006)
5. Nielsen, J.: American English vs. British English for Web Content. En: Alertbox. (2008) <http://www.useit.com/alertbox/american-british-english.html>
6. Nielsen, J.: International Web Usability. En : Alertbox. (1996) <http://www.useit.com/alertbox/9608.html>
7. Nielsen, J.: Utilización internacional: atender a una audiencia global. En: Nielsen, J.: Usabilidad: diseño de sitios web. Pearson Education, Madrid ISBN 84-205-3008-5. (2000).
8. W3C Internationalization (I18n) Activity. <http://www.w3.org/International>

# TouchBoard: Collaborative Work on Multi-touch Surfaces

Miguel Silva<sup>1</sup> and Joaquim Jorge<sup>2</sup>,

Instituto Superior Técnico - Taguspark,  
Av. Prof. Dr. Anibal Cavaco Silva,  
2744-016 Porto Salvo, Oeiras, Portugal  
<sup>1</sup> [miguel.smsilva@gmail.com](mailto:miguel.smsilva@gmail.com), <sup>2</sup> [jaj@inesc.pt](mailto:jaj@inesc.pt)

**Abstract.** Nowadays it is increasingly common to use digital media in face-to-face meetings despite that these meetings normally lack information systems support. Indeed, meeting participants almost always need to connect laptops to screen projectors and take turns while using collaborative software applications. We propose to explore multi-touch technology for brainstorming support, via a large screen: the TouchBoard. This setup provides a workable compromise between the flexibility of a conventional whiteboard and the reusable content afforded by desktop software applications. Through paired user tests, we compared the brainstorm support efficiency of TouchBoard to a typical whiteboard and a mind-mapping application for the PC, CmapTools. The obtained results show that the TouchBoard provides a good tradeoff between the Whiteboard flexibility and the overly structured interface of conventional desktop interfaces such as CmapTools. Indeed, our results show there are major advantages in supporting Brainstorming sessions via the TouchBoard as compared to the other alternatives. These could become more evident in the future though additional improvements to the current prototype to afford greater flexibility in structuring concepts.

**Keywords:** Collaboration, Face-to-face group work, Multi-touch, Ubiquitous Computing, Brainstorm.

## 1. Introduction

The information systems that support people interaction and communication, also known as Groupware [1], have always been focusing more on the distributed side of group work. Nevertheless, these distributed systems have never been able to completely overcome some of the crucial barriers involved in those settings, such as the awareness that one needs within a collaborative work environment [2]. In order to counter those difficulties, teams tend to gather in face-to-face meetings whenever possible.

On the other hand, a face to face meeting presents a problem of its own: in order to work with digital media, people always fall for the need of connecting laptops to screen projectors and into taking turns while using software applications. Thanks to the multi-touch technology, information systems are capable of tracking multiple interactions over

an enabled surface at the same time, creating the means for a revolution over the way teams work in a shared space.

The main objective of this project is to evaluate the efficiency of Brainstorming sessions supported by a multi-touch interface, and compare it to the ones enabled by the resources commonly employed nowadays, such as the PC or the whiteboard.

In this paper we first criticize the State-of-the-Art related the shared space Groupware, which became a major contribution for the process of designing, building and evaluating a tool meant for Brainstorming support: the *TouchBoard*.

After outlining the key features of the TouchBoard system, we analyze and reflect over the results of the user usability experiments that explored the efficiency of Brainstorming sessions supported by each of the tools involved: the TouchBoard, a typical whiteboard and a noting application for the PC, the CmapTools [3].

## 2. Related Work

There has been considerable research and experimentation in Computer Supported Collaborative Work for brainstorming meetings organized around common surfaces. This includes projects like Caretta [5], Pebbles [6], Colab [7], Dolphin [8], Impromptu [9] and TeamStorm [10], which separate individual from group work spaces in a way that participants feel no inhibition in experimenting with their ideas. In order to achieve that goal each meeting participant has a PDA or tablet, which will contain their private ideas, and supply the whole group with a shared table or board, where it is possible to view the ideas that have been shared.

However, studies show that using artifacts such as personal computers or PDAs in face-to-face meetings largely hinders group awareness [11]. Since awareness is such an important factor to collaborative work, several approaches [11-14] try to mimic the work environment around a table or board through a Single Display Groupware [15] tool, which usually converges to a digital table or board. This way, users can interact with content created by their colleagues while enjoying the advantages of digital media such as persistence and easy editing.

This last kind of interactive surfaces has also found their way into supporting face-to-face opportunistic meetings, eg unplanned reunions that typically last for short periods, and happen in public spaces. Technologies like Ubitable [16], Blueboard [17] and *Dynamo* [18] focus on supporting simple tasks, either involving a single group or multiple individuals at the same time, each with different objectives. Since they are set in a public environment, these tools address mostly task acceleration and user privacy, which are essential for public impromptu meetings.

We compare the different approaches to decide on the one which is best suited to support Brainstorming sessions. First, Augmented Reality [4] and combining PDAs with a shared screen provide a clear advantage in situations where each user needs to have their own, personalized view of a group object. However, this also interferes with good group awareness, which is indispensable to a productive session. As such, we believe that the multiple types of SDG tools, both those targeted at either private or public settings provide the best experience for creating an efficient Brainstorming environment.



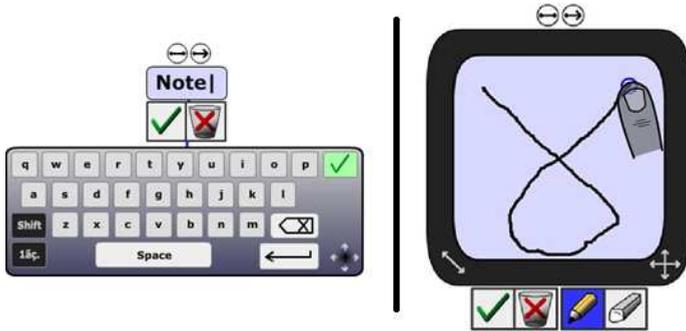
**Fig 1.** The Multi-touch table at Lourenço Fernandes Multimedia lab in IST-Taguspark.

### 3. TouchBoard Specifications

The TouchBoard consists on a system that supports two types of user interactions: multi-touch gesture recognition and proximity detection. The first was made possible thanks to the hardware available at the Lourenço Fernandes Multimedia lab in IST-Taguspark: a multi-touch table implemented with the Laser Light Plane technique [19] (Fig1.).

Although a vertical surface would've been the ideal physical infrastructure due to its better exposure (therefore the name TouchBoard), this table provides a similar experience, as long as the users stand side-to-side and are able to reach the “top” section without much trouble.

In terms of software, we created a multi-touch noting application, in which users are not only able to create, edit and delete notes, but are also capable of linking them amongst each other, creating a conceptual map. In order to diversify the user usability experience, the notes assume two different forms: formatted text and drawing.

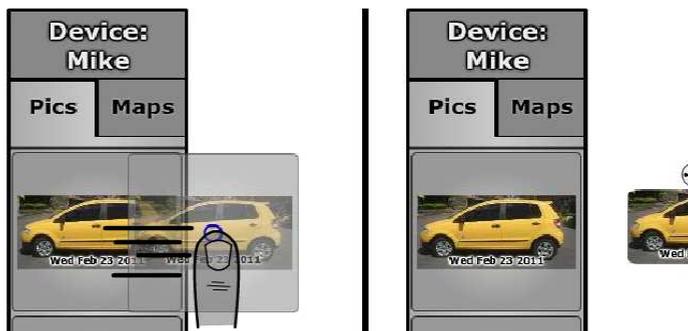


**Fig 2.** A formatted text note and a digital keyboard (*on the left*), and a drawing note (*on the right*).

As can be seen from Fig 2, text notes can be edited through a digital keyboard, providing legible text, avoiding character recognition or messy handwritten scribbles. On the other hand, drawing on notes takes advantage of the whiteboard, allowing users to sketch freely on the designated area.

In addition to multi-touch interaction, the system reacts to the presence of users equipped with Bluetooth mobile phones, allowing them contribute to the meeting with personal content. Although this type of interaction seems limited, it shows how important it is to predict user actions, either by allowing instant access to their content on a personal tab as they come closer, or closing that same information as they go away. This synchronization also brings forth new application tasks that the user can perform, such as saving current work, restoring previous maps or importing pictures into the group diagrams (Fig 3.). These pictures can then be linked to any note, performing as another type of concept.

In order to arrive at a high-quality functional prototype, we used an iterative user-centered approach built through three iterations, each followed by user tests. We compared the final prototype TouchBoard to two other tools used in face-to-face collaborative meetings.



**Fig 3.** Importing a Picture from the user's wireless device.

## 4. Evaluation

The main objective of this project was to prove that a tool like the TouchBoard is able to improve the typical Brainstorming work environment, since common resources fall short in either digital content support or multiuser work support. The tools chosen to rival with the TouchBoard are a regular whiteboard and a PC application called CmapTools. This last application was chosen based on its ease to use and on the fact that it is freeware.

The Evaluation process was divided into two sections: the first compares the tools' support in terms of simple diagram creation and the second section compares the tools in terms of collaboration support. This separation in the test process is very important because it's difficult to evaluate these two components all together [20].

Previous to each experiment, the users were enlightened on the different features of the tool to be tested, as well as prepared for the task at hand. Since Brainstorming is a common activity inside any group work process, the users' selection was as diversified as possible. Random people from the IST-Taguspark campus, friends and family were all involved in this evaluation, creating a group that involved both genders, and with ages comprehended between 12 and 57 years old. In terms of academic achievements, most of the users that participated on the trials had achieved a bachelor, a master or a PhD degree. They were all at ease with working with a computer, and about a third of them had already experienced with multi-touch, prior to this evaluation. All of the tests occurred in a controlled environment: the Lourenço Fernandes multimedia lab in IST-TagusPark.

### 4.1. Comparison in terms of diagram creation support

The first stage of the face-off between the TouchBoard, a whiteboard and CmapTools was an important step in comparing the selected tools in terms of diagram creation, discarding collaboration tests to a second phase.

At this point, we asked each user, individually, to criticize sets of eight elements and then separate these along two dimensions. The sets, or themes, selected are: Animals, Cars and Beverages; since all of them are easy to analyze. Each user performed three tests, in which every test involved a different tool and theme, assigned in a round-robin fashion. This stage involved a total of 14 users, with ages comprehended between 12 and 49 years old, and an age average of 27 years old.

**Table 1.** Brief tool comparison after mono-user tests. C.T. stands for Completion Time.

Tool	Average C.T. (min:sec)	Minimum C.T. (min:sec)	Maximum C. T. (min:sec)	Number of Different Representation Types	Number of Fuzzy Diagrams
Whiteboard	03:31	01:49	05:16	7	3
TouchBoard	05:19	02:41	10:03	4	3
CmapTools	06:22	04:05	09:25	4	4

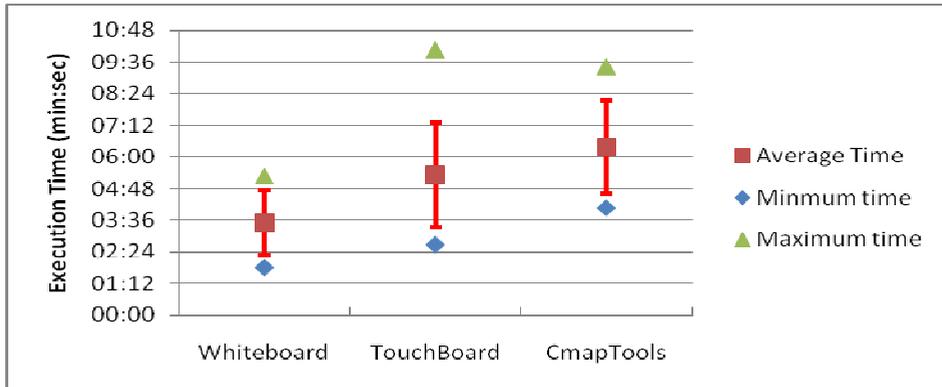


Fig 4. Tool comparison in terms of minimum, average and maximum execution times.

As one can acknowledge from Table 1, statistically the Whiteboard revealed himself as the best diagram creation support tool, mainly due to its user familiarity. Next up, we have the TouchBoard in which, even though a big section of the users completely understood how to perform the different tasks, they still presented some difficulties in expressing as freely as it occurred when working with the Whiteboard. Finally, the users felt less at ease with the Cmaptools, since they were forced to adapt to the technology and not the other way around.

Focusing first on the execution times presented on Fig 4, we highlight the discrepancies between the minimum and maximum execution times obtained with the TouchBoard and the CmapTools, 7:22 and 5:20 respectively. After analyzing those sets of data, we verified that the worse results in terms of completion time belonged to the users that had never used a digital diagram creation tool (6 amongst the 14 users).

Another interesting comparison is in terms of the representation flexibility that a tool enables. Once again, the Whiteboard presented the best results by allowing users to create two more representation types than the CmapTools or the TouchBoard combined, for example, Braces and Lists of elements. We believe that this extra flexibility was crucial for the Whiteboard in obtaining the best results at this stage.

After the completion of each diagram, we analyzed the legibility and comprehension of the same, in which the Cmaptools presented the worse performance when compared with the rest. While using this application for the PC most of the users used a Graf representation for the concepts, creating links that overlapped each other, in case they were not careful enough, resulting in diagrams with a weak legibility. The diagrams created with the TouchBoard and the Whiteboard were equally affected in terms of intelligibility by this flaw that sometimes comes with the Graph representation, in which the latter, specifically, presented concepts with an incomprehensible hand-writing.

#### 4.2. Comparison in terms of collaboration support

The last evaluation step served the purpose of testing and comparing the three tools in terms of the collaborative environment during Brainstorming sessions with two users.

We asked each pair of users to conceptualize the human body as completely as possible during ten minutes. The only test restriction, besides the time, was that each group was obliged to include three organs belonging to the digestive system and another two organs belonging to the respiratory system. In general, this is an activity that requires some collaboration to be completed with quantity and quality.

At this point, the user population involved a total of 30 people, with ages comprehended between 25 and 49 years old, and an age average of 33 years old. We obtained the following results from the five tests per tool:

Since we are dealing with a relatively small sample (only five tests per tool), we performed a t-Student test to the result distribution of each pair of tools with a confidence interval of 95%, 8 degrees of freedom and null hypothesis of “Each pair of results are not significantly different”. Due to the high variance of the CmapTools associated results, we obtained p-values of 27,3% and 82,6%, when tested with the Whiteboard and the TouchBoard respectively, becoming impossible to reject the null hypothesis and, therefore, to compare the CmapTools with any of the other tools on the number of produced concepts. On the other hand, the p-value associated with test on the results of the Whiteboard and the TouchBoard is 4,4%, allowing the rejection of the null hypothesis and the comparison between these two tools.

As it had happened in the first set of tests, the Whiteboard presented, once again, the best results in terms of efficiency which is represented by the number of concepts created by a pair of users during ten minutes. The efficiency difference between the Whiteboard and the TouchBoard is mainly due to the fact that the first of the two allows more flexibility in terms of structuring and representation than the second one.

By looking at the activities performed on the Whiteboard, we verified some cases where the users depicted different body parts after drawing a more general picture of the body (Fig 6. *left*). Unfortunately, that simple and flexible way of characterizing a composite drawing is not technically possible on the TouchBoard, creating some inefficiency on both the work and mental process of the users. On the right side of Fig 6, we show an user attempt in recreating that structure on the TouchBoard, becoming frustrated by the fact that the links don't go beyond the concept border, into the respective parts of the body. Some users tried to overcome that difficulty by taking several pictures of the individual body parts, enhancing the general process efficiency.

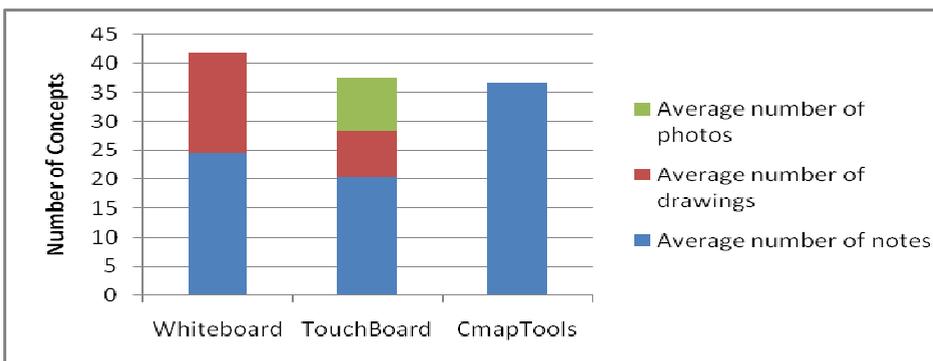
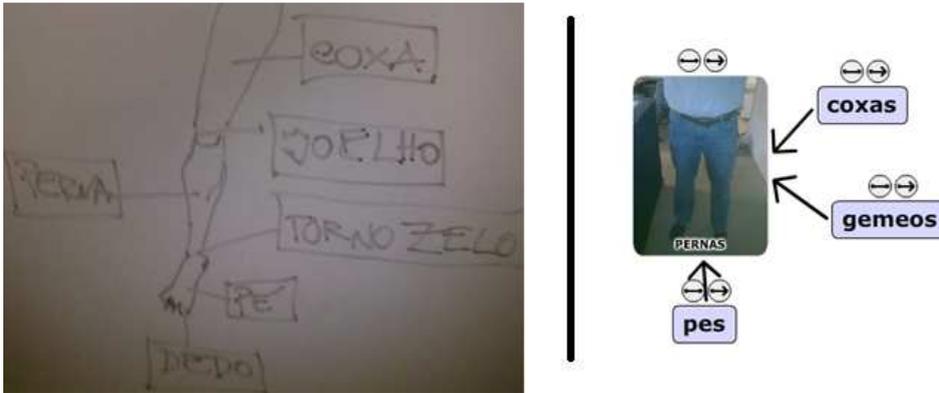


Fig 5. Tool comparison along the number and type of concepts created.



**Fig. 6.** Composing a leg on the Whiteboard (*left*) and on the TouchBoard (*right*). Image descriptions are written in Portuguese.

Looking at Cmaptools, since it provides a typical mono-user interface, its users had to assign different roles amongst themselves, like one user being responsible for the mouse and the other for the keyboard. Even though this tool only allows creating text notes, users actually depicted a larger diversity of body parts while using it.

In terms of collaboration, the workflow on the Whiteboard typically started with a brief discussion on the way the users would represent concepts and better allocate the surface space, since repositioning elements on the board required some erasing. The same did not happen with the TouchBoard, where they only felt the need to identify the body parts each was responsible for. Last, when using CmapTools, the best results usually belonged to pairs of users that exhibited a good synergy while controlling different input devices, where the leader was usually the one controlling the mouse. Table 2 compares the three tools qualitatively.

**Table 2. Feature comparison between Whiteboard, TouchBoard and Cmaptools.**

⊘ Inexistent   
 ✘ Bad   
 ★ Normal   
 ★★ Good

	Whiteboard	TouchBoard	CmapTools
Efficiency	★★	★	★
Familiarity	★★	★	★
Representation Flexibility	★★	★	★
Ease in saving and restoring work	✘	★★	★★
Drawing support	★	★	⊘
Support to integrating digital media	⊘	★	⊘
Ease in repositioning elements	✘	★★	★★
Proximity detection of wireless devices	⊘	★	⊘

The big advantage of the TouchBoard lies in its digital infrastructure, which allows users to quickly and easily reposition objects, save/restore the product of their work and

incorporate parts of documents and real objects in the work space by taking pictures of them. Furthermore, thanks to Bluetooth sync, the system can infer and react to the presence or absence of a user, by showing and hiding their personal content respectively.

Analyzing the Whiteboard, which is clearly the main competition of the TouchBoard, we believe that it is due to its familiarity and representation flexibility that it is the most efficient tool, according to our evaluation.

## 7. Conclusions and Future Work

In this dissertation we pick pointed the problems with the face-to-face meeting support tools and how they can be improved. Relevant literature in the area was extracted, selected, analyzed and criticized, leading to the construction of the related work.

Afterwards, we defined an architecture based on the combination of a large proportion multi-touch screen with a wireless device sync application and a noting application, resulting in the TouchBoard: a system with the objective of supporting Brainstorming sessions. Finally, through paired user tests, we compared the TouchBoard in terms of Brainstorm support efficiency with a typical whiteboard and a noting application for the PC, the CmapTools.

Although the obtained results don't match the initial expectations, since they prove that the Whiteboard is slightly more efficient than the TouchBoard, it is still possible to conclude, from Table 2., that there are major advantages in supporting Brainstorming sessions with the TouchBoard when compared with the rest, even though it requires some future tweaking in terms of concept structuring flexibility.

Besides improving on the tool flexibility, future work includes transitioning from a LLP table into a FTIR board [19], enhancing the visibility of the work space and the consistency of the interactions on the screen, respectively. I hope this Project sparks future work around this type of shared surfaces, as means of supporting face-to-face collaborative work.

**Acknowledgements** This work was supported in part by MIVIS GRANT# and FCT pluri-annual GRANT#

## 6. REFERENCES

1. Ellis, C. A.; Gibbs, S. J. & Rein, G. (1991), 'Groupware: some issues and experiences', *Commun. ACM* 34(1), 39--58.
2. Gutwin, C. & Greenberg, S. (2001), The Importance of Awareness for Team Cognition in Distributed Collaboration, in 'In', Press, , pp. 177--201.
3. CmapTools (2010), <http://cmap.ihmc.us/>
4. Regenbrecht, H. T.; Wagner, M. & Baratoff, G. (2002), 'MagicMeeting: A Collaborative Tangible Augmented Reality System', *Virtual Reality* 6(3), 151--166.

5. Sugimoto, M.; Hosoi, K. & Hashizume, H. (2004), Caretta: a system for supporting face-to-face collaboration by integrating personal and shared spaces, in 'CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems', ACM, New York, pp. 41-8
6. Myers, B. A. (2000), The pebbles project: using PCs and hand-held computers together, in 'CHI '00: CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 14--15.
7. Stefik, M.; Bobrow, D. G.; Foster, G.; Lanning, S. & Tatar, D. (1987), 'WYSIWIS revised: early experiences with multiuser interfaces', ACM Trans. Inf. Syst. 5(2), 147--167.
8. Streitz, N. A.; Gei, J.; Haake, J. M. & Hol, J. (1994), DOLPHIN: integrated meeting support across local and remote desktop environments and LiveBoards, in 'CSCW '94: Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work', ACM, New York, NY, USA, pp. 345--358.
9. Biehl, J. T.; Baker, W. T.; Bailey, B. P.; Tan, D. S.; Inkpen, K. M. & Czerwinski, M. (2008), Impromptu: a new interaction framework for supporting collaboration in multiple display environments and its field evaluation for co-located software development, in 'CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 939--948.
10. Hailpern, J.; Hinterbichler, E.; Leppert, C.; Cook, D. & Bailey, B. P. (2007), TEAM STORM: demonstrating an interaction model for working with multiple ideas during creative group work, in 'C&C '07: Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition', ACM, New York, NY, USA, pp. 193--202.
11. Hilliges, O.; Terrenghi, L.; Boring, S.; Kim, D.; Richter, H. & Butz, A. (2007), Designing for collaborative creative problem solving, in 'C&C '07: Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition', ACM, New York, NY, USA, pp. 137--146.
12. Tse, E.; Greenberg, S.; Shen, C.; Forlines, C. & Kodama, R. (2008), Exploring true multi-user multimodal interaction over a digital table, in 'DIS '08: Proceedings of the 7th ACM conference on Designing interactive systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 109--118.
13. Klemmer, S. R.; Newman, M. W.; Farrell, R.; Bilezikjian, M. & Landay, J. A. (2001), The designers' outpost: a tangible interface for collaborative web site, in 'UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology', ACM, New York, NY, USA, pp. 1--10.
14. Jacob, R. J. K.; Ishii, H.; Pangaro, G. & Patten, J. (2002), A tangible interface for organizing information using a grid, in 'CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 339--346.
15. Stewart, J.; Bederson, B. B. & Druin, A. (1999), Single display groupware: a model for co-present collaboration, in 'CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems', ACM, New York, NY, USA, pp. 286--293.
16. Shen, C.; Everitt, K. & Ryall, K. (2003), UbiTable: Impromptu Face-to-Face Collaboration on Horizontal Interactive Surfaces, pp. 281--288.
17. Russell, D. M.; Trimble, J. P. & Dieberger, A. (2004), The Use Patterns of Large, Interactive Display Surfaces: Case Studies of Media Design and Use for BlueBoard and MERBoard, in 'HICSS '04: Proceedings of the Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) - Track 4', IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 40098.2.
18. Izadi, S.; Brignull, H.; Rodden, T.; Rogers, Y. & Underwood, M. (2003), Dynamo: a public interactive surface supporting the cooperative sharing and exchange of media, in 'UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology', ACM, New York, NY, USA, pp. 159--168.
19. Nuigroup (2008), <http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982/>
20. Pinelle, David; Gutwin, Carl & Greenberg, Saul (2003), Task analysis for groupware usability evaluation: Modeling shared-workspace tasks with the mechanics of collaboration, ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 10(4), pp. 281--311

## **Interacción para personas con discapacidad**



# Evaluación de un sistema accesible de control domótico

Judit Casacuberta<sup>1</sup>, Fausto Sainz<sup>2</sup>, Marta Díaz<sup>1</sup>, Jaisiel Madrid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CETpD Technical Centre for Dependency Care and Autonomous Living, Barcelona Tech  
Neàpolis Rbla. Exposició, 59-69 08800 Vilanova i la Geltrú, España

<sup>2</sup>Fundosa Technosite S.A., Albazans, 16 3ª planta B1 28037 Madrid, España

<sup>1</sup>{judit.casacuberta, marta.diaz}@upc.edu

<sup>2</sup>{fsainz, jmadrid}@technosite.com

**Abstract.** El artículo presenta parte de la investigación llevada a cabo dentro de un proyecto destinado a conseguir la interacción de personas con discapacidad y mayores con su entorno mediante el uso de tecnologías de la comunicación e información. Se presentan aspectos metodológicos relacionados con modelos de participación, experiencia de usuario y aceptación tecnológica. Las pruebas de evaluación y validación tecnológica, estuvieron destinadas a comprobar la eficacia de los sistemas e interfaces desarrollados. La evaluación se desarrolló en un entorno domótico con personas mayores como usuarios.

Keywords: domótica, evaluación de sistemas interactivos, metodología de evaluación, interacción con dispositivos, usabilidad, accesibilidad

## 1 Introducción

El proyecto INREDIS [1] (Interfaces de Relación entre el Entorno y las personas con Discapacidad) de investigación básica en el ámbito de las tecnologías accesibles e interoperables ha tenido como objetivo el desarrollo de tecnologías de base que permitan crear canales de comunicación e interacción entre las personas con algún tipo de necesidad especial y su entorno. Para completar y concretar esta investigación se diseñó y desarrolló una arquitectura capaz de adaptar diferentes tipos de interfaces a las necesidades y preferencias de los usuarios, sea cual sea su perfil, tengan alguna discapacidad o no. Para validar esta arquitectura de accesibilidad global, se desarrollaron varias plataformas dentro de diferentes entornos de aplicación. En este artículo se explica cómo dentro del entorno del hogar se evaluaron dos casos de uso, un prototipo de control domótico y otro de teleasistencia. El prototipo de control domótico permite el control de diferentes dispositivos en la casa, mientras que el prototipo de teleasistencia ofrece un servicio de petición de cita a diferentes especialistas.

### 1.1 Hogar inteligente

El concepto de “Smart home” se define como una residencia equipada con computación e información tecnológica que responde a las necesidades de sus ocupantes, trabajando para promover su comodidad, convivencia, seguridad y

entretenimiento a través de la gestión de la tecnología en la casa y sus conexiones [2]. Los hogares inteligentes se caracterizan además de por sus aspectos tecnológicos, por la investigación centrada en los usuarios [3], considerando la experiencia de usuario en el entorno del hogar, lo que clasificamos como “experiencia de casa”. Los hogares inteligentes [4] se consideran entornos inteligentes porque “conocen” a sus usuarios, son “conscientes” del contexto físico, social y cultural de uso, y en base a este conocimiento, se adaptan de una forma significativa y apropiada. La interacción entre los habitantes y el entorno debe ser intuitiva, natural y compatible con su ritmo y estilo de vida. Por ello, es importante considerar los factores psicológicos que influyen en la calidad de la experiencia de interacción con los diferentes elementos del hogar. Entre estos factores esenciales se encuentran la confianza y la percepción de control.

El concepto de confianza, se ha centrado habitualmente en la seguridad; para que la confianza sea relevante en una situación particular deben existir dos condiciones previas [5]: primero debe existir una *dependencia* entre el “confiador” y el “confidente”, y ésta dependencia debe implicar algún riesgo; y además (segundo) el *riesgo* debe contener tanto incertidumbre como vulnerabilidad. En el contexto de las casas inteligentes, se identifican dos ámbitos en que la confianza es relevante [5]: en la *Información*: ¿Se puede confiar en la información obtenida del sistema de la casa inteligente? Y en los *Sistemas de información*: ¿Son los sistemas informáticos con los que contamos dignos de confianza? ¿Se perciben como dispositivos funcionales?

La confianza se dirige a un dispositivo tecnológico, concretamente a un elemento específico de la cadena de información, por ejemplo, la interfaz de usuario del sistema. La confianza existe porque el usuario espera que la información sea fiable y válida. Según [6] una definición integral de la confianza parte de la unión de tres elementos: la función o elemento que ha de inspirar confianza, la creencia de que los resultados esperados se producirán, y la voluntad de actuar en base a esta confianza.

Por otro lado la automatización puede definirse [7] como la ejecución de las funciones por un agente de la máquina (normalmente un ordenador), que previamente han sido llevadas a cabo por una persona. Considerando esto [8] propone diferentes modos de control, los cuales han sido aplicados en diferentes áreas de la tecnología: control supervisado, negociado y compartido. El concepto de percepción de control implica, a la vez, transmitir a los usuarios una sensación de estabilidad. En ese sentido, es importante valorar el grado de automatización para garantizar la percepción de control y la ausencia de creencias de riesgo que pueden desmotivar al usuario del uso del sistema.

## 2 Antecedentes metodológicos

Con el objetivo de diseñar una metodología adaptada a las necesidades de evaluación del entorno definido, se realizó un estudio de dos propuestas metodológicas orientadas a la valoración de diferentes productos y servicios: el Modelo Extendido de Aceptación de la Tecnología, y el referencial People Lead Innovation. A continuación se explican brevemente las características más relevantes de estos modelos.

## 2.1 Modelo extendido de aceptación de la tecnología

El Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) [9] sostiene que la actitud hacia el uso de un sistema de información se basa en *la utilidad percibida*: vaticinio de un usuario acerca de la probabilidad subjetiva de que se incremente su rendimiento en una organización al utilizar una aplicación específica de un sistema de información, y por otro lado se centra asimismo en *la facilidad de uso percibida*: grado en que el usuario espera que el manejo de un determinado sistema conlleve la realización de menores esfuerzos. El modelo propone asimismo la vinculación entre la utilidad percibida y *la intención hacia el uso* para determinar el *uso del sistema*. El modelo extendido de aceptación de la tecnología [10] basado en el TAM original y la teoría de difusión de innovaciones (IDT) [11], incorpora las dimensiones de *coste*, y *riesgo percibido*. El modelo extendido contempla las siguientes dimensiones: 1) Riesgo percibido; 2) Coste; 3) Compatibilidad; 4) Percepción de utilidad; 5) Percepción de facilidad de uso; 6) Comportamiento de intención de uso.

Se ha seguido el modelo extendido de aceptación de la tecnología para definir algunas de las dimensiones a valorar en el contexto del Hogar Inteligente.

## 2.2 People Lead Innovation (P.L.I.)

Como metodología de validación, la metodología P.L.I. (Referencial P.L.I., siglas en inglés de People Lead Innovation) [12] integra el ciudadano en los procesos de innovación. Este método dimensional propone cubrir las características y requisitos que debe cumplir una solución para que esta pueda garantizar su efectividad tecnológica y social. Estos requisitos son: *el enfoque emocional, la ergonomía, la innovación ciudadana, la sostenibilidad y la gestión de la seguridad*.

## 3 Propuesta metodológica

La validación del entorno domótico implicó evaluar el sistema de control y monitorización global de la casa inteligente, y los dispositivos de usuario utilizados para controlar el sistema. Para cada uno de los elementos se propuso una adaptación metodológica que determinase las dimensiones a valorar durante la experiencia. Finalmente, y para todos los elementos de la plataforma –sistema de control y monitorización global de la casa inteligente y dispositivos de usuario- se realizó la evaluación y validación de la interacción centrada en todas aquellas dimensiones y características esenciales que conforman la usabilidad y la accesibilidad de un sistema. Entre estas se evaluó la usabilidad [13] (eficiencia, eficacia, utilidad, seguridad, de fácil aprendizaje y retención) y la accesibilidad, además de la transmisión de información, navegación, configuración, entrenamiento, adecuación a requerimientos, ética y privacidad.

En los siguientes apartados se detallan las dimensiones consideradas para los diferentes elementos del sistema del Hogar Digital.

### 3.1 Sistema de control y monitorización global

La información para valorar el sistema de control y monitorización global del hogar se recoge a través de cuestionarios post-test. En estos cuestionarios se midieron:

- Aceptación de la tecnología. Grado de aceptación de la tecnología por parte de los usuarios objetivo. Compuesto por: *Riesgo percibido (RP)*, *Coste (COS)*, *Compatibilidad (COM)*, *Percepción de utilidad (PU)*, *Percepción de la facilidad de uso (PFU)* y *Comportamiento de intención uso (CIU)*.
- Confianza (CON). Grado en que los usuarios objetivo perciben el sistema como un elemento fiable, para la realización de las tareas.
- Nivel de automatización (AUT). Grado en que los usuarios objetivo perciben que tienen el control del sistema en relación con el grado de automatización.

### 3.2 Dispositivos

El objetivo fue evaluar el grado de conformidad de los dispositivos del entorno del hogar digital basándonos en los principios de la metodología P.L.I. Dentro del apartado 3.2, si bien es una metodología originariamente orientada a la certificación, sirve igualmente para fijar cuáles van a ser los *criterios de calidad* relevantes para garantizar la eficacia tecnológica y social de las plataformas experimentales desarrolladas, con independencia de querer someterlos a acreditación/certificación. Concretamente, las dimensiones adaptadas del referencial P.L.I. son: *aspectos afectivos*, *ergonomía funcional*, *ergonomía cognitiva*, *familiaridad*, *accesibilidad*.

## 4 Pruebas con usuarios

El objetivo de realizar pruebas con usuarios fue observar a personas mayores utilizando los servicios de la arquitectura de accesibilidad desarrollada en el proyecto INREDIS, concretamente el servicio de control de la domótica del hogar y el acceso a servicios de índole socio-sanitario, y valorar si las adaptaciones de la interfaz entregadas a través de la arquitectura de INREDIS permitían optimizar la interacción de las personas mayores, especialmente ante necesidades visuales y motrices. Las adaptaciones utilizadas por las personas mayores fueron: adaptaciones icónicas y textuales, con variaciones del tamaño de los recursos de la interfaz y alternativa en alto contraste. El test se desarrolló para explorar los aspectos cualitativos del comportamiento de los usuarios y los motivos de su manera de actuar, sus opiniones, los aspectos afectivos asociados al uso y sus preferencias de interacción con los diferentes dispositivos. La finalidad era explorar el nivel de aceptación de la tecnología, el nivel de confianza y percepción de control, además de la usabilidad a nivel de interfaz (ver. Fig. 1) y accesibilidad.

**Participantes.** 12 personas mayores de entre 70 y 88 años (media=79,33). De los cuales 2 tenían problemas de desplazamiento, y 1 problemas de manipulación. En relación con el uso de la tecnología, un 25% tenía experiencia previa con ordenador, y un 18,18% con Internet.

**Dispositivos.** Para la prueba se utilizaron 4 dispositivos táctiles: 1) iPhone; 2) iPad; 3) Tobii (utilizado únicamente como ordenador con pantalla táctil por disponibilidad); 4) Ordenador con pantalla táctil. Cada usuario utilizó un dispositivo portátil y un dispositivo no portátil, empezando siempre por el dispositivo no portátil.

**Espacio.** Hogar Digital MetalTIC equipado con instrumentación específica para el control de los elementos del hogar y software de observación no intrusiva: cámara AXIS 212 PTZ-V con grabación de 360° para sala de 4.7 m (fondo) por 4.6 m (ancho).



**Fig. 1.** Interfaz del hogar y del setting de la fase de familiarización y entrenamiento

**Equipo evaluador.** Dos expertos en usabilidad observaron y registraron las interacciones con el sistema en los diferentes dispositivos y un técnico controló el funcionamiento de los dispositivos de la casa y de la aplicación.

**Protocolo de desarrollo de la sesión y tareas.** Primeramente una fase de familiarización y entrenamiento con los dispositivos, seguido por el test en el que debían utilizar los dispositivos para realizar las tareas propuestas. La familiarización y entrenamiento se llevó a cabo involucrando a los propios participantes para observar la transmisión de conocimiento e identificar vocabulario representativo para este colectivo. Se realizaron las siguientes tareas: 1) Registro en la interfaz INREDIS, formulario que permite determinar el tipo de perfil de la persona que utilizará la plataforma INREDIS; 2) Caso de uso del Hogar digital (control de elementos del hogar a través de la interfaz. Ej.: subir persiana, apagar luces, abrir puerta); 3) Caso de uso de teleasistencia (pedir, consultar y cancelar una cita al médico).

**Datos obtenidos.** Se obtuvieron: 1) datos empíricos sobre el funcionamiento del sistema mediante datos objetivos y subjetivos de rendimiento; 2) impresiones de los usuarios a través de los comentarios espontáneos y las verbalizaciones entre participantes; 3) las observaciones de los expertos del comportamiento y registro en papel de los aspectos cognitivos de la interacción y la accesibilidad y 4) la valoración de uso del sistema mediante cuestionarios en diferentes fases del protocolo de test. Además se diseñaron dos cuestionarios con escala tipo Likert [14] de valores definida de 1 a 5, siendo 1 "Totalmente en desacuerdo" y 5 "Totalmente de acuerdo". Un primer cuestionario para valorar la interacción con los dispositivos de usuario para el

control de los servicios de la arquitectura de accesibilidad de INREDIS, que se basó en las dimensiones definidas por la metodología P.L.I. Un segundo cuestionario para valorar el sistema de control del ambiente en cuanto a riesgo percibido, coste, compatibilidad, percepción de utilidad y facilidad de uso, comportamiento de intención de uso, confianza, nivel de automatización.

**Análisis.** Se realizaron análisis descriptivos de las variables (identificación de la media y desviación estándar) y análisis cualitativo de los comentarios de los usuarios.

## 5 Resultados

Los resultados se presentan atendiendo a las divisiones previamente establecidas.

### 5.1 Datos Cualitativos. iPad – Pantalla táctil

Las dificultades encontradas con más frecuencia fueron la “identificación” y la “navegación”. Éstas hacen referencia a la identificación de los diferentes elementos de la pantalla y su funcionalidad, y a las opciones del menú de navegación del sistema, y cómo moverse por las diferentes pantallas. Por otro lado, en relación con el “Feedback de espera”, el cual hace referencia a que el usuario conozca en cada momento el estado del sistema, no se detectó ningún problema ya que el feedback físico e inmediato de las tareas del hogar digital permitió observar de forma directa la consecución de las acciones de los usuarios (ej.: apagar las luces en la interfaz, ver el cambio de estado en la casa), ya que en algunas ocasiones el cambio en la interfaz no era evidente por el tiempo empleado para mostrar los cambios. También, al ser conscientes de ellos, los facilitadores avisaron a los usuarios. En cuanto a las dificultades encontradas en cada actividad, destaca la actividad de Teleasistencia, realizada con el iPad, por concentrar el mayor número de problemas en su uso.

### 5.2 Datos Cualitativos. iPhone – Tobii como pantalla Táctil

Las dificultades encontradas a lo largo de las tres actividades se concentran en la “Selección de elementos”, “Identificación” y “Precisión necesaria”. Si observamos la cantidad de dificultades de uso detectadas según la tarea, lo que a la vez podemos relacionar con los dispositivos utilizados, vemos como la mayoría de problemas se detectan en el uso del dispositivo iPhone.

**Transmisión de conocimiento entre participantes.** En general los participantes se sintieron cohibidos al tener que explicar cómo habían utilizado los dispositivos, en gran medida, y de acuerdo a sus propias verbalizaciones por la presencia de los facilitadores: “Explícalo tú que lo explicas mejor”, “Yo no sé, mejor dígaselo usted”. Se observó una tendencia a explicar los dispositivos que habían utilizado con más

facilidad, mayoritariamente el Tobii como pantalla táctil y el ordenador con pantalla táctil. El vocabulario utilizado fue poco concreto (“Tocas por ejemplo lo que tu busques”, “¿Dando un golpecito aquí?” refiriéndose a presionar un botón en el iPad) y en la mayoría de ocasiones utilizaban gestos para indicar aquellos elementos del sistema que necesitaban describir. Faltó información relacionada en aspectos clave como la navegación y exploración de las interfaces.

### 5.3 Datos Cuantitativos: iPad y Pantalla Táctil

**Grado de consecución de las tareas.** Los resultados de los datos objetivos de rendimiento indican que todos los usuarios consiguieron realizar las tareas, aunque en algunas ocasiones de forma parcial: la tarea del caso de uso de teleasistencia fue superada con éxito por todos los participantes utilizando el dispositivo móvil iPad.

**Cuestionarios sobre dispositivos.** En general, el ordenador con pantalla táctil, con una media de 2.09 (ver Fig. 2) obtuvo mejores puntuaciones que el iPad, con una media de 2.17. Las dimensiones mejor valoradas son los *Aspectos afectivos*, con una media de 1.77, seguido de la *Accesibilidad*, con 1.97. Finalmente, destaca la dimensión *Familiaridad* en la interacción, junto con la *Ergonomía cognitiva*, en la que se preguntaba sobre la navegación, la distribución de la información, entre otras cuestiones, como las peores valoradas, con una media de 2.34 y 2.33 respectivamente.

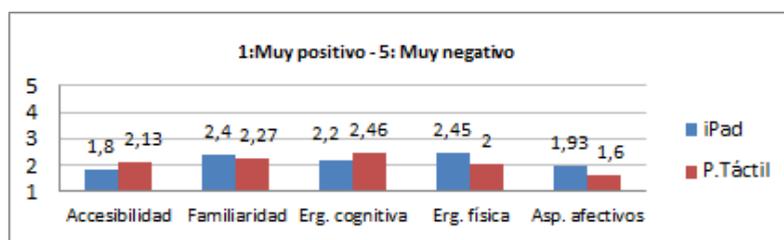


Fig. 2. Media de los resultados del cuestionario de valoración del iPad y la pantalla táctil

### 5.4 Datos Cuantitativos: iPhone y Tobii

**Grado de consecución de las tareas.** Los resultados objetivos de rendimiento indican que todos los usuarios superaron la tarea de Registro al servicio de INREDIS sin dificultad, pero solo un usuario completó de forma parcial la tarea del caso de uso de teleasistencia (pedir, consultar y cancelar una cita al médico). Esto se debió principalmente al dispositivo utilizado en esta tarea, el iPhone, ya que se detectaron una cantidad importante de problemas originados por las funciones del dispositivo, más que por el sistema evaluado. La tarea de control de los elementos del hogar fue completada satisfactoriamente por 2 usuarios y por 5 de forma parcial.

**Cuestionarios sobre dispositivos.** Los resultados obtenidos en la valoración de uso del sistema indican que los usuarios prefirieron el Tobii utilizado como pantalla táctil frente al iPhone, resultados que coinciden con los datos objetivos y subjetivos de rendimiento. Las dimensiones mejor valoradas son la *Accesibilidad*, dimensión en la que se preguntaba sobre el acceso a la información, y los *Aspectos afectivos*, en la que se preguntaba sobre la interacción, comodidad y frustración, con una media de 2.07 (ver Fig. 3). Por el contrario, la *Ergonomía cognitiva* obtuvo las peores puntuaciones con una media de 2.41.

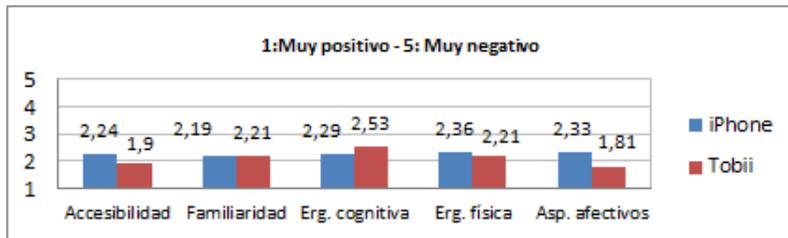


Fig. 3. Media de los resultados del cuestionario de valoración del iPhone y el Tobii

## 5.5 Cuestionario sobre la valoración sistema

A continuación se comentan los resultados obtenidos en las diferentes dimensiones evaluadas con el cuestionario (ver 4.1). En relación con el coste percibido del sistema, algunos usuarios no contestaron por no tener información, pero en general se percibió como caro tanto la compra como la instalación y el mantenimiento. En relación con la compatibilidad del sistema al estilo de vida de los participantes de la prueba, siete de ellos creyeron que no se ajustaba a su estilo de vida actual, frente a tres usuarios que creyeron que sí. Aun así, 11 de los 12 participantes valoraron que el uso del sistema mejoraría su nivel de calidad de vida. En esta misma dimensión, 7 usuarios valoraron que el sistema se ajustaba a sus necesidades diarias, 6 de los cuales coincidieron en que se ajustaba a posibles necesidades futuras, junto con 3 usuarios más. Valoraron como el servicio más útil el servicio de teleasistencia, seguido del servicio de control del hogar y finalmente el servicio para el control de acceso al hogar. Posiblemente conectado con los comentarios en el momento de responder y relacionado con sentimientos de inseguridad. Respecto la percepción de la facilidad de uso del sistema, la mayoría de usuarios lo encontraron, fácil y sencillo y comentaron que podrían utilizarlo con facilidad con la práctica. En la relación entre la *Percepción de utilidad* y el *Comportamiento de intención de uso*, destaca que 10 de los usuarios valoraron el sistema como muy útil, y 8 de ellos respondieron de forma positiva en relación al uso que le harían si lo tuvieran instalado en casa. No existe una opinión conjunta clara respecto el nivel de automatización preferido por los participantes en la prueba. Únicamente un usuario prefirió el nivel de automatización alto, seguido de 4 usuarios con el nivel medio-alto, 3 con un nivel medio y 4 en un nivel bajo de automatización. La mayoría de usuarios no hicieron propuestas de mejora del sistema, únicamente que sería útil que estuviera toda la casa controlada con el sistema. En los

comentarios se destaca la percepción que tienen de falta de experiencia para el uso de estos sistemas, y su preferencia por las pantallas más grandes, aunque también se observa que perciben la utilidad de los dispositivos móviles para llevarlos encima.

En general, observando la puntuación media obtenida en las diferentes dimensiones valoradas destaca el *Coste*  $m=3.73$  como un posible problema para la adquisición de la tecnología, seguido de la *Compatibilidad*  $m=2.99$ , ya que algunos participantes no percibieron el sistema como adecuado a sus necesidades, factor que se contradice con la *Percepción de utilidad*, en la que se preguntaba en relación con la *Mejora de la calidad de vida*, y fue la dimensión mejor valorada con una media de 1.93. Aun así, excepto en la dimensión de *Coste*, no existen otras dimensiones que se encuentren por encima del 3 (ni de acuerdo ni en desacuerdo) por lo que podemos considerar que en general los usuarios obtuvieron una experiencia de uso positiva.

## 6 Conclusiones

La metodología planteada permitió explorar la usabilidad de los servicios del Hogar Digital y Teleasistencia consumidos a través de las interfaces de usuario generadas, de manera adaptativa, por la arquitectura de accesibilidad de INREDIS, así como los dispositivos utilizados como medio de interacción y el sistema en general a nivel de aceptación y posible uso de la tecnología. La combinación de los resultados obtenidos en los cuestionarios, junto con la observación sistemática y los datos cualitativos registrados, permiten entender qué elementos del conjunto del producto evaluado pueden determinar que la tecnología pueda ser utilizada por los usuarios.

Es importante destacar para la interpretación de los resultados obtenidos durante la prueba el perfil de los participantes. Se observó una tendencia en las personas mayores a no valorar de forma negativa ni los dispositivos ni las aplicaciones ni servicios en los cuestionarios de usabilidad. De los comentarios de los participantes se desprende que les parece todo fácil, pero que son ellos quienes necesitan aprender a usarlo: se auto-perciben como personas con poco conocimiento tecnológico. Es importante destacar que tienden a evitar críticas, ya que muy pocos usuarios sugerían cambios en la interfaz o el sistema, aun habiendo tenido problemas importantes durante su uso. Sería interesante pensar un formato que facilite también la expresión más espontánea de las opiniones negativas y las críticas.

Como resultado de la observación de la experiencia de uso, se detectaron problemas importantes durante la interacción con los dispositivos móviles iPhone y iPad, sobre todo por las funcionalidades implementadas en los navegadores -como copiar- además de la interfaz tradicional en estos, como la URL, que aunque la interfaz de INREDIS no requería su interacción, desconcertó a los usuarios.

Durante la evaluación se detectó como los principales problemas que podrían influir en la aceptación y el uso del sistema son el coste de adquisición, instalación y mantenimiento, la compatibilidad de las funcionalidades ofrecidas por el sistema con las necesidades reales de los usuarios y el riesgo percibido, sobre todo por el uso de cámaras en el entorno del hogar. En principio factores no directamente ligados al interfaz ni al sistema sino ajenos a la naturaleza de la interacción.

La fase reservada para la transmisión de conocimiento informó de cómo los usuarios usaron palabras poco concretas para referirse a los diferentes elementos de la interfaz o el sistema, y cómo la mayoría de ellos solo hicieron referencia a la funcionalidad y no a navegación o desplazamiento por la pantalla. También que tendían a explicar aquellos dispositivos que habían utilizado con más destreza.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el contexto del proyecto CENIT INREDIS, financiado por el Ministerio de Industria. Se agradece la colaboración de la Federación de Empresarios del Metal de Alicante por la cesión de *metalTIC-Hogar Digital* para el desarrollo de los test. Del mismo modo, cabe reconocer el soporte del Grupo de Domótica y Ambientes Inteligentes de la Universidad de Alicante para la realización y monitorización de las pruebas, así como la provisión de la funcionalidad del servicio de teleasistencia validado por la empresa Tunstall Ibérica.

## 7 Referencias

1. Proyecto INREDIS (INterfaces de Relación entre el Entorno y las personas con DIScapacidad), [www.inredis.es](http://www.inredis.es), 2007-2010, Consulta: 30 de marzo de 2011.
2. Aldrich, F. K. Smart homes: past, present and future. In: Inside the smart home. Harper R (ed). London: Springer, pp 17–39 (2003)
3. Van de Sluis, R., J. H. Eggen, J. Jansen, and Kohar, H. User Interface for an In-Home Environment. In Hirose, M. (Ed) Human Computer Interaction - INTERACT '01, Tokyo, Japan, IOS Press, pp 383-390, (2001).
4. Eggen, B., G. Hollemans, and R. Van de Sluis: Exploring and Enhancing the Home Experience. Cognition Technology and Work, vol. 5(1), pp. 44–54. (2003)
5. Sandström G. Smart Homes and User Values: Long-term evaluation of IT-services in Residential and Single Family Dwellings (2009).
6. Chopra, K. and Wallace, W. A. Trust in Electronic Environments. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03), 6-9 January (2003).
7. Parasuraman, R. and Riley, V. Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. Human Factors, 39(2). (1997).
8. Sheridan, T.B., Parasuraman, R.: Human automation interaction. Reviews of Human Factors and Ergonomics, 1, pp. 89—129, (2006).
9. F.D. Davis, Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technologies, MIS Quarterly 13(3), pp. 319–34 (1989).
10. Jen-Her Wu y Shu-Ching Wang. What drives mobile commerce? An empirical evaluation of the revised technology acceptance model (2005).
11. E.M. Rogers, The Diffusion of Innovation, fifth ed., Free Press, New York, (2003).
12. Referencial People Led Innovation - Innovación liderada por las personas (2009). I2BC
13. SFS-EN ISO 9241-11, 1998. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals. Part 11: Guidance on Usability. Finnish Standards Association SFS, Helsinki.
14. Cañadas, I., Sánchez, A. Categorías de respuesta en escalas tipo Likert. Psicothema, 10(3), 623-631 (1998)

## Comparativa de dos estilos de interacción con niños de educación especial

César Ortea Suárez, Javier Marco, Sandra Baldassarri, Eva Cerezo

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón.  
Grupo de Informática Gráfica Avanzada.  
Dept. Informática e Ingeniería de Sistemas.  
Universidad de Zaragoza  
{622384, javi.marco, sandra, ecerezo}@unizar.es

**Resumen.** En el presente artículo se desarrolla una comparativa de un juego de ordenador usable por dos métodos de interacción: mediante la interacción táctil en una pizarra digital o mediante interacción tangible en un tabletop digital. Las pruebas de uso se realizaron con niños de un colegio de educación especial, los cuales padecen diferentes tipos y grados de discapacidad. El objetivo es comparar la usabilidad y accesibilidad de cada una de las interfaces, así como la experiencia del niño jugando. Los resultados indican la necesidad de proporcionar retroalimentación en todo momento, tanto auditiva como visual, que facilite el entendimiento de la tarea y la progresión de la misma. Además, mediante un cuestionario se obtiene una preferencia significativa de la versión tangible por parte de los niños.

**Palabras clave:** Táctil, tangible, pizarra, tabletop, educación especial, juego.

### 1 Introducción

Impartir el conocimiento mediante un ordenador, tiene la ventaja de que favorece el aprendizaje de los niños de una forma más personalizada y autónoma, ayuda a progresar a una velocidad adecuada a sus posibilidades e incentiva el desarrollo de nuevas habilidades. Esto posibilita a los educadores la utilización de diferentes estrategias didácticas para cada individuo y grupos de trabajo. En el caso de que los niños posean algún tipo de discapacidad cognitiva, este aprendizaje individualizado adquiere todavía mucha más importancia.

En este entorno, los juegos por ordenador son herramientas de enseñanza-aprendizaje muy efectivas [1], que permiten a los usuarios aprender mediante la participación activa, además de promover la resolución de problemas y, al mismo tiempo, enfatizan la exploración y el auto-descubrimiento. Además, se trata de un modo de entretenimiento y diversión para los niños sin que perciban que al mismo tiempo están aprendiendo.

Dependiendo del tipo de discapacidad que tengan los niños, es necesario que la interacción con un sistema se realice con diferentes modalidades. Existen múltiples formas de interacción, entre las cuales se encuentran la realidad virtual, realidad

aumentada, interfaz gráfica de usuario (GUI), táctiles e interfaz tangible (TUI). El uso de GUIs, basado en interacción con ratón y teclado, es el más extendido y utilizado en la actualidad, aunque la aplicación de modelos de interacción más naturales y físicos, para niños, es cada vez más popular [2].

A diferencia de los métodos de interacción tradicionales (basados en teclado, ratón, mando), los métodos de interacción natural, entre las que destacan las táctiles y TUIs, se han explorado como una forma de acercar a los niños a los contenidos digitales. En concreto, las TUIs combinan objetos físicos y virtuales en entornos físicos interactivos [3] y, por lo tanto, se trata de una interfaz más exploratoria, colaborativa y expresiva [4].

Un videojuego debe aportar entretenimiento [5], que forma parte del conjunto de sensaciones, sentimientos o emociones que se producen en el usuario cuando maneja un sistema interactivo (Experiencia del Usuario ó UX) [6]. Además, debe tener un objetivo que se pueda conseguir de una forma eficaz, eficiente y satisfactoria, lo que define la usabilidad [7]. De esta forma, el videojuego debe reaccionar y responder de una forma adecuada para que el usuario pueda cumplir este objetivo, proporcionando al mismo tiempo diversión. Un aspecto importante es la flexibilidad del videojuego para acomodarse a las necesidades especiales de cada usuario, lo que define la accesibilidad. Esta se obtiene por una combinación de hardware y software que proporcionan, respectivamente, los mecanismos que permiten salvar ciertas discapacidades y la manera eficaz de acceder a las funcionalidades del juego.

El objetivo principal de este trabajo es hacer una comparación de un mismo videojuego con dos tipos de interacción natural (pizarra interactiva táctil y tabletop horizontal de interacción tangible). En esta comparación participan niños de un colegio de educación especial, con el objetivo de aprender sobre cómo ajustar estos dos tipos de interacción a las necesidades de niños con problemas cognitivos. En consecuencia, los métodos de evaluación utilizados se eligen y adaptan en función de sus capacidades, con el propósito de obtener información acerca de la usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario (UX) de ambas interfaces.

La estructura del artículo es la siguiente. En la Sección 2 se citan estudios previos de comparativa o evaluación de paradigmas de interacción con niños. En la Sección 3 se describe el juego utilizado en la evaluación con sus dos tipos de interacción. En la Sección 4 se detalla el entorno donde se desarrolla la evaluación, la metodología empleada y los resultados obtenidos, mientras que, en la Sección 5 se incluyen las conclusiones del trabajo.

## 2 Estado del Arte

En los últimos años, los niños han adquirido protagonismo como usuarios de tecnologías interactivas. En consecuencia, ha habido un gran interés en adaptar y validar diferentes métodos de evaluación a la capacidad de desarrollo cognitivo y social de los niños [8].

En este contexto, existen estudios que comparan diferentes paradigmas de interacción en videojuegos para niños. Xu *et al.* [6] propone el método *Drawing Intervention* para comparar, analizando los dibujos realizados por los niños, la UX de

distintos juegos con diferentes tipos de interacción. Abeele *et al.* [9] [10] hacen una comparación de un mismo videojuego con dos paradigmas de interacción distintos (en este caso, interacción tangible frente a ratón). Su propósito es determinar la interfaz preferida a través de cuestionarios llevados a cabo con los niños. Baauw *et al.* [11] [12] se basan en cuestionarios externos, es decir, en los que no participa el niño, que permiten advertir posibles conflictos de usabilidad, además de valorar la UX del juego evaluado. Otros estudios comparativos se basan en que los niños den su opinión para encontrar problemas de usabilidad, es decir, que manifiesten verbalizando cuál es su pensamiento acerca del juego evaluado [13] [14]. Por lo tanto, estos métodos requieren que el niño tenga la capacidad suficiente para verbalizar opiniones.

También, existen estudios similares aplicados a niños con discapacidad cognitiva. Li *et al.* [15] y Piper *et al.* [16] evalúan la eficacia de juegos de interacción tangible con fines terapéuticos. Para ello, se valora su usabilidad complementando las observaciones con la grabación en video de todas las sesiones, debido a la espontaneidad en el comportamiento de los niños. Baldassarri *et al.* [1] analizan la usabilidad, UX y accesibilidad de un juego por medio de cuestionarios externos, observaciones y grabando en video las sesiones.

En el caso concreto de nuestro trabajo, al tratar con niños de educación especial, optaremos por métodos de evaluación adecuados a su capacidad cognitiva. Estos métodos nos permitirán obtener información acerca de la usabilidad, UX y accesibilidad de dos modalidades de interacción natural con un mismo juego: interacción táctil en una pizarra digital e interacción tangible en un tabletop horizontal.

### 3 Juego de la Granja. Estilos de Interacción

#### 3.1 Dispositivos de Interacción

Para obtener información comparativa de la interacción táctil y tangible, se procedió a comparar la usabilidad, UX y accesibilidad de un videojuego para niños en dos dispositivos distintos: un tabletop horizontal basado en interacción tangible (Fig. 1 izquierda) y una pizarra interactiva basada en interacción táctil (Fig. 1 derecha). Estos dos dispositivos sitúan la comparativa en un contexto muy particular: videojuegos para superficies activas. Utilizados con niños, estos dispositivos posibilitan:

- Interacción natural y física: los niños interaccionan directamente sobre las imágenes virtuales del juego, tocando con las manos en el caso de la pizarra, o mediante la manipulación de juguetes en el tabletop.
- Varios niños jugando al mismo tiempo: Ambos dispositivos solventan la situación de dominación del ratón y permiten a varios niños jugar al mismo tiempo, en igualdad de acceso al juego.



Fig. 1. Interfaz TUI (izquierda) e interfaz táctil (derecha)

La **interfaz tangible** se compone de un tabletop horizontal (NIKVision) especialmente diseñado para niños, con unas dimensiones de 60x40 cm de área de juego, y 45 cm de altura. La interacción con los juegos se realiza mediante la manipulación física de juguetes sobre la mesa. El dispositivo tiene una salida activa de imagen en dicha superficie y a través de un monitor adyacente al tabletop. Técnicamente [17], NIKVision utiliza un software que sigue la posición y orientación de los juguetes en la superficie, a través de un marcador impreso a la base de los juguetes. Varios niños pueden jugar al mismo tiempo en NIKVision, manipulando activamente los juguetes, que aparecen representados virtualmente dentro de un escenario 3D en el monitor. Los niños activan diferentes animaciones y sonidos moviendo los juguetes en áreas marcadas por proyección en la superficie de la mesa.

Por otro lado, en la **pizarra interactiva**, la interacción se produce pulsando con la mano sobre una imagen proyectada en una pantalla vertical (modelo TouchIT). La interacción es táctil, pudiendo varios niños tocar sobre la pizarra para interactuar con el escenario 3D del juego. Además, se sitúa prácticamente a la altura del suelo, con el objetivo de que los niños puedan tocar con facilidad cualquier parte de la escena.

### 3.2 Descripción del Juego

Se ha diseñado un juego común para ambos dispositivos interactivos: el Juego de la Granja (Fig. 2). Éste se compone de un objetivo final, varios sub-objetivos, personajes controlados por el jugador, personajes autónomos y objetos interactivos.



Fig. 2. Escena del juego de la granja

El objetivo final del juego es ayudar al granjero a hacer una tarta, para lo que se deben completar tres sub-objetivos: conseguir tres fresas, cuatro huevos y un cubo de leche.

Los personajes controlados por el jugador son la gallina, vaca, oveja y cerdo. Las fresas se pueden recoger con cualquier animal, mientras que los huevos y la leche se obtienen con la gallina y vaca, respectivamente. La secuencia de acciones a realizar para completar una tarea es la siguiente:

- **Tabletop:** primero se coloca un animal en el objeto del escenario correcto y, posteriormente, o bien se agita el animal en las plantas para conseguir una fresa, o bien se dan saltos con el juguete para poner un huevo o dar leche en el nido y cubo respectivamente.
- **Pizarra digital:** Se requiere una secuencia de pulsaciones táctiles para completar una acción: primero se toca un animal para activarlo, después sobre el objeto del escenario para que el animal se desplace a él y, finalmente, se vuelve a tocar el objeto para activar la acción.

El granjero es un personaje autónomo, el cual se encarga de proporcionar retroalimentación auditiva: instrucciones sobre con quién, dónde y cómo conseguir los ingredientes. Dadas las características particulares de cada dispositivo interactivo, las instrucciones auditivas se han diseñado de forma diferente para cada uno:

- **Tabletop:** el granjero comunica para cada tarea el “qué-dónde-cómo”, es decir, en la misma frase dice, qué necesita, dónde y cómo se consigue (e.g. “agita los arbustos para conseguir fresas”). Dado que son frases que contienen mucha información a memorizar, se decidió repetir la frase cada 20 segundos en caso de que el sistema detecte que la acción requerida no se está realizando.
- **Pizarra:** En este dispositivo se requiere una secuencia de pulsaciones para realizar una tarea (activar, animal, activar objeto, realizar acción). Por ello se optó por dividir las instrucciones del granjero en acciones (e.g. “pulsa en un animal y luego en una planta”, “pulsa la planta para coger la fresa”), y no decir la siguiente hasta que se ha completado la acción solicitada. Dado que son instrucciones muy atómicas y que además se refuerzan con retroalimentación visual, se optó por no repetir continuamente la instrucción auditiva.

Como refuerzo a las instrucciones del granjero, para ambos dispositivos se han diseñado retroalimentación visual específica para informar a los niños de los objetivos y el progreso de cada tarea:

- **Tabletop:** Mientras en el monitor frontal se muestra el mismo escenario 3D que el que se proyecta en la pizarra interactiva, se aprovecha la imagen proyectada en la superficie de la mesa para dar guías visuales 2D de las áreas interactivas y de la progresión de las tareas. Los niños ven iconos de las plantas, nido y cubo mapeados en correspondencia con el entorno 3D. Las plantas muestran las fresas que hay por coger, en el nido se muestran los huevos que se van poniendo, y en el cubo la leche que da la vaca.
- **Pizarra digital:** Además del entorno 3D descrito, se superponen dos áreas de iconos para dar guía visual de los objetivos y el progreso de las tareas. En la parte superior izquierda un icono muestra el objeto del escenario que es necesario para realizar la tarea actual. En la parte inferior, una barra de

iconos muestra cuántas fresas quedan por recoger, cuántos huevos quedan por poner, o cuánta leche queda por dar para completar cada tarea activa.

Por último, los objetos interactivos son las plantas (contienen fresas), nido y cubo. Los animales se pueden desplazar entre estos objetos y ejecutar acciones en ellos, recibiendo retroalimentación de la progresión (sonidos e instrucciones del granjero).

## 4 Test Comparativo

En la comparativa final, participan alumnos de educación especial que pertenecen al CPEE Alborada, los cuales padecen diferentes tipos de discapacidad cognitivas y/o físicas. Concretamente, intervienen por parejas 8 niños de edades comprendidas entre 6 y 11 años, con diferentes grados de discapacidad. El lugar donde se lleva a cabo el experimento es una clase habilitada del propio colegio Alborada. Las sesiones se graban en vídeo.

Las parejas van entrando de una en una en la sala. Primero experimentan con un interfaz y luego con la restante. El orden en el que interactúan se alterna entre las cuatro parejas. Los profesores y evaluadores se encuentran en la misma sala que los niños durante la sesión y, en un principio, no explican a los niños cómo tienen que jugar. Sin embargo, los profesores intervienen si los niños no saben cómo seguir interactuando o piden ayuda. Cada pareja juega una partida completa, a no ser que expresen deseo de no seguir jugando y, tras experimentar con ambas versiones, la pareja sale de la sala y entra la siguiente. Sin embargo, hay una pareja que no quiere prestar atención a las actividades que el granjero les propone y no progresan en el juego, por lo que se cansan y se finaliza su participación en el experimento, para pasar a la pareja siguiente.

### 4.1 Métodos de Evaluación

El objetivo de los métodos de evaluación que se emplean en la comparación es capturar la usabilidad, accesibilidad y UX en ambas modalidades de interacción. En particular, los métodos de evaluación utilizados en el experimento final son el test de usabilidad, análisis de grabación en vídeo, LOG (registro de eventos), la entrevista para obtener la preferencia y un cuestionario SEEM (Structured Expert Evaluation Method).

En el test de usabilidad, los evaluadores anotan en papel las observaciones referentes a la interacción de los niños con ambas interfaces. Concretamente, se toman notas cuando se detecta algún tipo de problema de interacción por parte de los niños durante la sesión.

Los vídeos grabados son posteriormente analizados detectando problemas de usabilidad.

Mediante el LOG, se recogen todos los eventos que tiene lugar en cada sesión. Ambas versiones del juego registran estos eventos en ficheros, que posteriormente se pueden rescatar y reproducir en el laboratorio para realizar, junto con la grabación en vídeo, un análisis más exhaustivo de la interacción de cada niño.

Después de que cada pareja experimente con las dos interfaces del juego de la granja, los profesores preguntan a cada miembro de la pareja cuál de las dos versiones les ha gustado más y con cuál querrían volver a jugar (entrevista).

Finalmente, los profesores rellenan un cuestionario SEEM, para ambas modalidades de interacción, para obtener su opinión en aquellos puntos donde los niños tienen problemas en la interacción con el juego. Mediante el cuestionario SEEM se puede obtener información sobre la adecuación del objetivo final y los sub-objetivos del juego, y si los niños entienden la retroalimentación dada o la forma de interactuar con ambas versiones y, finalmente, si la experiencia es divertida o no.

## 4.2 Primeros resultados

A continuación, se presenta una primera visión de los resultados obtenidos de nuestras observaciones y cuestionarios, quedando aun pendiente realizar un exhaustivo análisis con vídeos y LOGs. Sin embargo, tras un primer análisis, se han obtenido resultados significativos acerca de las diferencias en la interacción y experiencia de los niños con ambas interfaces.

En primer lugar, los niños interactúan de acuerdo a las instrucciones que reciben. Esto se observa en los datos obtenidos en el LOG: las tareas se ejecutaron siempre en el orden indicado, los niños no exploran el resto de actividades, y se centran en realizar la tarea que les está solicitando el granjero.

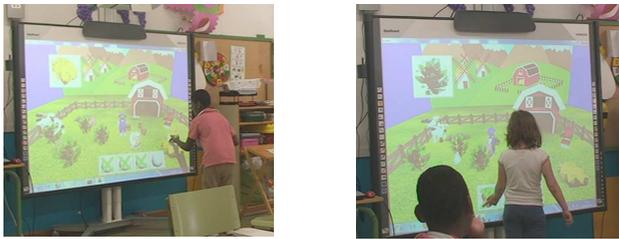
Los niños tienen tendencia a olvidar pronto la tarea que tienen que ejecutar. En la versión TUI no es un problema, porque el granjero repite la instrucción continuamente. Sin embargo, en la versión táctil, aunque son instrucciones más atómicas que en la TUI, al no repetirse más, si el niño no estaba atento en el momento, pierde la pista de la tarea que debe realizar. En los vídeos se observan frecuentes paradas en las que no saben cómo seguir interactuando. Esta situación es más evidente en la primera tarea (recoger fresas), ya que a los niños les cuesta comenzar a prestar atención al juego y, por lo tanto, no suelen darse cuenta de que el granjero ha dado la instrucción para recoger las fresas.

En la versión TUI, el principal problema que se observa es que los niños no saben cuántas unidades de fresas, huevos o cantidad de leche se necesitan. Al conseguir poner su primer huevo o leche, perciben retroalimentación visual positiva, pero sin embargo el granjero sigue insistiendo en la tarea, con lo que muestran confusión ante dos mensajes aparentemente contradictorios (Fig. 3), por lo que se quedan parados y no hacen caso a las repeticiones del granjero. En cambio, en la versión táctil se les proporciona retroalimentación visual en el área de iconos inferior (por ejemplo en la tarea huevos aparecen cuatro huevos, y se van tachando conforme el niño pone huevos). Sin embargo esta información visual también confunde a los niños. Por ejemplo, para el niño de la primera pareja, tanto los iconos con las unidades recogidas, como el icono con el objeto al que hay que desplazarse, le sirven de ayuda para completar las tareas. Por el contrario, otros niños no perciben los iconos como un elemento de ayuda, sino que intentan interactuar pulsándolos (Fig. 4 derecha).



**Fig. 3.** En TUI, los niños no saben cuántos huevos tienen que poner para completar la tarea.

En la versión táctil, un problema de usabilidad que se advierte en el niño de la primera pareja es que tiende a pulsar en el animal para ejecutar las acciones (en vez de pulsar en el objeto), cosa que el sistema no contempla (Fig. 4 izquierda). Además, un problema generalizado es la dificultad para completar la tarea de recoger fresas, ya que los niños no perciben claramente las fresas situadas en los fresales.



**Fig. 4.** En táctil, el niño pulsa la gallina para poner un huevo (izquierda) y la niña intenta interactuar con los iconos pulsándolos (derecha).

Respecto a la preferencia de una u otra interfaz expresada en la entrevista, de los 8 niños 5 prefieren la versión tangible y solamente 1 la versión táctil (2 niños no expresaron preferencia). De esta forma, los niños muestran predilección por la versión tangible del juego de la granja.

Del cuestionario SEEM, se contempla principalmente la necesidad de proporcionar más retroalimentación, tanto visual como auditiva. Por ejemplo, en la versión TUI no hay animaciones y sonidos que premien al niño cuando se consiguen todas las tareas (en la versión táctil se muestra al comienzo del juego la tarta y, finalmente, se muestra una animación con la tarta). El cuestionario también refleja la necesidad de que las retroalimentaciones (tanto visuales como auditivas) sean más divertidas para los niños. Además, es importante la manera y forma en que se dan las instrucciones. Por ejemplo, cuando el granjero dice que necesita más leche, éste enfatiza la palabra “más”, por lo que los niños entienden muy bien esta instrucción (comprenden perfectamente que se necesita más cantidad).

De estos primeros resultados de la comparativa, se ha elaborado una lista de mejoras que se tendrán en cuenta en una siguiente iteración del diseño del juego de la granja. La Tabla 1 resume esta lista de mejoras a realizar, y a través de qué método de evaluación se ha obtenido dicha información.

**Tabla 1.** Mejoras para una futura iteración extraídas con los diferentes métodos de evaluación.

Versión	Mejoras retroalimentación	Método
<b>Tangible</b>	Informar de cuantos objetos faltan (fresas, huevos, leche) para completar cada tarea.	Test usabilidad
	Dejar claro al principio el objetivo del juego (hacer una tarta) y enseñar su consecución mediante animaciones y sonido de forma divertida	SEEM
	Mejoras el sistema de detección de gestos (agitar y saltar) y mejorar la retroalimentación para guiar al niño en la realización de estos gestos	Video-análisis
<b>Táctil</b>	La retroalimentación visual debe hacerse sobre los propios objetos del escenario 3D, mediante animaciones (por ejemplo, que el objeto destino parpadee o cambie de color para llamar la atención)	Video-análisis
	Las instrucciones deben ser repetidas si el niño no está haciendo la acción correcta	Test usabilidad
	El granjero debe dar instrucciones más simples y deben tener un componente más divertido	SEEM
	La realización de una acción (coger fresa, poner huevo, o dar leche), debe darse por correcta tanto si se pulsa en el objeto como si se pulsa con el animal	Test de usabilidad y video-análisis

## 5 Conclusiones

En este estudio se ha llevado a cabo una comparativa de dos modalidades de interacción de un mismo juego (para pizarra digital con interacción táctil, y para tabletop con interacción tangible), con el objetivo principal de recoger información útil para diseñar mejores juegos dirigidos a niños con discapacidades cognitivas. Principalmente, se concluye la importancia de recibir retroalimentación en todo momento, tanto auditiva como visual, para que los niños puedan comprender la tarea y su progresión en la misma, lo que ha llevado a plantear una serie de mejoras en el juego. Dichas mejoras provienen de las primeras fases de análisis de los datos recogidos en una sesión de testeo con alumnos de un centro de educación especial.

Como trabajo futuro, se debe realizar un análisis más exhaustivo de los vídeos y LOGs, con el objetivo de explorar mucho más en detalle la interacción con ambos interfaces. Por otra parte, también sería interesante realizar el experimento con niños sin discapacidad para comparar sus resultados con los de este estudio y así advertir posibles variables interferentes.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Universidad de Zaragoza, a través del proyecto “AVIM-Agentes Virtuales Inteligentes y Multimodales” y por el Gobierno de Aragón a través de los proyectos de cooperación entre departamentos de universidad y de institutos de educación secundaria. Los autores agradecen la colaboración en este trabajo del Colegio Público de Educación Especial Alborada.

## Referencias

1. Baldassarri, S., Cerezo, E., Blasco, G.: Juegos educativos configurables para Educación Especial. En: XI Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador pp. 99--108 (2010)
2. Xu, D.: Design and Evaluation of Tangible Interfaces for Primary School Children. In: IDC '07 Proceedings of the 6th international conference on Interaction design and children pp. 209--212 (2007)
3. Fails, J.A., Druin, A., Guha, M.L., Chipman, G., Simms, S. and Churaman, W.: Child's Play: comparison of Desktop and Physical Interactive Environments. In: proceedings of Interaction Design and Children (IDC '05), pp. 48--55 (2005)
4. O'Malley, C., Fraser, D.S.: Literature Review in Learning with Tangible Technologies. NESTA Futurelab, 12 (2004)
5. Pagulayan, J.R., Keeker, K., Wixon, D., Romero, R.L.: User-centered design in games. In: Jacko J et al (eds) Handbook of human computer interaction. Lawrence Erlbaum Associates Inc., London, pp. 883--906 (2003)
6. Xu, D., Read, J.C., Sim, G., McManus, B., Qualter, P.: Children and 'Smart' Technologies: Can Children's Experiences be Interpreted and Coded?. In: BCS-HCI '09 Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology pp. 224--231 (2009)
7. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 11. Guidance on usability (Rep. No. ISO No. 9241-11). International Organization for Standardization, Switzerland (1998)
8. Baauw, E., Markopoulos, P.: A comparison of think-aloud and post-task interview for usability testing with children. In: IDC '04 Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community pp. 115--116 (2004)
9. Vanden Abeele, V., Zaman, B., and Vanden Abeele, M.: The Unlikeability of a Cuddly Toy Interface: An Experimental Study of Preschoolers' Likeability and Usability of a 3D Game Played with a Cuddly Toy Versus a Keyboard. In: Springer Berlin Heidelberg, pp. 118--131 (2008)
10. Vanden Abeele, V., Zaman, B.: Laddering the User Experience!. In: Interact 09 edition: 12th location: Uppsala, Sweden (2009)
11. Baauw, E., Bekker, M.M., Markopoulos, P.: Assessing the Applicability of the Structured Expert Evaluation Method (SEEM) for a wider Age Group. In: IDC '06 Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children pp. 73--80 (2006)
12. Bekker, M.M., Baauw, E., Barendregt, W.: A comparison of two analytical evaluation methods for educational computer games for young children. *Cognition, Technology and Work* 10(2) pp. 129--140 (2008)
13. Van Kesteren, I., Bekker, M.M., Vermeeren, A., Lloyd, P.: Assessing Usability Evaluation Methods On Their Effectiveness To Elicit Verbal Comments From Children Subjects. In: Proceedings of the 2003 conference on Interaction design and children pp. 41-- 49. (2003)
14. Barendregt, W., Bekker, M.M., Baauw, E.: Development and evaluation of the problem identification picture cards method. *Cogn. Technol. Work*, 10(2) pp. 95--105 (2008)
15. Li, Y., Fontijn, W., Markopoulos, P.: Tangible tabletop game supporting therapy of children with Cerebral Palsy. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg pp. 182--193 (2008)
16. Piper, A.M., O'Brien, E., Morris, M.R., Winograd, T.: SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. In: Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work (CSCW '06). ACM, New York, NY, USA, 1-10. (2006)
17. Marco, J., Baldassarri, S., Cerezo, E.: Bridging the Gap between Children and Tabletop Designers. In: IDC '10 Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children pp. 98--107 (2010)

## **Sistema de Mobile Learning con Capacidades Colaborativas para Alumnos con Necesidades Especiales**

Álvaro Fernández, María José Rodríguez-Fórtiz, María Luisa Rodríguez-Almendros,

Grupo de Investigación GEDES, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos,  
Universidad de Granada,  
E.T.S. Ingeniería Informática y de Telecomunicación,  
18071 Granada, España  
{alvarofernandez, mjfortiz, mlra}@ugr.es

**Abstract.** El aprendizaje cooperativo en grupos pequeños ayuda al desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y afectivas. En el caso de alumnos con necesidades especiales es útil la socialización y el entrenamiento de formas de interacción con otras personas. En este contexto, la utilización de dispositivos móviles para desarrollar sistemas de aprendizaje ofrece posibilidades de las que no se disponen con los métodos tradicionales. En este trabajo se presenta una plataforma para diseñar actividades individuales o cooperativas adaptables para alumnos con necesidades educativas especiales, donde tanto el diseño como la ejecución de los ejercicios se lleva a cabo en dispositivos móviles iPhone/iPod touch o iPad, proporcionando movilidad, inmediatez, adaptación y autonomía.

**Keywords:** necesidades especiales, adaptación al usuario, aprendizaje cooperativo, conciencia de grupo, juegos educativos, dispositivos móviles.

### **1 Introducción**

El uso de las nuevas tecnologías en el aula ha demostrado ser muy efectivo para ayudar al aprendizaje y crear nuevas estrategias de enseñanza [1]. En las aulas de Educación Especial se hace imprescindible y muy útil gracias principalmente al soporte multimedia que se ofrece al alumno, logrando captar su atención y fomentando un aprendizaje individualizado y significativo.

Por otra parte, los alumnos con necesidades especiales suelen tener dificultades a la hora de relacionarse e integrarse en su entorno, por lo que es importante fomentar el aprendizaje colaborativo [2], un método pedagógico que requiere que los alumnos trabajen juntos en una tarea común, compartan información y se apoyen mutuamente. Esto promueve el proceso de crecimiento personal, desarrollando el potencial de cada individuo para aprender por sí mismo o con otros en diferentes situaciones.

De este modo, la meta a alcanzar debe ser que el alumno pueda recibir una enseñanza personalizada, adaptada a sus intereses y necesidades, pero sin dejar de lado el desarrollo de habilidades sociales. Las TICs van a ayudar a llevar a cabo adaptaciones curriculares con ese doble propósito.

Los dispositivos móviles son una de las tecnologías que pueden dar soporte al aprendizaje [3], principalmente porque facilitan y estimulan la realización de actividades en cualquier lugar, implicando en la educación a profesionales y familia y sirviendo de nexo entre ambos. La conectividad entre dispositivos también permite la realización de actividades en grupo, potenciando la socialización de los individuos.

Teniendo en cuenta las aportaciones que pueden hacerse en educación, presentamos el estado del desarrollo actual de la plataforma *Picaa* [4][5]. *Picaa* está basada en dispositivos móviles multitáctiles y está destinada a la creación, edición y ejecución de actividades didácticas que sirvan de apoyo para el aprendizaje y la comunicación de alumnos con necesidades educativas especiales. Es por tanto, una alternativa de aprendizaje móvil (*mobile learning*) y un sistema de apoyo al aprendizaje colaborativo.

En la siguiente sección se llevará a cabo una revisión de las propuestas existentes para aprendizaje móvil tanto individual como colaborativo. La sección 3 detallará las características principales de la plataforma *Picaa* y la sección 4 mostrará su extensión para el trabajo en grupo. Finalmente, en la Sección 5 se resumen las conclusiones de la propuesta y se presentan las líneas de trabajo futuro.

## 2 Trabajo Relacionado

El trabajo en grupo cuenta con diversos estudios que fundamentan que la interacción social trae beneficios al aprendizaje [2] [6].

El *Aprendizaje Colaborativo/Cooperativo* (AC) ha sido objeto de múltiples definiciones [7][8][9][10]. Una de las más empleadas es “el uso constructivo de pequeños grupos de forma que los alumnos trabajen juntos para maximizar su aprendizaje propio el de cada compañero” [11]. El AC ha sido visto frecuentemente como un estímulo para el desarrollo cognitivo debido a su capacidad para estimular interacciones sociales y el aprendizaje entre los miembros de un grupo [12].

Las principales contribuciones que la interacción cooperativa ofrece a los alumnos con necesidades especiales de aprendizaje, son [10]: modelos a ser imitados (el educador, sus compañeros); oportunidades para hacer, para decir y para sentir; autorregulación personal y en grupo; observación de una misma entidad desde diferentes perspectivas; refuerzo positivo constante; y desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y afectivas.

Cuando los ordenadores son introducidos en el aprendizaje colaborativo emerge el área del *Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador* o CSCL (Computer Supported Collaborative Learning), que se centra en cómo la colaboración y la tecnología facilitan el intercambio y distribución de conocimiento a través de los miembros del grupo [13].

La mayoría de las actividades CSCL incorporan ordenadores personales que sirven de apoyo en el entorno de aprendizaje y median en las interacciones sociales entre los miembros del grupo [14][15]. Los dispositivos móviles representan una nueva posibilidad para el aprendizaje colaborativo de los alumnos [16], gracias a sus características inherentes: portabilidad, movilidad, conectividad, accesibilidad, y adaptabilidad [17].

En concreto, el *Aprendizaje Colaborativo soportado por dispositivos móviles* (Mobile Computer Supported Collaborative Learning, MCSCCL) es un campo de rápido crecimiento centrado en descubrir, describir y documentar la eficacia de los diseños específicos para el uso de dispositivos móviles para el aprendizaje, en un entorno de colaboración [18][19]. Un beneficio clave del aprendizaje móvil, *mobile learning* [20], es el potencial para incrementar la eficacia cuando el aprendizaje debe hacerse "en cualquier lugar" y "en cualquier momento" [21][22][23].

La movilidad proporciona autonomía y permite a los miembros del grupo tener el control físico del hardware, lo que ayuda a la coordinación y la interactividad en su trabajo de colaboración, ya que pueden llevar los dispositivos mientras establecen una interacción cara a cara.

Existen varias aplicaciones que permiten la colaboración móvil. A modo de ejemplo:

- En [15] se propone un sistema MCSCCL para dar soporte a profesores haciendo uso de dispositivos PDA conectados de forma inalámbrica. Este tipo de sistemas fomentan la colaboración entre estudiantes sin perder el contacto cara a cara.
- En [12], se presenta una aplicación de aprendizaje colaborativo para las matemáticas y el lenguaje, siguiendo un método de trabajo en grupo requerido para su uso.

Ejemplos de otras herramientas de aprendizaje móvil disponibles en el mercado:

- VTech [24], que comercializa productos que combinan formatos de entretenimiento electrónico con contenidos educativos.
- Aplicaciones para sistemas como el iPhone, como iWriteWords [25], que enseña a escribir letras o palabras, o Proloquo2Go [26], una alternativa de comunicación para personas con necesidades comunicativas especiales.

Todos estos sistemas, a pesar de proporcionar movilidad, o bien no proponen un enfoque adaptativo que tenga en cuenta el contexto educativo y las necesidades específicas de los usuarios con necesidades especiales o no están dotados de capacidades para el trabajo en grupo de los alumnos.

### **3 *Picaa*: Plataforma de Aprendizaje Móvil**

*Picaa* (Plataforma Interactiva y Cooperativa de Apoyo al Aprendizaje) [5] ha sido diseñada para cubrir los siguientes objetivos:

- Uso de un dispositivo móvil donde se pueden diseñar y ejecutar las actividades de forma inmediata por parte del profesional y del alumno.
- Creación de diferentes perfiles de usuario en los que se concreta principalmente el tipo de interacción y la forma en la que se presenta la información al alumnado con necesidades especiales.
- Soporte al trabajo en grupo, para que el profesional pueda establecer grupos de trabajo, y los alumnos realizar actividades de forma cooperativa.

El sistema está disponible de forma gratuita a través del App Store de Apple y accesible desde la web del proyecto [27]. Los dispositivos elegidos para la implementación han sido iPhone, iPad y iPod touch de Apple, ya que ofrecen las

siguientes características ventajosas: movilidad, capacidades multimedia, accesibilidad, facilidad de interacción (pantalla multitáctil, acelerómetro), conectividad inalámbrica, facilidad de desarrollo y precio reducido.

Hay 4 tipos de actividades educativas que se pueden crear en *Picaa* (Fig. 1):

- Exploración de un sistema hipermedia. Permite crear comunicadores simples, agendas, secuencias de historias y cuentos. Presentan imágenes, sonidos y animaciones.
- Asociación de elementos a conjuntos. Sirve de base para poder realizar ejercicios de memoria, cálculo, discriminación y razonamiento.
- Puzzles, donde el alumno debe recomponer una imagen a partir de varias piezas.
- Ordenación de elementos, para colocarlos en la secuencia correcta.



**Fig. 1.** Ejemplos de actividades de tipo: *exploración*, *asociación*, *puzzle* y *ordenación*.

Además de la funcionalidad de uso de actividades por parte de los alumnos, *Picaa* incorpora un modo editor (Fig 2).



**Fig. 2.** Perfil de usuario (izquierda), propiedades para una actividad tipo *puzzle* (centro) y calendario de actividades (derecha).

Este modo permite a los educadores/profesionales llevar a cabo las siguientes funciones:

- El diseño de los perfiles de usuario (Fig. 2, izquierda): Asocia información a los alumnos (nombre, fotografía, etc.) así como una serie de propiedades adaptables como tipo de interacción, modalidad de información (imágenes y/o texto), dificultad o tipo de letra.
- La gestión y personalización de actividades (Fig. 2, centro y derecha), variando algunas de sus propiedades. Las modificaciones resultan rápidas de realizar facilitando la adaptación del sistema al contexto educativo.

### 3.1 Uso de la Plataforma

El sistema está siendo utilizado desde Enero de 2010, principalmente en dos variantes: 1) inicialmente de forma experimental en diversos centros seleccionados; y 2) posteriormente a nivel global tras la publicación de la aplicación.

**Versión en desarrollo y estudio.** Durante el curso 2009-2010 se han estado usando prototipos de Picaa en diversos centros educativos de Granada y Murcia. Se ha aplicado con dispositivos iPod touch con alumnos con diversos trastornos: TEA (Trastorno de Espectro Autista), TGD (Trastorno Generalizado del Desarrollo), retraso mental, Síndrome de Asperger o Síndrome de Down, entre otros.

La opinión inicial de los educadores, recogida a través de cuestionarios, es muy positiva (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Beneficios registrados en los cuestionarios de evaluación tras la fase de estudio.

Usuario	Beneficios
<i>Educadores/ terapeutas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema fácil de usar, destacando la ventaja de poder trabajar en el propio dispositivo y realizar los cambios de forma más rápida.</li> <li>• Gracias a su diseño y a la interacción táctil, resulta intuitiva incluso para personas con pocos conocimientos de Informática.</li> <li>• Recursos multimedia integrados en el propio dispositivo. Al tratarse de recursos electrónicos el tutor no necesita usar tijeras, pegamento, papel, fotocopias, grabadoras, etc. y además pueden reutilizarse.</li> </ul>
<i>Alumnos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidad de realizar actividades que antes no eran accesibles para ellos a nivel de interfaz como de contenidos, que pueden ser adaptados.</li> <li>• Posibilidad de realizar las tareas en cualquier parte gracias a la movilidad del sistema.</li> <li>• Contenidos multimedia que resultan más estimulantes y atractivos para los alumnos que los recursos tradicionales e incluso pueden llegar a ser la única alternativa para alumnado con limitaciones sensoriales.</li> </ul>

**Distribución de la aplicación.** Desde que la versión final de *Picaa* fuera publicada en el verano de 2010 a través de la tienda de aplicaciones online App Store, el uso de la herramienta se ha extendido a diversos países (la aplicación se distribuye gratuitamente y soporta los idiomas español e inglés).

Aunque no disponemos de datos concretos acerca del uso efectivo en el extranjero, los informes proporcionados por Apple indican un total de más de 5.000 descargas, siendo la mitad procedentes de Estados Unidos y una cuarta parte de España.

## 4 Trabajo en Grupo con *Picaa*

El uso de la plataforma presentado anteriormente corresponde a una primera fase en la que se han empleado las actividades en su modalidad individual. No obstante, dado que uno de los fines del sistema era potenciar la socialización de los usuarios, actualmente estamos desarrollando una extensión de la plataforma para el trabajo en grupo.

De este modo, de entre las actividades mencionadas anteriormente, las de tipo *Asociación*, *Puzzle* y *Ordenación* permiten su uso en grupo en tres modalidades:

- Por turnos, empleando un mismo dispositivo. En este caso se permiten 2 alumnos en dispositivos iPod touch o iPhone y hasta 4 alumnos en iPad. Trabaja un alumno cada vez, durante su turno de interacción.
- En red, empleando dos dispositivos de forma que 2 alumnos pueden trabajar simultáneamente en la resolución de la actividad.
- En red con turnos. Igual que la modalidad anterior pero en este caso la interacción de los alumnos se lleva a cabo mediante turno alternativo.

Para que estas interacciones colaborativas puedan tener lugar, será necesario diseñar los mecanismos de comunicación y sincronización adecuados. Además, dado que el objetivo principal del trabajo en grupo en este caso es la socialización, deberá desarrollarse la conciencia de grupo durante el trabajo.

### 4.1 Comunicación

El Aprendizaje Colaborativo requiere mecanismos de comunicación apropiados que permitan el intercambio de información entre alumnos y la coordinación de servicios con el fin de soportar el trabajo en grupo en una misma actividad. El establecimiento de sesiones *peer-to-peer* (Fig. 3) ofrece una simple y útil forma de facilitar la cooperación entre usuarios y el intercambio de información entre ellos.

La conectividad *peer-to-peer* permite a las aplicaciones crear una red ad-hoc (Wi-Fi o Bluetooth) entre múltiples dispositivos móviles haciendo uso de la tecnología Bonjour de Apple [28]. Varias copias de la aplicación funcionando en distintos dispositivos pueden descubrirse e intercambiar información.

### 4.2 Sincronización

Para llevar a cabo el trabajo en grupo es necesario la sincronización entre instancias de la misma actividad ajustando determinados atributos como, por ejemplo, qué usuario obtendrá el turno al inicio o la posición aleatoria de los elementos (no tendría sentido un puzzle colaborativo donde las piezas estuvieran en diferentes posiciones

para cada usuario). Con el fin de resolver esta problemática se ha dotado a la aplicación de funcionalidad necesaria para que automáticamente se coordinen este tipo de parámetros. Esto además persigue evitar que el educador deba configurar los parámetros al iniciar sesiones grupo, agilizándolas para promover su uso.

Las actividades en grupo se pueden llevar a cabo entre cualesquiera dos dispositivos de la familia iOS (iPod touch, iPhone o iPad). Debido a esto, fue necesario llevar a cabo una conversión de las interacciones entre dispositivos con diferente: orientación (vertical u horizontal), proporciones (4/3 o 3/2), o tamaño. De esta forma, cuando un usuario mueve un elemento por la pantalla hasta una cierta posición, esta interacción es transferida al dispositivo de destino e interpretada apropiadamente por la aplicación en función del tipo de dispositivo y su orientación.

### 4.3 Conciencia de Grupo

Gutwin et al. [29] consideran cuatro tipos de conciencia de grupo o *awareness* en tareas colaborativas: social (interacciones y roles en conexiones sociales), de tarea (se refiere a cómo las tareas son completadas), conceptual (trata cómo el nuevo conocimiento se ajusta al anterior) y de grupo (conocimiento sobre lo que otros compañeros están haciendo, qué han hecho y que es lo próximo que hacer).

En nuestro caso, tratándose de alumnado con necesidades especiales a nivel cognitivo, la labor en grupo se centrará en trabajar conocimientos básicos, creando un único rol para todos los compañeros. Por ello, inicialmente sólo se dará soporte al *awareness* de grupo.

Durante el desarrollo de la actividad, la información sobre las acciones de los alumnos es propagada con el fin de proporcionar lo que algunos autores denominan *feed-through* [30][31], una variante del *feedback* (realimentación en un sistema interactivo) consistente en el envío de información a varios usuarios reportando las acciones ejecutadas por un usuario concreto (Fig. 3).

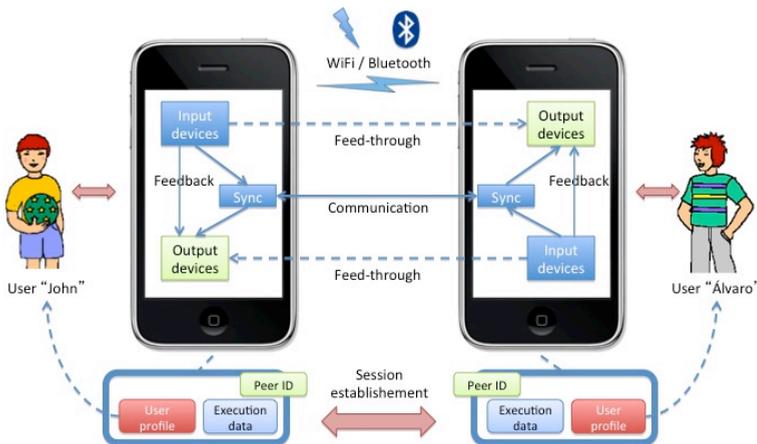


Fig. 3. Esquema de sesión y flujo de información que tiene lugar cuando una actividad es realizada en grupo.

El *feed-through* (Fig. 3) es esencial para proporcionar la conciencia de grupo y la construcción de contextos significativos para la cooperación.

La conciencia de grupo será llevada a cabo por medio de varios artefactos mostrados en la Tabla 2. En la Fig. 4 se ilustran algunos de estos mecanismos.

**Tabla 2.** Artefactos empleados en las actividades para desarrollar la conciencia de grupo.

Artefactos	Uso
<i>Avatares</i>	Fotografías, dibujos, pictogramas o texto con nombre. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reforzar que compañeros están trabajando en una actividad</li> <li>○ Indicar de quién es el turno.</li> </ul>
<i>Indicadores de puntuación</i>	Número o repetición de iconos representativos (corazones, estrellas, ...). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Informar sobre los objetivos conseguidos.</li> </ul>
<i>Telepunteros</i>	Flechas, iconos, reproducción de movimiento de elementos ( <i>feed-through</i> ). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visualizar las interacciones llevadas a cabo por los compañeros</li> </ul>
<i>Oscurecimiento de pantalla</i>	Reforzar que el turno pertenece a otro compañero y que por tanto la interacción táctil se encuentra desactivada.
<i>Señales auditivas</i>	Información sobre incorporación (inicio de sesión) o abandono (cierre) de un compañero a la actividad.
<i>Colores/texturas</i>	Asociar un color a cada usuario. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visualizar en una actividad qué ha hecho cada compañero, resaltando las partes o elementos con distinto color o textura.</li> </ul>



**Fig. 4.** Selección de compañeros al inicio (izquierda), avatares de usuario con puntuación y turno (centro y derecha) y telepuntero mostrando la interacción de un compañero (derecha).

Además, cuando una actividad se realiza en grupo, cada uno de los usuarios podrá tener diferentes adaptaciones de ésta y del awareness recibido, obteniendo así un esquema de trabajo muy interesante, ya que los materiales variarán dinámicamente en función de sus diferentes necesidades individuales. En la Fig. 4 (centro y derecha) se muestra como dos compañeros trabajan con una misma actividad pero el tipo de letra

(escolar o estándar) o el modo de información (imágenes y/o texto) varía en función de lo establecido en el perfil de usuario por parte del educador.

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo hemos presentado una plataforma cuya principal contribución es que permite la personalización de actividades de aprendizaje para estudiantes con necesidades educativas especiales, tanto a nivel individual como colectivo, fomentando el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y afectivas por medio del aprendizaje cooperativo. Para ello se pone a disposición de los educadores un sistema innovador y pionero en las aulas basado en dispositivos móviles multitáctiles.

Tenemos previsto incorporar mejoras en las actividades así como un sistema de evaluación del desarrollo de las mismas (dependiendo de aciertos, fallos, tiempo de respuestas u otras interacciones) para descubrir anomalías de uso que impliquen cambios en el perfil del usuario o en las actividades.

También está previsto profundizar en el análisis de los beneficios que tiene la aplicación *Picaa* para el aprendizaje, para lo que actualmente se está llevando a cabo un estudio durante curso escolar 2010/2011 en varios centros de Andalucía, Murcia, Madrid, Valencia y Galicia.

**Agradecimientos.** Este trabajo está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del proyecto TIN2008-05995/TSI. Pictogramas de ejemplo proporcionados por la Asociación DiverTIC [32].

## Referencias

1. Marjanovic, O.: Learning and teaching in a synchronous collaborative environment. Journal of Computer Assisted Learning. Vol 15, pp: 129-138. Blackwell Science Ltd, 1999.
2. Vigotsky, L. Interacción entre aprendizaje y desarrollo. En M. Cole, V. Steiner, S. Scribner & E. Souberman. (Eds.), El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Barcelona: Crítica, (1996).
3. Bertini, E, S. Kimani, S.: Mobile Devices: Opportunities for users with special needs. Mobile HCI, 2003. In L. Chittaro Ed. LNCS 2795. pp: 486-491. Springer Verlag, 2003.
4. Fernández, A. Rodríguez-Fórtiz, M.J., Rodríguez, M.L.: Plataforma Móvil de Apoyo al Aprendizaje en Educación Especial. Educação, Formação & Tecnologias, N° Extra 1, 2010, pp. 14-23.
5. Fernández, A., Rodríguez-Fórtiz, M. J., Noguera, M.: Designing and Supporting Cooperative and Ubiquitous Learning Systems for People with Special Needs. OTM 2009 Workshops. LNCS 5872, 423-432, Springer, Berlin, 2009.
6. Rogoff, B.: Aprendices del pensamiento El desarrollo cognitivo en el contexto social. España: Paidós (1993).
7. Dillenbourg, P.: What do you mean by “collaborative learning”? P. Dillenbourg (Ed.), Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches, pp.1-19, 1999.
8. Felder, R. M., Brent, R.: Cooperative learning. P.A. Mabrouk (Ed.), Active Learning: Models from the Analytical Sciences, ACS Symposium Series 970, Chapter 4, 2007.

9. Johnson, R. T., Johnson, D. W.: An overview of cooperative learning. J. Thousand, A. Villa, A. Nevin (Eds.), *Creativity and Collaborative Learning*, Brooks Press, 1994.
10. Smith, K. A.: *Cooperative Learning: Making "Group Work" Work*. New Directions for Teaching and Learning. Jossey-Bass, San Francisco, 1996.
11. Johnson, D. W., Johnson, R., & Holubec, E. *Circles of learning* (4th ed.). Edina, MN: Interaction Book Company, 1993.
12. Zurita, G., Nussbaum, M.: Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computer & Education*, vol. 42, pp.289-314, 2004.
13. Lipponen, L.: Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. *Proceeding of Computer Supported Collaborative Learning*, pp. 72-81, 2002.
14. Zurita, G., Nussbaum, M.: A conceptual framework based on Activity Theory for mobile CSCL. *British Journal of Education Technology*, vol. 38, N°. 2, pp.211-235, 2007.
15. Cortez, C., Nussbaum, M., Santelices, R., Rodríguez, P., Zurita, G., Correa, M., Cautivo, R.: Teaching Science with Mobile Computer Supported Collaborative Learning (MCSCCL). *Proceeding of the The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'04)*, IEEE Computer Science, 2004.
16. Dos Reis, J.C., Bonacín, R., Martins, M.C.: Using Multimedia in the Mobile Collaborative Learning. *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*. A.Mendez-Vilas, A.Solano Martin, J. Mesa González (Eds). Vol. 2, pp. 869-873, 2009.
17. Pownell, D., Bailey, G. (2000). Handheld computing for educational leaders: A tool for organizing or empowerment. *Leading & Learning with Technology*, 27(8), 46-49, 59- 60.
18. Dos Reis, J.C., Bonacín, R., Martins, M.C.: Mobile Phone Interfaces for Informal Education. A.A. Ozok and P. Zaphiris (Eds). *Online Communities*, LNCS 5621, pp. 515-524. Springer-Verlag, 2009.
19. Roschelle, J., Rosas, R., Nussbaum, M.: Towards A Design Framework for Mobile Computer-Supported Collaborative Learning. *International Society of the Learning Sciences Proceedings of the 2005 Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Learning 2005: the Next 10 Years!*, pp. 520-524, 2005.
20. Upadhyay, N. M-Learning- A New Paradigm in Education. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. Vol.3. No.2. pp. (31-34), 2006.
21. Cabrera, E. P. (2004). Aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL): su estado actual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33(6), pp. 1 - 15.
22. Tatar, D., Roschelle, J., Vahey, P., Penuel, W.: *Handhelds: Go to Scholl: Lessons Learned*. Published by the IEEE Computer Society, (2003).
23. Hu, B., Moore, P.: "SmartContext": An Ontology based Context Model for Cooperative Mobile Learning. W. Shen et al. (Eds.): *CSCWD 2006*, LNCS 4402, pp. 717-726, Springer-Verlag, 2007.
24. V-Tech. <http://www.vtech.com>
25. iWriteWords, juego de lectoescritura. <http://www.ptgdi.com/gdiplus/iWriteWords>
26. Proloquo2go, sistema de comunicación aumentativa. <http://www.proloquo2go.com>
27. Web del proyecto Picaa: <http://scaut.ugr.es/picaa>
28. Apple Bonjour Technology. <http://www.apple.com/bonjour>
29. Gutwin, C, Stark, G. and Greenberg, S.: Support for Group Awareness in Educational Groupware. Technical Report 1995-566-18, Dept. Computer Science, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada, 1995.
30. Hill, J., Gutwin, C.: Awareness Support in a Groupware Widget Toolkit. In: *Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work*, Sanibel Island, pp: 258-267. New York, ACM Press, 2003.
31. Ferreira, A., Antunes, P., Pino, J. A: Evaluating Shared Workspace Performance Using Human Information Processing Models. *Information Research - An International Electronic Journal* vol. 14 no. 1, 2009.
32. Asociación Nacional de Tecnología Educativa para la Diversidad: <http://www.divertic.org>

# **Realidad virtual aumentada I**



# A Novel Platform for Managing Interactive Learning with Augmented Reality and Virtual Agents

Héctor Martínez<sup>1</sup>, Isabelle Hupont<sup>1</sup>, Luis Miguel Sanagustín<sup>1</sup>, David Abadía<sup>1</sup>,  
Rafael del-Hoyo<sup>1</sup> and Carlos Sagüés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aragón Institute of Technology, Zaragoza, Spain  
{hmartinez, ihupont, lisanagustin, dabadia, rdelhoyo}@ita.es

<sup>2</sup> University of Zaragoza, Zaragoza, Spain  
csagues@unizar.es

**Abstract.** There is an increasing interest on including new interactive technologies in e-learning systems in order to enhance the learning process. In particular, two emerging technologies for Human Computer Interaction (HCI) in learning environments are Augmented Reality (AR) and virtual agents. This paper proposes a novel platform for creating intelligent interactive learning applications making use of these technologies. The platform allows managing both tangible interaction through AR and user-virtual agent communication. The behaviour of the virtual agent and the system logic is governed by an Artificial Intelligence-based rule inference engine. The platform offers an authoring tool that allows non-experts programmers to develop in an easy fashion intelligent interactive e-learning applications. Several learning applications have been developed and evaluated with real users, demonstrating good results in usefulness and usability.

**Keywords:** Augmented Reality, Virtual Agents, HCI Education.

## 1 Introduction

Education is continuously evolving and incorporating new technologies. The use of novel technologies enriches the learning process offering more possibilities for personalized, adaptive and interactive teaching. In particular, two of these technologies, Augmented Reality (AR) and virtual agents, are catching the attention of researchers and a great number of related works are arising. AR has been proved to be a useful tool for learning purposes [1], [2], [3]. The concept of AR refers to the representation of virtual elements over a real scene captured by a camera. Some interesting AR applications oriented to learning environments have already been developed, such as those proposed in [4], [5] and [6]. It is interesting to point out that even users who have never used any AR application before have reported a good feedback in the use of this technology for education purposes [7]. The benefits of using virtual agents in some e-learning environments have been also proved [8]. Human Computer Interaction (HCI) becomes more natural when using a virtual agent as computer side communication entity. Moreover, it has been demonstrated that humans are able to recognize the emotional facial expressions of virtual agents in a similar way as humans ones [9].

The creation of applications that make use of the newest technologies is usually performed by expert programmers. Nowadays, educators can only access general purpose authoring tools that make use of such technologies. However, there are very few authoring tools for the development of AR-based learning applications. Some examples are [10] and [11], but their main drawback is that they are both limited in terms of multimedia contents and interactive capabilities.

This paper proposes a novel platform for creating advanced interactive learning applications. The platform offers tangible interaction through AR and several options for managing communication with a virtual agent. The aim of this work is to provide teachers with an authoring tool for the easy creation of those kinds of applications. Two demo applications have been developed using the platform in order to show the system capabilities. Evaluation sessions with real users have been carried out to analyze the system.

The rest of the paper is organized as follows: section 2 describes an overview of the platform architecture. Section 3 presents the authoring tools. In section 4, a more comprehensive description of how AR and virtual agent technologies have been used to enhance the HCI in learning environments is performed. In section 5, some results concerning the demo applications and their evaluation is explained. Finally, in section 6 conclusions and future work are discussed.

## 2 Platform Architecture Overview

The proposed platform can be viewed as a set of authoring tools for educators and as AR intelligent interactive e-learning applications for students. Fig. 1 shows the system architecture, that will be explained in the following subsections.

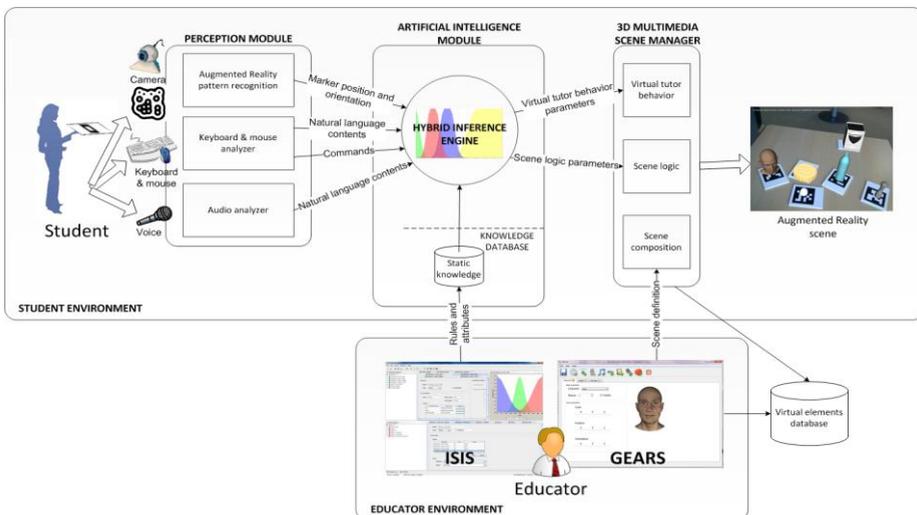


Fig. 1. General platform architecture.

## 2.1 Educator Interaction with the Platform

From the educator point of view, the platform offers authoring tools for the creation of AR-based intelligent interactive e-learning applications. The tutor can easily define the applications setup and logic by means of two different graphical interfaces created for this purpose that will be further explained in section 3.

## 2.2 Student Interaction with the Platform

The student environment is divided into three main modules:

- **The Perception Module.** It is in charge of capturing the student inputs: AR printed markers position, keyboard commands and text contents, mouse clicks and natural language voice commands.
- **The Artificial Intelligence Module.** Its core is an inference engine where the system logic defined by the educator is mapped and inferred in real-time by the inputs received from the Perception Module. Thus, it allows to make the values of the application parameters evolve throughout the interaction with the student.
- **The 3D Multimedia Scene Manager.** It is a powerful multimedia engine that receives orders from the Artificial Intelligence Module to create the final augmented scene, render the virtual tutor behaviour and display it on a screen.

# 3 The Authoring Tools

The authoring tools offered by the platform enable a non-programming skilled educator to create a great variety of AR intelligent interactive e-learning applications. They make easy both creating AR scenes and defining the system logic through two different Graphical User Interfaces (GUI). The first GUI, which is called GEARS, allows the whole AR scene parameters and virtual elements to be established. The second GUI, called ISIS, is used for defining the rules that govern the learning application logic in natural language. The scene parameters and virtual elements established in GEARS are controlled by the rules defined in ISIS (including the virtual agents' behaviour). Both applications are transparent to the final user (i.e. the student), who is supplied with an executable of the application.

## 3.1 GEARS (Generation Environment for Augmented Reality Scenes)

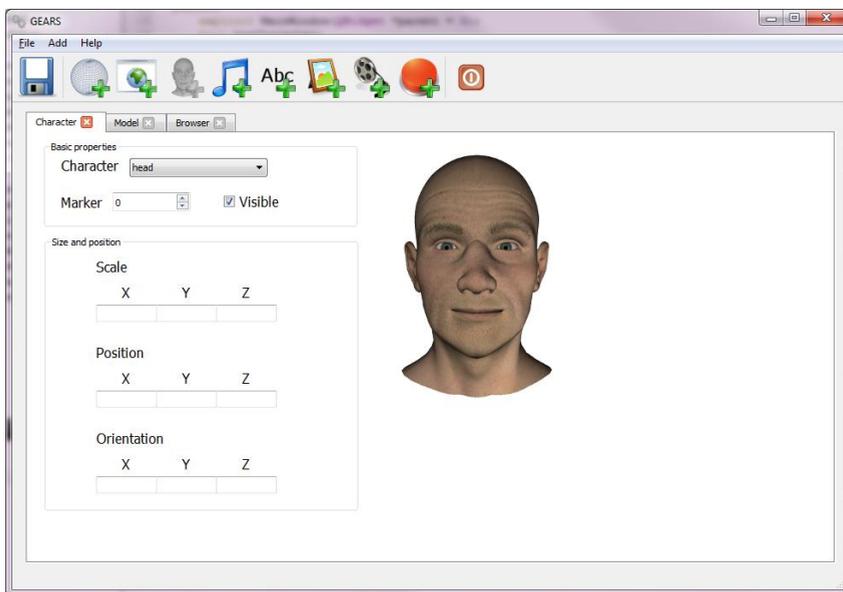
GEARS (Generation Environment for AR Scene) is a GUI where every element of the application's virtual scene can be defined. The virtual elements can be associated to an AR marker (which implies that it will move as attached to the marker) or have absolute coordinates (which means that it will remain in a fixed position). The educator can customize the different virtual elements in terms of scale, position, orientation or other properties that are inherent to every specific type of element.

The elements that can be defined in GEARS are:

- Virtual 3D contents: 3D objects, predefined 3D buttons and virtual agents (currently, just one per application).
- Multimedia contents: web browsers, sounds, texts, images and videos.

Fig. 2 shows a screenshot of the GEARS interface. Every type of virtual element has its own properties that can be intuitively defined. Some of those properties, such as name, scale, position and orientation are common to most elements. More specific properties (such as 3D objects mesh or web browsers default webpage) depend on the type of element used. A preview mode for some of those elements is also available.

The application is a standard Windows GUI divided into two parts. There is a toolbar for adding virtual elements to the scene and a panel zone for properties definition. This authoring tool generates a XML file that is imported inside the learning application for elements configuration.



**Fig. 2.** Screenshot of GEARS. The application is divided into two parts: a toolbar for adding new virtual elements to the scene and the parameters panels for defining those virtual elements.

### 3.2 ISIS (Intelligent Support Interaction System)

ISIS is the second tool needed by the educator in order to create the intelligent AR-based learning applications. ISIS is a highly configurable rule inference engine within which the system logic can be defined. ISIS GUI allows the educator to define the attributes and rules that make evolve the scene and the application. The virtual agent behaviour is also defined and controlled through the ISIS environment. The rules can be defined in natural language, allowing non programmers to easily create

sophisticated behaviours and logic. This is possible thanks to the inner use of Artificial Intelligence (Fuzzy Logic) and Natural Language Processing techniques (conversational engine).

Fig. 3 shows a screenshot of ISIS. The GUI is divided into two parts. The first one is used to define the attributes and the second part is used to define the application rules. Further information about ISIS inner architecture and capabilities can be found in [12].

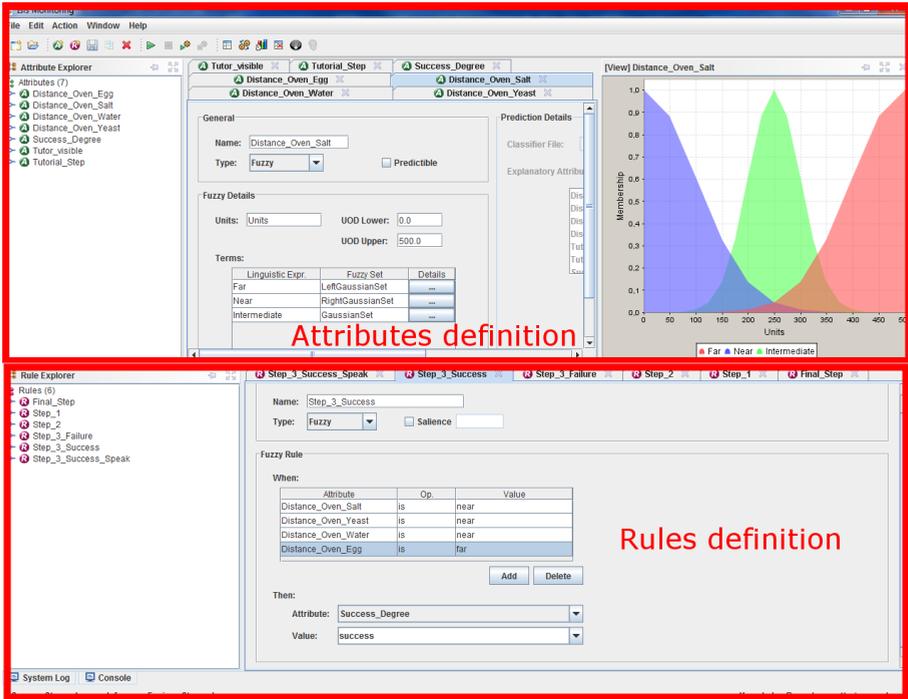


Fig. 3. Screenshot of ISIS. The GUI is divided into the attributes definition zone and the rules definition one.

## 4 New Technologies for E-Learning

### 4.1 Augmented Reality for Education

AR is a technology that enables to directly interact with virtual elements in a real environment by overlaying those virtual elements over real physical markers visible in the user scene captured by a camera. The proposed AR system offers not only the

possibility of visualizing and moving those virtual elements but also of interacting with them in a great variety of ways.

The system incorporates predefined interactive virtual buttons that can be associated to different actions. For example, they can be used to increase or decrease some application parameters values (those values may be internal values, displayed text values or even 3D models of values), to create events (such as start or finish a process) or even to change other virtual elements properties (for example, rotate a 3D model, switch between images in a slideshow or play/pause a video). Fig. 6 shows an example of use of interactive virtual buttons corresponding to several demo applications further explained in section 5.1.

Besides buttons, there are also other ways of interaction. The markers positions and orientations can be used by the educator to create consequences according to the changes in these values. It is also possible to create events according to the distances between two or more markers or to their visibility in the scene.

## 4.2 Virtual Agents for Education

The proposed platform offers some predefined virtual agents to be used (if needed) as virtual tutors in the learning applications. Fig. 4 shows the available virtual agents.



**Fig. 4.** Platform's available virtual agents. The virtual agents can be selected, according to the application needs, to be used as virtual tutors.

Each available virtual agent has its own set of facial expressions and body animations that can be used as needed. The goal of these expressions and animations is to make the virtual agents able to express different emotional states, making their representation more believable.

In order to increase the lifelikeness of the communication between the student and the virtual agent, bidirectional natural language conversation has been enabled. The virtual agent is able to speak to the student and to understand what the student is saying. The communication student-virtual agent can also be established via text, thanks to an integrated text box in which the student can chat and the possibility of displaying text messages on the screen. Both types of conversation, voice and text, can be more than simple commands, allowing the student to express himself in natural language thanks to the use of a AIML-based [13] conversational engine.

## 5 Results: Demo Applications and Evaluation with Users

### 5.1 Learning Applications

Two kind of learning applications developed using the proposed platform are presented as an example of its potential and capabilities.

**Bakery Tutorial.** The bakery tutorial is an example of formative AR interactive applications oriented to workers and unemployed people. The tutorial offers theoretical explanations and difficulty-level adaptable practical exercises. The whole tutorial is guided by a human-like virtual tutor who helps the student. The HCI is established via voice and keyboard (from the student), and through voice, text and facial emotions (from the virtual tutor).

The student is able to interact with the different bakery tools and ingredients during the theoretical explanations and exercises (Fig. 5.a). When the student has successfully completed an exercise, the virtual tutor congratulates him and introduces a video with further visual information (Fig. 5.b).



**Fig. 5.** (a) The student interacts with the different bakery tools. (b) When the exercise has been successfully solved, the virtual tutor congratulates the student and a video is displayed.

**Children Learning Games.** The second example is a series of children learning games. The developed AR-based games are intended to apply the concept of learning by playing. It is possible to teach children basic concepts by playing, which is more attractive for them than traditional learning methods. The games are also hosted by a toon-like virtual tutor.

Fig. 6 shows three examples of those learning games. The first one (Fig. 6.a) is a puzzle game where some virtual puzzle pieces are offered to the child (left). The goal is to complete the puzzle (right). The child can directly touch the virtual pieces in order to solve the puzzle which makes easier to play the game rather than using a

mouse or keyboard. This kind of game has both the advantages of traditional puzzles (direct contact with the pieces) and the advantages of computer graphics for entertainment and education. The second game (Fig. 6.b) is a vowel learning game where the five vowels -each one in a different marker- are shown to the child (left). The virtual tutor asks the student for a vowel and the child has to select the right answer by occluding the correct marker. In the third game, basic math operations are proposed by the virtual tutor to the child (left). The child can solve the problem by modifying (incrementing/decrementing) the unknown number value using the virtual buttons (right). In all cases, the virtual tutor reacts in a positive or a negative way according to the student answers.

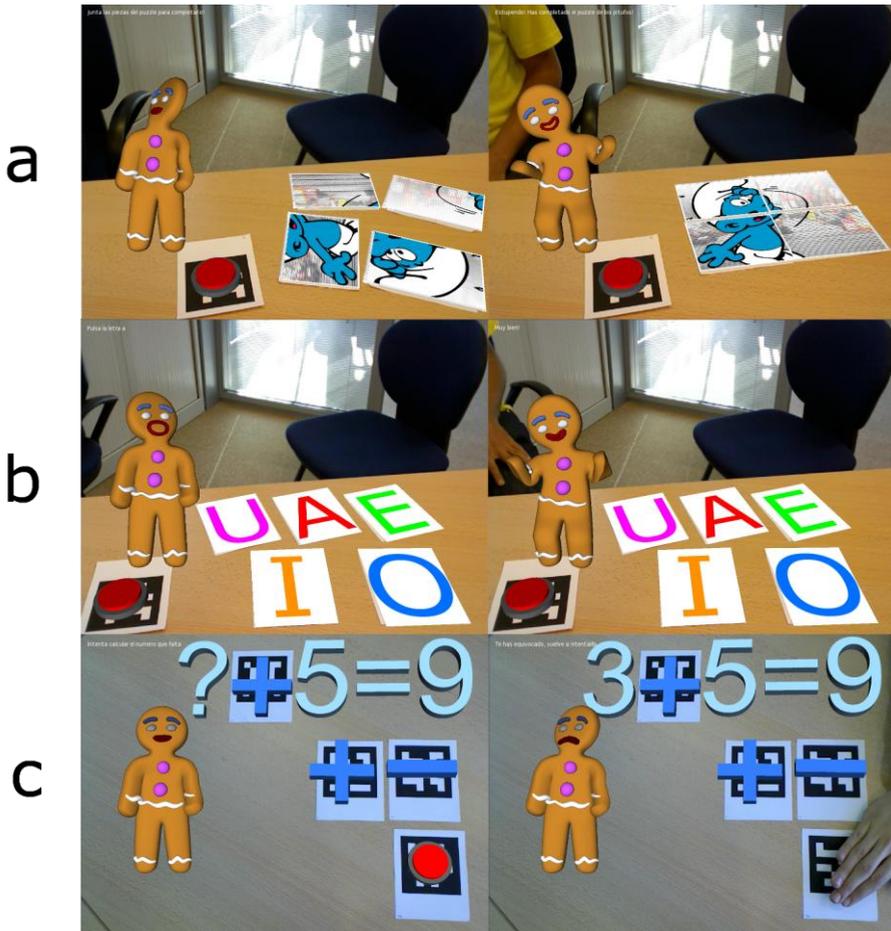


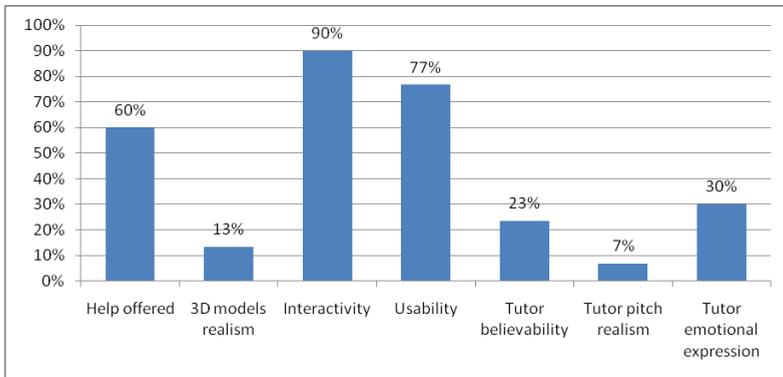
Fig. 6. Some snapshots of the different interactive games developed within the platform.

## 5.2 Evaluation with Users

The first application (bakery tutorial) has been tested in a preliminary pilot experience with real users. Thirty students between 20 and 50 years old tested the tutorial and were asked to evaluate the system through a poll.

The results obtained demonstrated that the interaction with AR and the virtual tutor improves the learning process. They found easier to acquire the concepts while directly interacting with the learning contents and when listening to the explanations given through natural communication rather than in text-only format. In Fig. 7 the most important evaluated features are shown.

The most remarkable aspects for the students were interactivity and usability. The help of the virtual tutor also had a great acceptance. Another aspect that deserves to be pointed out is that realistic 3D models and tutor pitch are crucial issues for the believability of the application; however our models and tutor's pitch have not been well valued by the students and therefore must be improved.



**Fig. 7.** Remarkable aspects of the bakery tutorial. The interactivity, usability and the help offered by the tutor have been the most valuable aspects for the students.

## 6 Conclusions and Future Work

A novel platform for creating intelligent interactive AR-based learning applications has been presented. The platform offers authoring tools for educators and final applications for students. There are very few and limited examples of such authoring tools in the literature, and none of those works incorporate the possibility of including intelligence and virtual tutors in their applications. The proposed platform offers all of those possibilities, being an easy and powerful tool for this purpose. Two demo applications have been developed with the authoring tools. One of those applications has been evaluated in a pilot experience with real users reporting good results.

Although the creation process is simple enough, one of the most desirable future work lines is to merge ISIS and GEARS applications into a single interface in order to make the authoring process even easier.

**Acknowledgments.** This work has been partly financed by the CETVI (PAV-100000-2007-307) and the RA-IA Learning (TSI-020302-2010-155) projects funded by the Spanish Ministry of Industry and the Grupo de Ingeniería Avanzada (GIA-SISTRONIC) of the Instituto Tecnológico de Aragón.

## References

1. Balog, A., Pribeanu, C., Iordache, D.: Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School. *International Journal of Social Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 163--166 (2007)
2. Chen, C. H., Su, C. C., Lee, P. Y., Wu, F. G.: Augmented Interface for Children Chinese Learning. In: 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 268--270 (2007)
3. Kaufmann, H., Dünser, A.: Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application. *Virtual Reality*, pp. 660--669 (2007)
4. Billingham, M., Kato, H., Poupyrev, I.: The MagicBook — Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 3, pp. 6--8 (2001)
5. Hwa Lee, S., Choi, J., Park, J.: Interactive e-Learning System Using Pattern Recognition and Augmented Reality. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol.55, no.2, pp. 883--890 (2009)
6. Juan, C., Beatrice, F., Cano, J.: An Augmented Reality System for Learning the Interior of the Human Body. In: 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pp. 186--188 (2008)
7. Sumadio, D.D., Rambli, D.R.A.: Preliminary Evaluation on User Acceptance of the Augmented Reality Use for Education. In: 2nd International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA), vol. 2, pp. 461--465 (2010)
8. Sklar, E., Richards, D.: The Use of Agents in Human Learning Systems. In: Proceedings of the 5th international Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). ACM, New York, NY, pp. 767--774 (2006)
9. Bartneck, C.: How Convincing is Mr. Data's Smile: Affective Expressions of Machines. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, no.4, pp. 279--295, ISSN 0924-1868 (2001)
10. Seichter, H., Looser, J., Billingham, M.: ComposAR: An Intuitive Tool for Authoring AR Applications. In: 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp. 177--178 (2008)
11. Haringer, M., Regenbrecht, H.T.: A Pragmatic Approach to Augmented Reality Authoring. In: Proceedings of International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp. 237--245 (2002)
12. Martínez, H., del-Hoyo, R., Sanagustín, L.M., Hupont, I., Abadía, D., Sagüés, C.: Augmented Reality Based Intelligent Interactive e-Learning Platform. In: Proceedings of 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART), vol. 1, pp. 343--348 (2011)
13. Wallace, R.S.: AIML Pattern Matching Simplified, [www.alicebot.org/documentation](http://www.alicebot.org/documentation), 2001.

## Comparación de Retorno de Fuerza, Vibrotáctil y Estimulación Directa para la Detección de Texturas

Jonatan Martínez<sup>1</sup>, Arturo García<sup>2</sup>, Diego Martínez<sup>1</sup>, José P. Molina<sup>1</sup>, Pascual González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación LoUISE, Universidad de Castilla-La Mancha

<sup>2</sup>Symbia IT, Parque Científico y Tecnológico de Albacete

02071 Albacete

{jonatan.martinez}@uclm.es

{arturo, diegomp1982, jpmolina, pgonzalez}@dsi.uclm.es

**Resumen.** En este artículo se realiza un análisis que permite evaluar diferentes estrategias de retroalimentación háptica para la discriminación de texturas en mundos virtuales. En concreto se han evaluado, junto al uso real del tacto para detectar las distintas texturas, tanto técnicas de retroalimentación de fuerza como de retorno vibrotáctil. Para ello se ha usado un dispositivo Phantom de realimentación de fuerzas, un guante creado en nuestro laboratorio con capacidad de vibración, y prototipos palpables de papel que representan un modelo ideal de retorno táctil. Estos tres métodos se han usado para detectar dos tipos de patrones, uno en el que varía la forma de las figuras geométricas, y otro en el que varía la densidad de líneas que forman un patrón. Los resultados muestran que el guante con retorno vibrotáctil tiene un comportamiento efectivo en la detección de texturas en las que tan solo varía la frecuencia de los estímulos táctiles, e incluso es de utilidad para texturas más complejas.

Palabras clave: retorno de fuerzas, vibrotáctil, texturas, guante de datos

### 1 Introducción

El retorno háptico, es decir, aquél relativo al sentido del tacto, es de vital importancia en la vida diaria en tareas manipulativas y de exploración, tal y como expuso Robles-De-La-Torre en [1], pero desgraciadamente muchas interfaces para entornos virtuales no proporcionan este tipo de realimentación. Una de las tareas que se han llevado a cabo para comprobar la efectividad de esta tecnología es la identificación de materiales o texturas.

El retorno de fuerzas es un tipo de retorno háptico que trata de transmitir información a un usuario mediante la generación de fuerzas a través de una interfaz mecánica que el sujeto puede mover. Minsky et al. [2] usaron un joystick para experimentar con este tipo de retorno, usando un mapa de profundidad para recrear texturas en las que los relieves repulsaban la palanca, y las hendiduras la atraían. Otros autores han intentado optimizar la respuesta de estos sistemas al tocar distintos

materiales, bien perfeccionando el algoritmo de control, como Kuchenbecker et al. [3] o mediante la creación y reproducción de modelos paramétricos de las vibraciones que se producen, como describen Okamura et al. en [4]. Sin embargo, tal y como explican estos autores, el ancho de banda de muchos dispositivos hápticos es limitado y hace difícil replicar las vibraciones medidas.

El retorno táctil, por su parte, hace referencia a la estimulación de la piel mediante actuadores táctiles o tactores, ofreciendo información más fina sobre la forma de un modelo, su textura o incluso temperatura. Puede usarse complementando el retorno de fuerzas, pero también es útil por sí solo y a menudo se emplea incluso para sustituirlo. En particular, el retorno vibrotáctil es un tipo de retorno táctil en el que se usan vibraciones para transmitir sensaciones a través de la piel, que como exponen Hollins et al. en [5] juegan un papel imprescindible en la forma en la que se detectan las diferentes texturas. Kontaniris y Howe investigan el uso de displays vibrotáctiles para transmitir vibraciones en entornos virtuales y telemanipulación. Defienden que hay tareas en las que la detección de vibraciones es el objetivo fundamental, mientras que en otras pueden aumentar el rendimiento reduciendo los tiempos de reacción o minimizando las fuerzas empleadas. El dispositivo usado en su estudio son pequeños altavoces modificados, también usados en [6] por Wellman y el mismo Howe, donde se trataba de distinguir la dureza de distintos materiales al golpearlos usando modelos análogos a los de Okamura et al [4]. En un experimento similar pero empleando telemanipulación, Gurari et al. [7] se sirvieron de tactores vibrotáctiles para comparar el retorno producido en la yema del dedo, en el brazo y en el pie al tratar de discriminar materiales de diferente dureza.

Existe un tipo de actuador vibrotáctil cuyo ancho de banda es más reducido pero que sus características de bajo precio, tamaño y facilidad de operación lo hacen muy versátil y adecuado para ser integrado en multitud de dispositivos. Se trata de los motores vibradores, que están presentes no solo en muchos periféricos de juego [8] y prácticamente todos los móviles, sino también en guantes de datos como el CyberTouch, de CyberGlove Systems [9]. En el contexto de identificación de texturas, Kyung et al. describen en [10] un experimento en el que comparan las tecnologías de retorno de fuerzas, táctil y vibrotáctil. Para ello crean un dispositivo con forma de lápiz unido a un dispositivo de retorno de fuerzas y que integra retorno táctil mediante una matriz de pines y vibrotáctil a través un motor vibrador.

Siguiendo esta línea, se ha considerado de interés seguir la base de este experimento para poder tener una referencia con la que comparar los resultados. En el estudio que se propone se introducirán varios cambios. Por una parte se colocará el vibrador directamente sobre la yema del dedo, una de las zonas con más sensibilidad del cuerpo [11], gracias a su integración en un guante de datos. El algoritmo de control de este vibrador se optimizará para reducir su latencia, y se abordará uno de los problemas encontrados por estos investigadores en el uso del dispositivo de retorno de fuerzas que han podido afectar a sus resultados. Por otro lado se han introducido patrones palpables de papel como método de retorno táctil, analizando los resultados que se obtienen con un modelo real. En la sección 2 se detallarán los patrones usados y los métodos de retorno háptico empleados. En la sección 3 se analizará el experimento que se ha diseñado para evaluar las distintas alternativas,

cuyos resultados serán recogidos y analizados en la sección 4. Por último, en la sección 5 se presentarán las conclusiones, proponiendo finalmente unas posibles líneas de trabajo futuro.

## 2 Descripción de los métodos de retorno háptico

### 2.1 Patrones

La comparación de los distintos modos de retorno háptico se ha realizado mediante una tarea de discriminación consistente en la identificación de texturas que presentan unos patrones preestablecidos. Para tener una base sobre la que extraer conclusiones, se han usado dos de los tres grupos de patrones usados por Kyung et al. en [10].

En el primero, mostrado en la figura 1 a), cada patrón tiene una figura geométrica distinta repetida cuatro veces. En el segundo los patrones están formados por líneas horizontales con diferente espaciado entre ellas, tal y como puede apreciarse en la figura 1 b).

El tamaño de las imágenes usadas es, al igual que en el citado experimento, de 300x270 píxeles. Su tamaño real, en cambio, se ha aumentado desde los 60x54 mm originales a 100x90 mm, por restricciones en la precisión del sistema de seguimiento usado en el guante. Como se verá en la sección 2.3, en el caso del retorno vibrotáctil se ha usado un sistema de seguimiento óptico PhaseSpace cuya resolución es de 0.5 mm, un orden de magnitud menor que la que proporciona el Phantom Omni usado por Kyung.

Para convertir estas imágenes a texturas palpables, se ha seguido la convención de hacer que las zonas negras estén “excavadas” 1 mm respecto a las zonas blancas. Para poder distinguirlas el usuario deberá realizar movimientos de exploración en el plano horizontal con cada uno de los métodos de retorno háptico.

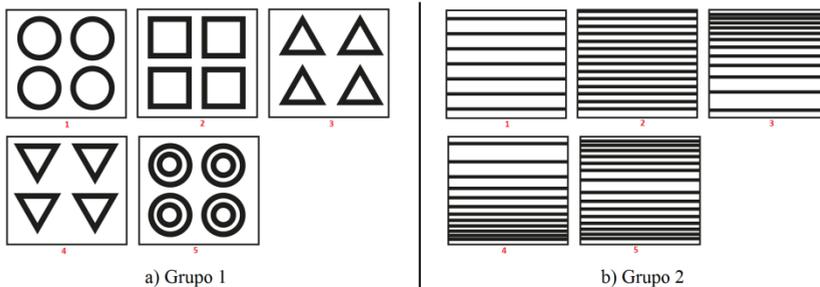


Fig. 1. Grupos de patrones empleados en las pruebas.

### 2.2 Retorno de fuerza

En el campo del retorno de fuerza, uno de los dispositivos más extendidos es el Phantom, de la empresa Sensable [12]. Consiste en un brazo mecánico articulado con

sensores de posición y actuadores capaces de ejercer fuerza sobre un punto que normalmente se controla con la mano mediante un pequeño mango o mediante un dedo. Los distintos dispositivos con esta capacidad se diferencian principalmente en el espacio de trabajo, fuerza que son capaces de ejercer y precisión. En este caso se ha usado un Phantom modelo Premium 1.0A 3DOF. Cuenta con una resolución de 0.03mm, fuerza máxima de 8.5 N, espacio de trabajo de 254x178x127 mm y tres grados de libertad. En la figura 2 izquierda se puede ver un usuario haciendo uso del sistema.

La representación de una textura mediante el retorno de fuerzas se ha realizado mediante la representación virtual de una caja cuya superficie superior tiene mapeada la textura en relieve. Esta correspondencia se ha realizado mediante un mapa de profundidad en el cual el nivel de gris de la imagen determina el desplazamiento relativo, estando las zonas de color negro a una profundidad de 1mm respecto a las zonas de color blanco. La rigidez relativa se ha establecido a 0.70, lo que equivale a unos 2.4 kN/m, ya que para mayores valores se producía cierta inestabilidad en el algoritmo de renderizado háptico. Tanto la fricción dinámica como la estática se han establecido a cero para permitir al usuario explorar la superficie con suavidad.

La implementación se ha llevado a cabo mediante la librería de grafos de escena H3DAPI junto con la librería de renderizado háptico HAPI [13] que es de código abierto, multiplataforma e independiente del dispositivo. Más concretamente se ha creado un modelo x3d para cada patrón adaptando el ejemplo *DephMapSurface* de la propia librería. El algoritmo de renderizado usado es el de Ruspini.

Uno de los problemas identificados por Kyung en sus pruebas del retorno de fuerzas, es el fenómeno por el cual el cursor se quedaba encajado en las ranuras de la textura, lo que dificultaba su exploración. Con el fin de evitarlo, los bordes de los patrones se han suavizado mediante un degradado, de forma que al mapearlo las zonas de contraste de la textura no se traducen en escalones abruptos sino en rampas progresivas.

### 2.3 Retorno vibrotáctil

El segundo método que se pretende evaluar mediante comparación, es un guante de datos desarrollado en nuestro laboratorio con capacidad de retorno táctil, que fue descrito en [14]. Este dispositivo cuenta con pequeños motores vibradores situados en la yema de los dedos cuya frecuencia se puede variar mediante una modulación en anchura de pulsos generados por un microcontrolador.

En este experimento se ha usado únicamente el vibrador situado en el dedo índice por dos motivos. Por un lado en el resto de modalidades también se usa únicamente el dedo índice, por lo que parece que es la forma más justa de compararlo. Por otro lado el resto de vibradores, situados en el resto de dedos, están relativamente lejos para poder contribuir a la detección de las pequeñas características que componen las texturas. El seguimiento del índice se ha hecho mediante el sistema de localización PhaseSpace, acoplando uno de los leds activos del sistema al guante, justo encima de la punta del dedo. El guante de datos junto con el led se muestran en la figura 2 derecha.

Para identificar una textura, el usuario debe mover su mano en el plano horizontal por encima de una mesa. El espacio para detectarla es el mismo que en caso del Phantom, 100x90 mm. Al usuario se le permite apoyar toda la mano a excepción del dedo índice, para evitar que se produzca un sonido audible al vibrar.

La posición 2D del dedo en el plano se ha representado de forma virtual mediante un cursor de 5x5 píxeles que se mueve en una ventana del tamaño de la textura (300x270 píxeles). La vibración en cada instante viene dada por el nivel de gris medio de los 25 píxeles que se sitúan bajo el cursor, correspondiéndole al negro el nivel de vibración máxima. La intensidad máxima de vibración se ha ajustado de forma experimental para que no resulte molesta al usuario.

Al ser el vibrador un pequeño motor con una masa descentrada acoplada, tiene una latencia al arrancar que aumenta cuanto menor es el voltaje aplicado. Este efecto se ha tratado de limitar en lo posible implementando en el microcontrolador un algoritmo que aplica un corto pulso de voltaje por encima de las especificaciones del vibrador cuando es necesario ponerlo en marcha desde parado. Esta mejora tiene una relevancia especial cuando se exploran zonas de contraste con una velocidad considerable, como es el caso de los patrones del grupo 2, donde gracias a los pulsos de arranque se consiguen notar de forma más efectiva cada una de las líneas.



**Fig. 2.** A la izquierda, usuario usando el dispositivo de retorno de fuerzas Phantom. A la derecha, guante de datos con retorno vibrotáctil con un led del sistema de tracking PhaseSpace.

## 2.4 Estimulación directa

Se ha diseñado un tercer método, descrito como estimulación directa del dedo, mediante el cual el usuario pasa el dedo índice directamente sobre la textura. Su objetivo es el de compararlo con los métodos anteriores para tener una idea tanto de la precisión del sistema de seguimiento, como de la calidad del retorno táctil.

Los patrones se han construido mediante papel de transparencia de 1 mm de espesor y el mismo tamaño que en los casos anteriores, extirpando las zonas negras para crear zonas de depresión palpables. Cada patrón se ha pegado sobre un folio para garantizar la estabilidad de las zonas más delgadas. En la figura 3 izquierda se muestra el detalle de una de estas texturas.

Este método presenta a priori una gran ventaja para el usuario respecto a los dos anteriores, y es que la información táctil recibida no es puntual, sino que éste cuenta con toda la superficie de la yema del dedo para identificar la textura. Además se trata de una forma ideal de retorno táctil, dado que la latencia es nula, y el ancho de banda y resolución están limitados por la sensibilidad de la piel.

Para llevar a cabo el experimento, las muestras de papel se fueron colocando sobre una mesita situada debajo de otra mesa mayor que la oculta al usuario. Con la mano libre, el usuario contestaba pulsando la tecla correspondiente en un ordenador, mientras un operador cambiaba los patrones según una secuencia aleatoria precalculada, sobre la que se darán más detalles en el siguiente apartado. En la figura 3 derecha se muestra el entorno de pruebas utilizado.



**Fig. 3.** A la izquierda, detalle de una de las texturas recortadas en papel de transparencia. A la derecha, entorno de pruebas utilizado para llevar a cabo el experimento.

### 3 Diseño del experimento

El experimento se dividió en varias etapas. En la primera, el propio desarrollador llevó a cabo las pruebas para ajustar los parámetros y verificar el sistema. En una segunda etapa se hizo una evaluación informal con tres usuarios para refinar cada uno de los métodos atendiendo a sus valoraciones iniciales. Por último se llevó a cabo la evaluación con 12 usuarios, 4 mujeres y 8 hombres, con una media de edad de 26.7 años. A cada uno de ellos se le hizo distinguir los patrones de ambos grupos mediante los tres métodos descritos. Para evitar que el orden en que se efectúan las pruebas pueda afectar a los resultados, el orden se ha determinado mediante el método de balanceo de cuadrado latino, tal y como se detalla en la Tabla 1. Se ha buscado, además, que el número de participantes sea múltiplo de 6 para que cada una de las secuencias de prueba se efectúe el mismo número de veces. Para cada método y grupo, los usuarios han contado con un breve periodo para familiarizarse con la prueba, sin exceder los 5 minutos, tras los cuales cada uno de los 5 patrones se le ha mostrado en orden aleatorio un total de 4 veces. A los usuarios se les ha mostrado en una pantalla la posición del cursor, sin revelar detalles sobre el patrón en cuestión.

ID	Secuencia de prueba		
	1	Phantom(G1/G2)	Guante(G2/G1)
2	Guante(G2/G1)	Dedo(G1/G2)	Phantom(G1/G2)
3	Dedo(G1/G2)	Phantom(G1/G2)	Guante(G2/G1)
4	Phantom(G2/G1)	Guante(G1/G2)	Dedo(G2/G1)
5	Guante(G1/G2)	Dedo(G2/G1)	Phantom(G2/G1)
6	Dedo(G2/G1)	Phantom(G2/G1)	Guante(G1/G2)

**Tabla 1.** Cuadrado latino con el orden de los métodos (Phantom, Guante, Dedo) y los grupos de patrones (G1, G2) que han seguido los usuarios en las pruebas.

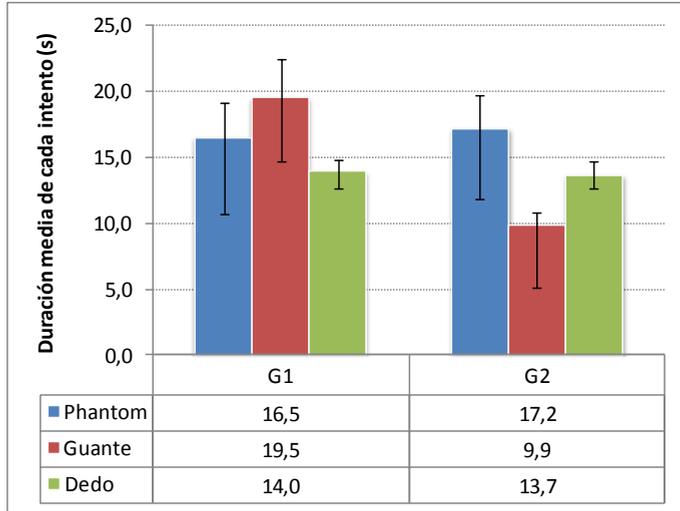
Después de finalizar cada prueba, se les ha pedido que valoraran cuánto les ha costado aprender a detectar los patrones, y la dificultad para distinguirlos una vez que la prueba estaba más avanzada, así como su opinión sobre la comodidad de cada dispositivo.

## 4 Resultados y discusión

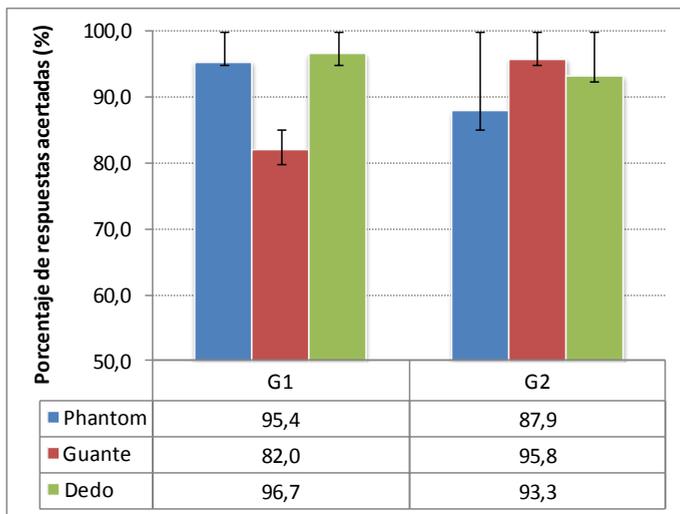
La duración media de cada intento se muestra en la figura 4, y el porcentaje medio de aciertos en la figura 5. Para el primer grupo de texturas, formadas por figuras de distinta forma, se observa que, tal y como se esperaba, el método de estimulación táctil directa es el más rápido y el que mayor porcentaje de respuestas acertadas proporciona, debido a la ventaja que supone contar con toda la superficie de la yema para seguir contornos e identificar formas. En todo caso, el porcentaje de aciertos es muy cercano al obtenido mediante el retorno de fuerzas, ya que en este caso el dispositivo guía el dedo del usuario una vez que el cursor pasa por una zona de depresión, permitiéndole seguir el contorno sin apenas esfuerzo cognitivo. En el caso del guante de datos, con el vibrador situado en la yema del dedo, la estimulación es puntual y no permite hacer un seguimiento tan claro del borde. Por ello, en este caso, se requiere que el usuario elabore una estrategia de detección diferente a la seguida de manera natural. Esta nueva estrategia precisa que el usuario haga un mayor esfuerzo, lo que deriva en una mayor tasa de errores y de consumo de tiempo. A su vez, un 40% de estos errores han sido debidos a la confusión entre los patrones 1 y 2, formados por círculos y cuadrados respectivamente. Esto tiene su lógica si atendemos a su morfología, ya que el resto son más fácilmente distinguibles entre sí.

Por otra parte, para el segundo grupo de texturas, formadas por líneas horizontales con distintas separaciones, los resultados son sensiblemente distintos. En este caso el mejor método resulta ser el vibrotáctil, tanto en tiempo como en porcentaje de aciertos, superando incluso el método de estimulación directa, que a priori debería obtener mejores resultados. Para discriminar entre los distintos patrones el usuario normalmente recorre la textura en vertical, tratando de identificar la cadencia o frecuencia de las marcas. Es por ello que la vibración resulta idónea, ya que el usuario percibe de forma clara la información necesaria. Al pasar el dedo por los patrones de papel, el usuario percibe más información espacial que en este caso hay que descartar,

empeorando su efectividad en cuanto a tiempo y aciertos. Finalmente, el método que peor se comporta aquí es el de retorno de fuerzas. En este caso, la separación de las líneas se percibe principalmente a nivel cinestésico, empeorando la precisión.



**Fig. 4.** Duración media en segundos de cada intento para cada grupo de texturas. Las líneas acotadas representan el intervalo entre el primer y el tercel cuartil de las muestras.



**Fig. 5.** Porcentaje medio de aciertos para cada grupo de texturas. Las líneas acotadas representan el intervalo entre el primer y el tercel cuartil de las muestras.

Estos resultados se han comparado a los obtenidos por Kyung et al. En el caso del retorno vibrotáctil se obtienen resultados similares tanto en tiempos como en aciertos

para ambos tipos de patrones. La única excepción es la tasa de aciertos al detectar las texturas del grupo 1, donde se ha aumentado del 59% al 82%. Esto se podría explicar por una parte por el factor de escala aplicado a las texturas de 1.6X, por la optimización en el algoritmo de control, pero también podría ser debido a la localización del vibrador directamente en la yema del dedo, a diferencia de su integración en un dispositivo en forma de lápiz. En cuanto al retorno de fuerzas, los tiempos son comparables en la detección de patrones de rayas (G2) siendo los aciertos ligeramente superiores (73.5% a 87.9%). Sin embargo las diferencias en el grupo 1 de texturas son más acentuadas. El tiempo medio por respuesta se ha reducido de 29.4 a 16.5 segundos, y el porcentaje de aciertos ha subido de forma muy considerable desde el 59% al 95.4%. La explicación de este fenómeno no debe de ser únicamente por el factor de escala, sino también por la subsanación del problema comentado por estos autores, según el cual el cursor háptico se quedaba “encajado” en las ranuras de las texturas durante la exploración, dificultando la tarea.

Los datos subjetivos que se han obtenido tanto de los comentarios aportados por los usuarios, como de las encuestas realizadas están en consonancia con los descritos anteriormente. Tal vez se podría destacar la sensación de “ligero hormigueo” en el índice que referían algunos usuarios después de las pruebas con el vibrador, a pesar de que en la encuesta que preguntaba por la presencia de molestias se han obtenido prácticamente los mismos resultados que para el caso del Phantom. En cuanto al cansancio, aspecto que se pedía valorar en las encuestas de forma cuantitativa, el peor valorado ha sido el método en el que se usaba directamente el dedo, seguido del guante y valorando el Phantom como el menos cansado de los tres.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se ha realizado un experimento de discriminación de texturas para comparar los métodos de retorno de fuerzas y de retorno táctil por estimulación directa con el retorno vibrotáctil de un guante desarrollado en el laboratorio. Para ello, el algoritmo de control de los vibradores ha sido mejorado para minimizar la latencia de los actuadores, aplicando un pulso de alto voltaje durante un corto periodo de tiempo para arrancar un motor de forma más efectiva. A pesar de que la muestra de usuarios no es muy elevada, y habría que hacer un estudio más profundo para validar los resultados, el retorno vibrotáctil puntual parece ser el método más eficaz para distinguir texturas que al explorarlas se puedan identificar por patrones en la frecuencia de oscilación. En tareas en las que se necesita un reconocimiento espacial preciso para identificar formas no se ha mostrado tan eficaz como el resto de métodos, pero aún así se ha mostrado de utilidad. Por otro lado, el método de retorno táctil directo mediante los patrones de papel parecía a priori el más ventajoso en ambos tipos de texturas, sin embargo en el caso de los patrones de rayas ha sido superado en tiempo y aciertos por el método vibrotáctil.

Este estudio muestra unos interesantes resultados en los que se podría profundizar en un posible trabajo futuro ampliando tanto la muestra de usuarios, como la variedad de texturas a detectar. También se podría considerar el estudio de la curva de

aprendizaje de cada uno de los métodos de retorno háptico. En cuanto al retorno vibrotáctil, se podría considerar la aplicación de algoritmos que variaran la intensidad de vibración de forma dinámica para disminuir la fatiga durante un uso prolongado. Asimismo, puede resultar interesante el diseño de un banco de pruebas para reconocer formas o texturas en el espacio, no solo en el plano, donde el uso de múltiples estimuladores vibrotáctiles pueda suponer una ventaja respecto al retorno de fuerzas puntual.

## 6 Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PEII09-0054-9581 y TIN2008-06596-C02-01. Los autores desean agradecer la colaboración desinteresada de los participantes en las pruebas.

## 7 Referencias

1. Robles-De-La-Torre, G.: The Importance of the Sense of Touch in Virtual and Real Environments. IEEE MULTIMEDIA 24-30 (2006)
2. Minsky, M. et al.: Feeling and seeing: issues in force display. In: Proceedings of the 1990 symposium on Interactive 3D graphics, pp. 235–241. ACM, (1990)
3. Kuchenbecker, K., Fiene, J., Niemeyer, G.: Improving contact realism through event-based haptic feedback. IEEE Transactions on Visualization (2006)
4. Okamura, A., Dennerlein, J., Howe, R.D.: Vibration feedback models for virtual environments. IEEE International Conference on Telerobotics and Automation 1-6 (1998)
5. Hollins, M., Bensmaïa, S., Roy, E.: Vibrotaction and texture perception. Behavioural brain research 135, 51–56 (2002)
6. Wellman, P., Howe, R.D.: Towards realistic vibrotactile display in virtual environments. In: Proceeding of the ASME Dynamics Sys. and Control Division, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Sys., Alberts T. ed, pp. 57–2. (1995)
7. Gurari, N., Smith, K., Madhav, M., Okamura, A.M.: Environment discrimination with vibration feedback to the foot, arm, and fingertip. 2009 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics 343-348 (2009)
8. Nintendo Rumble Pack.  
[http://www.nintendo.es/NOE/es\\_ES/systems/accesorios\\_1225.html](http://www.nintendo.es/NOE/es_ES/systems/accesorios_1225.html)
9. CyberGlove Systems. <http://www.cyberglovesystems.com/>
10. Kyung, K.U., Lee, J.Y., Park, J.S.: Comparison of force, tactile and vibrotactile feedback for texture representation using a combined haptic feedback interface. Haptic and Audio Interaction Design 34–43 (2007)
11. Johansson, R.S.: Tactile Sensibility in the human hand: receptive field characteristics of mechanoreceptive units in the glabrous skin area. Journal of Physiol. 281, 101-123 (1978)
12. Sensable. <http://www.sensable.com>
13. H3D Open Source Haptics. [www.h3dapi.org](http://www.h3dapi.org)
14. Martínez, J., García, A.S., Martínez, D., González, P.: Desarrollo de un Guante de Datos con Retorno Háptico Vibro-táctil Basado en Arduino. In: Interacción 2009 - Jornadas de Realidad Virtual, pp. 1-10. Barcelona (2009)

## ObservAR, sistema de realidad aumentada multiusuario para exposiciones

Jesus Gimeno, Ricardo Olanda, Bibiana Martinez, Fernando M. Sanchez

Instituto IRTIC, Universidad de Valencia, Calle Catedrático José Beltrán 2,  
46980 Paterna, Valencia, España

{Jesus.Gimeno, Ricardo.Olanda, Bibiana.Martinez, Fernando.M.Sanchez}@uv.es

**Resumen** En la actualidad, los museos y salas de exposiciones buscan nuevas formas de mostrar al público sus colecciones de una manera más atractiva. Para ello, emplean nuevas tecnologías como la realidad aumentada, que permiten involucrar activamente al público de forma física, intelectual y social. En este artículo se presenta el diseño y la puesta en funcionamiento de un sistema de realidad aumentada que ofrece un nuevo tipo de experiencia educativa. El sistema está formado por pantallas de visualización que integran el contenido real de la sala de exposición, incluido el público, con elementos audiovisuales y objetos 3D virtuales con los cuales se interactúa a través de un sistema de marcas natural e intuitivo. La aplicación de este sistema se ha llevado a cabo con éxito en la exposición “Valencia, tierra de comarcas: Diálogos con el patrimonio” donde se realiza un recorrido por el patrimonio cultural de la comunidad valenciana.

**Keywords:** Realidad aumentada, interacción, espejo aumentado.

### 1 Introducción y trabajo previo

En los últimos años se han empleado diversas tecnologías para proporcionar una nueva forma de mostrar el conocimiento almacenado en museos y salas de exposición, de forma que éste resulte más interesante al público en general, manteniendo el rigor informativo y el interés del público especializado. Una de estas tecnologías es la realidad aumentada (RA). La RA es un paradigma de interacción en el que no se trata de sumergir al usuario en un mundo virtual, como es el caso de la realidad virtual, sino en aumentar la percepción que el usuario tiene de su propio entorno. El caso más común es el de aumentar el sentido de la vista, añadiendo objetos virtuales a su entorno real por medio de gafas, dispositivos móviles o pantallas. De esta forma el usuario no necesita aprender a moverse en un nuevo entorno para acceder a la información virtual, sino que ésta se le muestra mezclada de forma coherente con el mundo real [1].

Dentro del ámbito de uso de los museos y de las salas de exposiciones, la realidad aumentada ofrece al público nuevas formas de visualización, interacción y navegación por la información, logrando una mejor comprensión de la misma.

Los elementos de realidad aumentada aplicados en las colecciones de los museos o salas de exposiciones han evolucionado rápidamente desde las primeras soluciones, a

la par que evolucionaba la tecnología para ponerlas en práctica. Los primeros pasos para aumentar la percepción del visitante consistían en pequeñas guías de audio que ofrecían determinada información acorde a su localización en el museo o en la sala de exposiciones [2]. Dentro de los experimentos en los que se aumenta el sentido de la vista de los visitantes, gran parte de ellos se basan en el uso de dispositivos personales de visualización montados en la cabeza o como parte de un casco (dispositivos HMD: head mounted displays) [3][4]. En estos casos se superpone información virtual sobre la visión del mundo real del usuario, la cual se captura a través de una cámara montada en el propio HMD, lo que se conoce como *video-see through display* [1]. En la actualidad, aprovechando la proliferación de dispositivos móviles de última generación con sistema de localización GPS, cámara de video y un potente procesador gráfico integrado, se han realizado completas guías interactivas de museos de uso personal [5][6][7] que permiten una interacción natural e intuitiva a través del propio dispositivo. El uso de estos dispositivos es mucho más cómodo que el de los HMDs, y la tecnología está mucho más extendida entre los visitantes, puesto que la mayoría de ellos emplean en su vida cotidiana estos dispositivos móviles.

Los ejemplos anteriores aportan una nueva forma mejorada de visualizar y comprender la información ofrecida en las exposiciones de una forma individualizada, al emplear dispositivos que están preparados para ser usados por un solo visitante de forma simultánea. Para ofrecer una experiencia multiusuario es más adecuado emplear soluciones basadas en pantallas de visualización [8], o en el uso de proyectores de video [9], de forma que puedan interactuar diferentes visitantes al mismo tiempo.

En este artículo, se propone un nuevo sistema de realidad aumentada multiusuario basado en pantallas de visualización de gran formato, que ofrece al usuario una experiencia educativa innovadora basada en la interacción, tanto con objetos reales ubicados en la sala, como con la información virtual añadida por ordenador: contenido audiovisual, elementos virtuales 3D interactivos, escenografías realistas, etc.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se plantean los objetivos del sistema. El sistema propuesto y sus componentes se explican en detalle en el punto 3 y la descripción de la interacción en el punto 4. Finalmente, los resultados y conclusiones se exponen en los puntos 5 y 6 respectivamente.

## 2 Objetivos

El sistema de realidad aumentada ObservAR propuesto en este artículo, está diseñado para proporcionar al público una experiencia mejorada en sus visitas a museos o salas de exposiciones, permitiendo una mayor inmersión e interacción con los elementos de la exposición. De esta forma se intenta crear una impresión más profunda y duradera en el visitante, fomentando a su vez una mejor comprensión de la información. Bajo estas premisas se marcan los siguientes objetivos:

Conseguir un alto grado de inmersión física y mental así como una compatibilidad de los dos mundos, el real y el virtual, creando para ello un único modelo mental de la escena aumentada y una sensación de formar parte de ella por parte de los visitantes.

Lograr una interacción natural e intuitiva a partir de una interfaz de navegación que permita explorar y descubrir los contenidos, implicando de una manera activa al público, cautivando su atención y curiosidad e involucrándolo a interactuar físicamente con el sistema.

Transmitir de manera eficaz el mensaje educativo del museo, mostrando una gran cantidad de datos y conceptos abstractos como serían, por ejemplo, los conceptos de patrimonio, historia, geografía y cultura. Para ello, es necesario emplear un sistema de interacción innovador, con el que se intensifique la sensación de presencia y el sentimiento de implicación del espectador, y de este modo transformar la conducta contemplativa en participativa.

### 3 Descripción del sistema

ObservAR es un sistema de realidad aumentada multipuesto, en el que se integran diversas tecnologías y tipos de información. Este sistema se ha diseñado de forma que múltiples puestos pueden funcionar sincronizados sobre el mismo escenario, compartiendo la información de captura, o funcionando de forma totalmente independiente. Cada puesto se compone de: un PC, dos pantallas y una cámara Kinect [10]. Con este diseño multipuesto es posible adaptar el sistema a diferentes salas de exposiciones. En la Figura 1 se muestran diferentes esquemas de montaje, utilizando 1 puesto en un lateral, 2 puestos colocados en las esquinas o en los laterales y 4 puestos colocados abarcando cada lado del mapa.

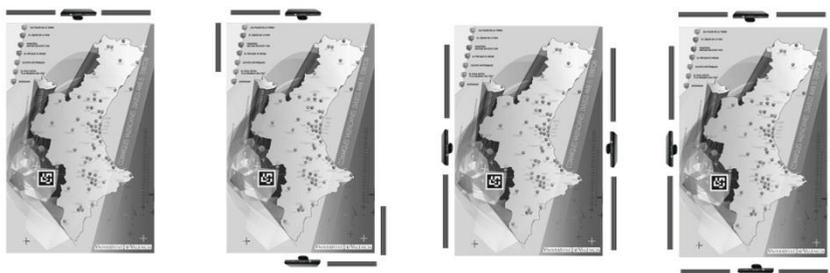


Fig. 1. Distintas configuraciones del sistema ObservAR.

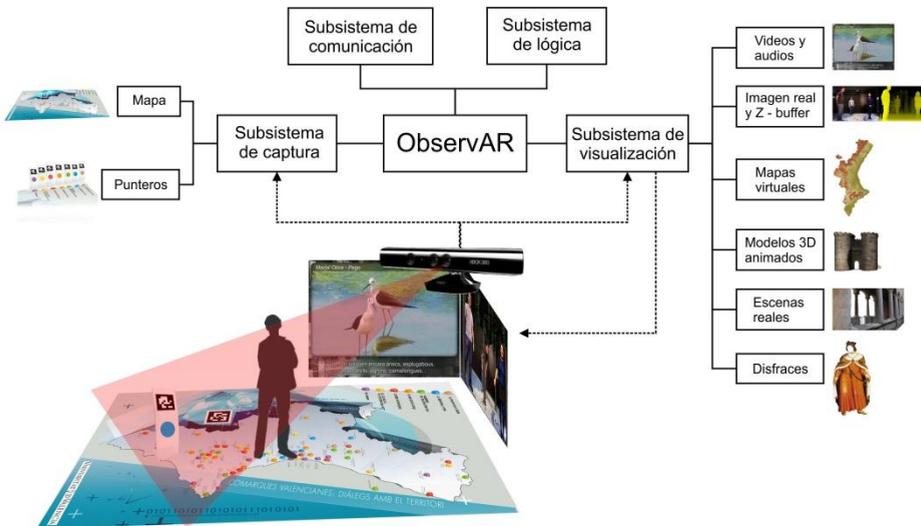
El escenario físico que se plantea a los visitantes de la exposición se compone de un mapa de la Comunidad Valenciana y 7 punteros de selección de temática. El mapa tiene unas dimensiones de 3x5 metros y se ha fabricado como un suelo de madera, de forma que los visitantes puedan caminar sobre él. Como se observa en la Figura 2, el mapa refleja la silueta de la Comunidad Valenciana, y un conjunto de diferentes puntos de interés agrupados por colores. Una leyenda, en la parte superior del mapa, advierte a los visitantes del significado de cada uno de los colores, que en este caso simbolizan 7 temáticas diferentes. En la impresión del mapa se ha incluido una marca de captura de 35x35 cm que servirá como punto de referencia del mapa dentro del sistema ObservAR. Para la selección de los puntos de interés, se han fabricado 7

punteros, de metacrilato, con unas dimensiones de 30x60x30 cm., cada uno asociado a una temática. Cada puntero lleva impresa una marca de captura, el nombre de la temática a la que va asociado, un punto del color de dicho tema y un círculo en la base para facilitar la selección de los puntos de interés, como se observa en la Figura 2. Los punteros, tienen un peso de 500 gramos que unido a su altura de 60 cm., hace que los visitantes puedan moverlos fácilmente de un punto a otro sin necesidad de agacharse.



**Fig. 2.** 7 Punteros utilizados en la exposición (izda.); vista superior (dcha.)

Observando en detalle cada uno de los puestos, éstos se pueden dividir a su vez en 4 subsistemas: subsistema de captura, subsistema de comunicaciones, subsistema lógico y subsistema de visualización. A continuación se describe más en detalle cada uno de estos subsistemas, los cuales se encuentran representados en la Figura 3.



**Fig. 3.** Diagrama de componentes del sistema ObservAR

### 3.1 Subsistema de comunicaciones

Con el objetivo de comunicar los diferentes puestos entre sí, se ha empleado un modelo de arquitectura cliente – servidor, en la que uno de los puestos actúa como servidor y el resto como clientes. El puesto servidor es también el encargado de llevar a cabo la lógica de la aplicación (apartado 3.2) enviando los mensajes de control al resto de puestos clientes. Los puestos clientes se comunican de forma asíncrona con el puesto servidor para enviarle la información de captura (apartado 3.3) a través de mensajes UDP. Este tipo de mensajes permite un rápido envío de la información de captura, y debido a la alta tasa de envío de mensajes de este tipo (30 veces por segundo) la pérdida de alguno de estos mensajes no afecta al funcionamiento correcto del sistema.

Además, el puesto servidor envía a cada puesto cliente mensajes de cambio de estado lógico (apartado 3.2) empleando mensajes TCP, para evitar que haya una desincronización de los diferentes puestos debida a la pérdida de alguno de estos mensajes.

### 3.2 Subsistema lógico

El puesto servidor es también el encargado de toda la lógica de funcionamiento del sistema, implementada en el subsistema lógico. Este subsistema es el encargado de mezclar la información de captura de todos los puestos, determinar los cambios de estado del sistema y enviar los mensajes de control al subsistema de comunicación para su distribución al resto de puestos cliente. En el mapa real empleado en la exposición, existen 70 puntos de interés agrupados en 7 temáticas diferentes. Este subsistema será el encargado de seleccionar la temática actual, acorde al puntero de temática activo, y de identificar el punto de interés elegido, que será aquel sobre el que se coloque ese puntero.

La activación de un puntero se realiza mostrando el mismo a alguna de las cámaras Kinect del sistema. La selección de un punto de interés se realiza cuando éste pertenece a la misma temática del puntero, y el puntero se coloca encima del punto de interés durante un tiempo de 3 segundos. Para facilitar la selección del punto de interés, se establece una distancia mínima de 15 cm. entre los puntos de interés de la misma temática en el mapa, permitiendo un error de hasta 5cm entre la posición en la que se coloca el puntero y la ubicación del punto de interés en el mapa.

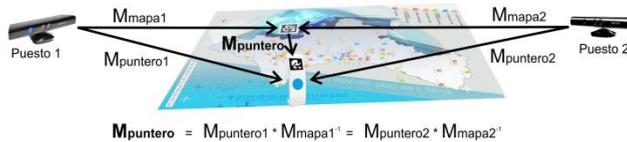
Puesto que se trata de un sistema multiusuario, este subsistema se ha diseñado para soportar situaciones tales como que varios usuarios intenten seleccionar diferentes puntos de interés de forma simultánea, dando prioridad a las elecciones del primer visitante que entro en la exposición de entre todos los presentes.

### 3.3 Subsistema de captura

El subsistema de captura es el encargado de capturar la posición y orientación de los diferentes elementos que forman parte del sistema ObservAR. En concreto, para la exposición llevada a cabo con el sistema, se captura la información de: siete punteros,

el mapa real colocado en el suelo y la cámara Kinect. Este sistema utiliza la librería ARToolkit Plus [11] de captura basada en marcas y la imagen de la cámara Kinect, como fuente de video para obtener esa información. La cámara Kinect es capaz de capturar una imagen de 640x480 pixels a una frecuencia de 30 Hz. Estas imágenes son procesadas en tiempo real, obteniendo información de todos los elementos visibles 30 veces por segundo.

La marca del mapa real indica tanto la posición del mapa, como el sistema de referencia general del sistema. Al utilizar una referencia común, no es necesaria una calibración previa del sistema, independientemente del número de puestos que lo compongan, simplificando el proceso de instalación del mismo. De esta forma, cada puesto ObservAR calcula la información de su cámara y los punteros visibles siempre de acuerdo a esta referencia. En la Figura 4 se muestra como los distintos sistemas son capaces de calcular la misma matriz de transformación del puntero a partir de la información capturada por cada uno de ellos.



**Fig. 4.** Cálculo de la matriz de transformación del puntero a partir de la información de cada puesto independiente

### 3.4 Subsistema de visualización

El subsistema de visualización es el encargado de mostrar la información aumentada a partir de la información obtenida por el subsistema de captura y los mensajes de control. La implementación está basada en las librerías Open Scene Graph [12] y Directshow [13]. La visualización se realiza en dos pantallas de retroproyección de 3x2 m. cada una. La primera pantalla muestra los videos asociados a los puntos de interés y las temáticas. Para la visualización de los videos y reproducción de los sonidos asociados, se ha implementado un plugin utilizando Directshow. En la segunda pantalla, a modo de espejo aumentado, se muestra la imagen capturada por la cámara Kinect mezclada con los diversos tipos de información virtual.

La cámara Kinect ofrece, además de una imagen de video de 640x480 píxeles a 30 Hz., una imagen con la distancia de cada pixel a la cámara (mapa de profundidad). Gracias a este mapa de profundidad es posible crear un proceso de dibujo que mantenga una correcta oclusión entre los elementos reales y virtuales, por medio del Z-Buffer [14]. De esta forma el usuario se ve a sí mismo en el espejo aumentado junto a los objetos virtuales, pudiendo caminar entre ellos como si realmente estuvieran a su alrededor. Los pasos de este proceso, como se muestra en la Figura 5, son los siguientes:

1. Dibujar la imagen de la cámara. Esta imagen es el reflejo de la escena real, la cual es aumentada con información virtual en los pasos siguientes.

2. A partir de la información de distancia obtenida por la cámara Kinect, es posible calcular los valores de Z-Buffer asociados a cada pixel de la imagen de la escena real. Esta información permitirá colocar los objetos reales de la sala (incluidas los visitantes) en la posición adecuada dentro del mundo virtual en relación a los objetos virtuales. Este cálculo se ha implementado en un *shader* [15], con lo que los cálculos se realizan en la tarjeta gráfica, mejorando la velocidad del proceso.
3. Por último, se dibujan los elementos virtuales junto a los reales. Para ello, es necesario configurar una cámara virtual semejante a la cámara real. La posición y orientación de la cámara real se obtiene del sistema de captura, mientras que la matriz de proyección se configura con los parámetros de la lente de la cámara Kinect. En este momento, al dibujar los objetos virtuales, la información de Z-buffer previamente escrita permite que solo se dibujen las partes de los objetos virtuales que se encuentran por delante de los objetos reales, consiguiendo la sensación de que éstos realmente rodean a los visitantes.



Fig. 5. Composición de una escena aumentada utilizando información de profundidad.

#### 4 Descripción de la interacción, mapa aumentado

El sistema ObservAR se ha aplicado a la exposición “Valencia, tierra de comarcas: Diálogos con el patrimonio”, la cual presenta al público un viaje por la Comunidad Valenciana, simbolizada por el mapa de 3x5 metros, sobre el cual los visitantes pueden obtener información de los diferentes puntos de interés utilizando los punteros de temáticas. Los distintos puntos de interés se han agrupado en 7 temáticas diferentes: Los pilares de la tierra, el líquido de la vida, paisajes: naturaleza en estado puro, el país que se come, ciudades históricas, el ciclo festivo y patrimonio. Además, cada temática contiene 10 puntos de interés distribuidos por todo el territorio valenciano, de forma que los visitantes pueden “viajar” por el mapa y visitar los 70 puntos gracias a la realidad aumentada.

El primer paso del proceso de interacción es seleccionar la temática que se desea descubrir. Cada puntero tiene impreso el color y nombre de la temática, que además están reflejadas en la leyenda del mapa. Para seleccionar la temática solo es necesario coger el puntero correspondiente y caminar encima del mapa con él. Una vez capturado el puntero de la nueva temática, se muestra a través de las pantallas de visualización a los visitantes un video explicativo de dicha temática y un mapa virtual

representativo de la misma, que se complementa de forma auditiva con el sonido ambiental correspondiente. Los mapas virtuales siempre se muestran sustituyendo al mapa real ubicado en la sala de exposiciones, con lo que el usuario se ve a sí mismo en el espejo aumentando pisando un mapa diferente al que tiene bajo sus pies. Por ejemplo, al seleccionar el marcador correspondiente con la temática del agua, se muestra un mapa con información sobre las cuencas hidrográficas de la comunidad valenciana superpuesto al mapa real existente en la sala.

El siguiente paso es seleccionar el punto de interés, de entre todos los del tema seleccionado. Esta selección se realiza “viajando” al punto de interés, y colocando el puntero sobre él. Cuando el sistema detecta que un punto ha sido seleccionado, automáticamente comienza la visita al lugar, mostrando videos explicativos y los modelos aumentados. Dependiendo del punto de interés seleccionado, los tipos de información aumentada con la que pueden interactuar los usuarios es diferente. Para esta exposición se diseñaron 3 tipos de información:

1. **Modelos 3D animados.** representan edificios u objetos relacionados con el punto de interés seleccionado. Por ejemplo, al seleccionar Valencia en la temática de patrimonio, aparece del suelo una representación de 2 metros de alto de las Torres de Quart. Cualquier usuario puede andar alrededor de las torres, asomarse por uno de los huecos, etc. (Figura 6 izda.) viéndose en el espejo aumentado como si estuviera dentro de una maqueta de las propias torres.
2. **Escenas reales.** Existen lugares en los que una fotografía era una representación más adecuada que un modelo 3D. Para estos lugares se crearon escenarios virtuales, como si fuese un teatro, utilizando fotografías reales.
3. **Disfraces.** Por último, con el objetivo de aumentar la interacción se añadieron disfraces asociados al puntero (Figura 6 dcha.). De esta forma, al seleccionar un punto de interés que tiene asociado un disfraz, dicho disfraz se mueve junto con el puntero, con lo que el usuario puede moverse con el disfraz puesto simplemente sujetando el puntero.



**Fig. 6.** Modelo 3D animado (izda.); disfraz aumentado (dcha.)

Finalmente, cualquiera de los visitantes puede viajar a otro punto de interés, o cambiar la temática, repitiendo los pasos descritos previamente.

## 5 Resultados

El sistema ObservAR ha sido usado durante un mes y medio en la exposición “Valencia, tierra de comarcas: Diálogos con el patrimonio”, utilizando 2 puestos colocados en dos esquinas enfrentadas del mapa (Figura 2). A nivel computacional, el sistema ObservAR ha estado funcionando correctamente durante este periodo, en el que alrededor de 1000 personas visitaron la exposición. El único problema técnico que surgió en este periodo fueron fallos de la captura a determinadas horas del día, cuando debido a la arquitectura de la sala, la luz del sol incidía directamente sobre la cámara Kinect del primer puesto. Este hecho tenía una duración aproximada de 10 minutos, dos veces al día, durante los cuales la luz directa no permitía obtener una imagen nítida de la cámara. Al no obtener una imagen correcta, la captura de la posición de los punteros por parte del primer puesto era inviable. Esta incidencia no obligó en ningún momento a detener la exposición puesto que el segundo puesto continuaba capturando la posición de los punteros correctamente.

En cuanto a la experiencia de los visitantes, se observó cómo comprendían rápidamente el funcionamiento del sistema, simplemente observando a los usuarios que ya estaban haciendo uso del sistema en la sala o manipulando directamente los diferentes punteros.

Se realizaron encuestas a los visitantes a la salida de la exposición, cuyos resultados muestran un gran nivel de satisfacción y entretenimiento, recomendando el uso de este sistema para futuras exposiciones. Destacar que entre los 1000 visitantes, 200 de ellos fueron visitas escolares programadas con niños de edades comprendidas entre 7 y 12 años. De estas visitas se pudo observar como los niños se integraban rápidamente con el uso del sistema, participando activamente en la interacción con el mismo, moviéndose alrededor de los modelos virtuales, asomándose por debajo de los modelos de puentes, o vistiendo los disfraces virtuales.

## 6 Conclusiones

El sistema ObservAR ha cumplido los objetivos marcados al principio del proyecto, ofreciendo al público una experiencia mejorada en sus visitas a museos o salas de exposiciones. La realidad aumentada ha demostrado ser una valiosa herramienta, llamando la atención de los visitantes al mismo tiempo que muestra los contenidos educativos.

Con este sistema se ha mejorado la asimilación de conocimientos de los visitantes de una manera amena y divertida, incentivando la práctica de exploración de puntos interés y la colaboración y discusión entre los participantes. En definitiva, se ha creado una herramienta de comunicación y aprendizaje con un alto grado de inmersión.

Podemos considerar ObservAR como un sistema innovador en el marco de la nueva museología frente a otras aplicaciones dentro del área de RA, por su aportación en la interacción persona-ordenador, creando una impresión más profunda, emocional y duradera en el visitante y fomentando una comprensión más completa de los puntos de interés seleccionados.

Si bien los actuales esfuerzos realizados por la comunidad científica por mejorar las aplicaciones de RA se centran principalmente en la tecnología, este proyecto se ha dirigido a la figura del usuario, a cambiar su relación con las aplicaciones de RA y aprovechar los beneficios de esta tecnología para ofrecer nuevos mecanismos de interacción y aprendizaje dentro de una experiencia museística.

En relación a la experiencia de los visitantes a la exposición “Valencia, tierra de comarcas: Diálogos con el patrimonio”, se obtuvo una alta satisfacción de los mismos, provocando una gran repercusión mediática de la exposición, fruto de la cual actualmente se está desarrollando una versión itinerante de la misma que recorrerá diversas poblaciones a lo largo del territorio valenciano.

**Agradecimientos.** El desarrollo de este sistema ha sido financiado por la fundación general de la Universidad de Valencia, con la colaboración del Vicerrectorado de Arte, Cultura y Patrimonio y los departamentos de lingüística y geografía.

## 7 Referencias

1. Azuma, R.: A Survey of Augmented Reality, in *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. vol. 6(4), pp. 355-385 (1997)
2. Bederson, B.B.: Audio augmented reality: a prototype automated tour guide. In Mack, R., Miller, J., Katz, I., Marks, L. (eds.) *ACM Conference on CHI'95*, ACM Press, New York (2003)
3. Mase, K., Kadobayashi, R., Nakatsu, R.: Meta-Museum: A supportive Augmented-Reality Environment for Knowledge Sharing. In *Conference VSMM'96*, pp. 107-110. IEEE Computer Society Press (1996)
4. Abate, A.F., Acampora, G., Ricciardi, S.: An Interactive Virtual Guide for the AR Based Visit of Archaeological Sites. In *Journal of Visual Languages & Computing* (2011)
5. Bruns, E., Brombach, B., Zeidler, T., Bimber, O.: Enabling mobile phones to support large-scale museum guidance. In *Multimedia*, vol. 14(2), pp. 16-25. IEEE (2007)
6. Miyashita, T., Meier, P., Tachikawa, T., Orlic, S., Eble, T., Scholz, V., Gapel, A., Gerl, O., Arnaudov, S., Lieberknecht, S.: An augmented reality museum guide. In *7<sup>th</sup> IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 103-106. (2007)
7. Explorer: American Museum of Natural History, <http://www.amnh.org/apps/explorer.php>.
8. Bimber, O., Raskar, R., Inami, M.: Spatial Augmented Reality. In *SIGGRAPH 2007 Course 17 Notes* (2007)
9. Mistry, P., Maes, P., Chang, L.: WUW – Wear Ur World – A Wearable Gestural Interface Spatial Augmented Reality. In *ACM CHI'09*, Boston (2009)
10. Kinect Home Page, <http://www.xbox.com/es-ES/kinect/>
11. Wagner, D. Artoolkitplus, [http://studierstube.org/handheld\\_ar](http://studierstube.org/handheld_ar) (2005)
12. Open Scene Graph, <http://www.openscenegraph.org>
13. Directshow, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd375454\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd375454(v=vs.85).aspx)
14. Breen, D. E., Whitaker, R. T., Rose, E. and Tuceryan, M.: Interactive Occlusion and Automatic Object Placement for Augmented Reality. In *Computer Graphics Forum* vol 15, pp. 11-22 (1996)
15. Shaders, <http://www.opengl.org/documentation/glsl/>

# **Evaluación de sistemas interactivos**



## Enriqueciendo la Evaluación en Videojuegos

J. L. González Sánchez<sup>1</sup>, R. M. Gil Iranzo<sup>2</sup> y F. L. Gutiérrez Vela<sup>3</sup>  
<sup>1,3</sup>GEDES – Universidad de Granada, <sup>2</sup>GRIHO – Universitat de Lleida  
<sup>1</sup>joseluisgs@ugr.es, <sup>2</sup>rgil@griho.net y <sup>3</sup>fgutierr@ugr.es

**Abstract.** Los videojuegos son un campo de importante avance en el sector interactivo en la actualidad. Ante esta realidad, es necesario analizar en profundidad la Experiencia del Usuario (UX) en busca de factores que repercutan en la aceptación del producto por parte de los usuarios. Este trabajo muestra cómo completar la información existente sobre la UX respecto a la Jugabilidad con técnicas de análisis hedónico tales como el impacto emocional y cultural, las cuales provocan que la UX sea distinta entre los distintos perfiles de jugadores. De esta manera, se consigue maximizar el rendimiento así como los resultados de la inversión de si se utiliza la metodología mostrada en el artículo para ser usada desde los primeros prototipos hasta el producto final.

**Keywords:** Experiencia del Usuario, Jugabilidad, Emociones, Métodos de Evaluación, Multiculturalidad, Sistemas de Ocio y Entretenimiento

### 1 Introducción

La Experiencia de Usuario (UX) se define formalmente como “*la percepción de una persona y las respuestas subjetivas de esta como resultado de la utilización y/o el uso de un producto, sistema o servicio*” [1], ligada al como el *conjunto de sentimientos y respuesta emocionales al interactuar con un producto software* [2]; e incluye aspectos subjetivos que afectan al proceso interactivo. Los videojuegos tienen como principal objetivo que el usuario experimente sentimientos de diversión y entretenimiento durante el proceso de juego. Comprobar estos objetivos es un proceso complejo y en el que es habitual aplicar criterios muy subjetivos e imprecisos. Podemos observar como se hace necesario mecanismos que caractericen la calidad de la experiencia de juego como la Jugabilidad [3,4]. A la hora de realizar una evaluación de la UX debemos “enriquecer” los mecanismos de evaluación con técnicas que nos muestren los aspectos subjetivos que caracterizan la experiencia sentida por los usuarios, especialmente en procesos de juego.

En este trabajo, se propone como principal objetivo evaluar la UX en videojuegos (campo “extremo” en explotar los parámetros subjetivos de la UX) completando la información obtenida usando el análisis de la Jugabilidad, con información sobre la respuesta emocional del jugador y cómo se manifiesta según el contexto sociocultural del jugador. Comenzamos con una visión sobre la evaluación de la UX y comentando aspectos sobre la Jugabilidad y la caracterización de la UX en Videojuegos. A continuación mostramos nuestra propuesta de evaluación de la UX en videojuegos aplicada bajo objetivos pragmáticos y hedónicos. Posteriormente presentamos la puesta en práctica de los métodos de evaluación propuestos sobre un caso de estudio con un producto comercial concreto. Finalmente mostramos las conclusiones y trabajos futuros que se extraen de los resultados presentados a lo largo de este trabajo.

## 2 Evaluación y Factores de la UX en Sistemas Interactivos

La Experiencia de Usuario (UX) tiene como objetivo ofrecer información sobre el conjunto de emociones y sensaciones que un usuario obtiene como respuesta al interactuar con un sistema interactivo, es decir, completar la *información objetiva* de la realización de una tarea, con *información subjetiva* sentida a la hora de realizarla. Siendo la UX *dinámica* y dependiente del *contexto del usuario*, ayudando a mejorar la aceptación de los usuarios, ganar la fidelidad de estos y mejorar el retorno económico del desarrollo del producto [2]. La evaluación de la UX difiere de las técnicas de evaluación tradicionales en el ámbito de la IPO, las cuales se centran más en la *evaluación pragmática* de la realización de una tarea (¿qué y para qué realizamos una tarea?) al completarlas con una *evaluación hedónica* asociada al proceso interactivo (¿qué sentimos al realizar la tarea?). Surge como evolución del análisis de la *satisfacción del usuario*. Los enfoques tradicionales de evaluación de la satisfacción (Ej. Usabilidad) evalúan generalmente la percepción de “satisfacción” según la eficacia y eficiencia, de modo que si los usuarios perciben como eficaz y eficiente el uso del producto, se da por hecho que están satisfechos [5]. Pero hay aspectos de la UX [6], como la diversión, placer, emotividad, influencia sociocultural o el entretenimiento, que contribuyen de manera significativa a la satisfacción del usuario respecto con el producto. Factores que han llegado a formar parte del nuevo estándar de la Calidad en Uso ISO/IEC 25010 [7]. En [8] se discuten los métodos y necesidades actuales a tener en cuenta en la evaluación de la UX en sistemas interactivos destacando la importancia de la *respuesta emocional* y las restricciones debidas a la *influencia sociocultural*. Es por ello que los *métodos de evaluación deben enriquecerse* con dichos factores para conseguir información más completa de la UX en el proceso de interacción usuario(s)-sistema(s).

Uno de los aspectos que caracterizan la UX es la *respuesta emocional* del usuario ante el proceso interactivo factor que puede provocar deseo u odio por el mismo [6,9]. Existen numerosos estudios sobre las “emociones” en la literatura especializada, incluso se han propuesto definiciones consensuadas del termino y de sus propiedades. Una respuesta emocional o *sentimiento* es una reacción psicológica relacionada con las necesidades, objetivos o preocupaciones de un individuo y que está compuesta por factores conductuales, fisiológicos, afectivos y cognitivos, en *respuesta a unos estímulos que se producen a la hora de interactuar* con un producto y son propias de cada individuo [9,10]. Entre los métodos más úsales encontramos las herramienta de medida verbales que se presentan como auto-informes donde los encuestados utilizan una escala para registrar sus emociones [10,12]. La principal crítica de este tipo de técnicas es que solo registran estados emocionales conscientes del usuario, pero son muy populares por ser relativamente fáciles de implementar. Debido a que las emociones son automáticas y dinámicas, es importante captarlas en el instante en que se producen para ello podemos hacer uso de heurísticas de emociones [11] o representar emociones con cartas de emoticonos (Emocards) para que el usuario identifique visualmente cómo se siente durante el proceso interactivo y posteriormente comparar ambos métodos [12].

La *influencia sociocultural* en el usuario puede provocar grandes diferencias en la UX. Hofstede [14] considera la *cultura* como un término utilizado para referirse a la programación mental. Cada persona tiene en su interior modelos de pensamiento,

sentimiento y actuación que actúa como “software mental”. Las personas se diferencian por un conjunto de aspectos culturales diferenciadores entre sociedades y por características internas. Estos metamodelos culturales, que representan la influencia sociocultural del individuo [13,14], provocan que *el diseño de los sistemas interactivos sigan unas ciertas reglas o patrones* dependiendo del grupo de usuarios al que va dirigido con el fin de mejorar la experiencia interactiva. Se utilizarán en este estudio los puntos relacionados con procedencia y género.

### 3 Jugabilidad y la UX en Videojuegos

La *Jugabilidad* es un término empleado en el diseño y análisis de juegos que suele ser usado para medir la calidad de la experiencia de juego en términos de las mecánicas de juego, elementos software y del proceso interactivo usuario-videojuego. Existen importantes trabajos centrados en recopilar artículos o investigaciones sobre factores que hacen más “jugable” y profundizan en la UX en videojuegos [15,16,17]. A lo largo de este trabajo nos basaremos en ellos complementándolo con la propuestas de González Sánchez et al. [3,4,18]. Dicha propuesta, ofrece un modelo adecuado para la *Jugabilidad* como *caracterización de la experiencia del usuario* en videojuegos, ofreciendo mecanismos tanto para su identificación como para su evaluación durante las distintas fases de desarrollo de videojuegos.

La Jugabilidad se define “*como el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener “de forma satisfactoria y creíble” ya sea solo o en compañía.* Dicho de otro modo, la Jugabilidad representa “*el grado en el cual jugadores específicos alcanzan metas específicas del juego con efectividad, eficiencia, flexibilidad, seguridad y especialmente satisfacción en un contexto jugable de uso*” [3,4,18]. La Jugabilidad viene descrita por una serie de atributos y propiedades que ayudan a caracterizarla. Estos atributos son: *Satisfacción*, agrado o complacencia del jugador ante el videojuego o parte de éste; *Aprendizaje*, facilidad para comprender el sistema y mecánica del videojuego; *Efectividad*, tiempo y recursos necesarios para lograr los objetivos propuestos en el videojuego. *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 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.

Además, este modelo nos ofrece un mecanismo para guiar el proceso de evaluación de la UX en base de las distintas propiedades de la Jugabilidad denominadas *Facetas de la Jugabilidad*, aportándonos información tanto pragmática como hedónica de la experiencia de juego. Estas facetas son las siguientes: *Jugabilidad Intrínseca*, es la proyección de los elementos característicos de un videojuego al jugador (elementos del Game Core); *Jugabilidad Mecánica*, está asociada a la calidad del videojuego como sistema software (Game Engine);

*Jugabilidad Interactiva*, se asocia a todo lo relacionado con la interacción del usuario con el videojuego (Game Interface); *Jugabilidad Artística*: observa la adecuación artística y estética de todos los elementos del videojuego; *Jugabilidad Intrapersonal*, tiene como objetivo conocer la percepción y respuesta emocional del usuario ante el videojuego; *Jugabilidad Interpersonal*, analiza las sensaciones se juega en compañía.

#### 4 Propuesta de Test y Ejemplo de Evaluación Rica en Videojuegos

Nuestra propuesta de Evaluación Rica de la UX tiene como principal objetivo *analizar la UX en base a la Jugabilidad, pero complementando dicha información con el impacto emocional que le produce al jugador los distintos elementos del videojuego y cómo es capaz de reaccionar según sus características socioculturales* (siguiendo las ideas sugeridas en [18]). También, hemos partido de la necesidad de maximizar los resultados respecto al costo de la evaluación para ser usada desde los primeros prototipos asegurando la correcta experiencia a lo largo del desarrollo ágil del videojuego. Evitando errores finales que sea imposibles o muy costosos de solucionar y siendo complementada posteriormente con otras más específicas.

De forma general, los test de usuarios se dividen en tres partes: Pre-Test, Test y Post-Test. La fase de *Pre-Test*: Tiene como objetivo escoger el *perfil del jugador*. Completamos la información, como usuario de videojuegos, con su estado anímico y qué siente y cómo de familiar (culturalmente hablando) le son determinados elementos del juego. Indicando cómo identifica dichas cualidades en ellos (p. ej. qué sentimiento les provoca una melodía musical, o que identifique el contexto por el ropaje o la arquitectura de distintos elementos del escenario). Durante el *Test*, tendrán la total libertad para jugar una determinada sección del videojuego. Serán grabados por dos cámaras con el objetivo de identificar los cambios en la expresión facial y corporal y comentarios, obteniendo información del impacto emocional usando las heurísticas propuestas en [11]. La información de la fugacidad de las emociones se complementa con la medida de la frecuencia cardiaca para detectar a nivel biométrico cómo se representan las emociones percibidas [16]. La fase de *Post-Test* está caracterizada por la realización de un conjunto de cuestionarios sobre los distintos aspectos del juego donde la valoración será realizada usando Emocards [12] y métodos de varios niveles de respuesta [19]. El principal objetivo de estos cuestionarios es obtener información de los aspectos positivos y negativos de las cuestiones que se interrogan tras las tareas encomendadas. Este tipo de preguntas ayudan a responder antes cuestiones hedónicas donde el usuario no se siente seguro para otorgar un valor numérico pero sí para identificar como se ha sentido en relación al aspecto por el que está siendo interrogado. Además usaremos Emocards específicas para que el usuario identifique cómo se ha sentido en determinados momentos del test/videojuego, completando la información mediante entrevistas informales. La información será procesada y analizada junto a los informes de *Pre-Test* y *Test* para obtener información que complemente el análisis realizado sobre la Jugabilidad debida al videojuego [4,19] con el impacto emocional sentido por el jugador por los distintos elementos del videojuego. Ejemplo de las herramientas y el proceso de evaluación rica puede verse resumido en la Fig. 1.

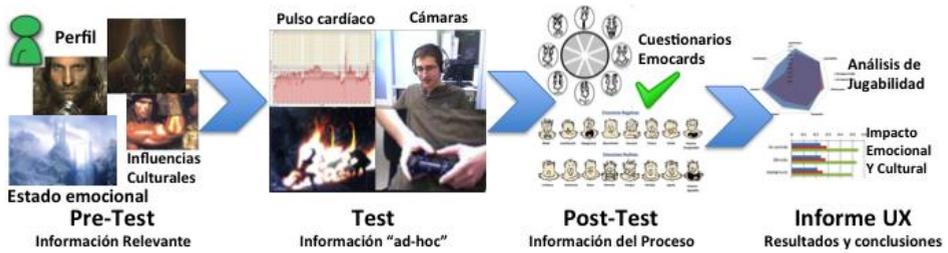


Fig. 1. Proceso de Evaluación Rica de la Experiencia del Jugador en Videojuegos

El videojuego para poner en práctica nuestra propuesta es “*Castlevania: Lords of Shadow*” desarrollado por los españoles *MercurySteam Entertainment* y producido por *Konami Corp.* Juego que disfrutó de numerosos premios y reconocimiento desde la crítica especializada desde su salida a finales del 2010. Nos centraremos en su beta, como prototipo del juego, para el estudio de la Jugabilidad, impacto emocional y cómo se transmite a lo largo del juego, y si estos factores son indicativos para el producto final. Además, se hará uso de material de arte del juego y materiales de la franquicia o saga “*Castlevania*”. Para el desarrollo del test contaremos con un conjunto de 35 usuarios pertenecientes a la Universitat de Lleida comprendidos entre los 18 y 34 años, ( $\approx 75\%$  entre los 19 y 22 años y  $\approx 15\%$  son del sexo femenino). Se destaca que más del 90% de los usuarios tienen más de dos plataformas de juego, donde casi el 80% juega una media de entre 4 a 8 horas semanales. Las preferencias en los géneros de juego destacadas son aventura ( $\approx 60\%$ ) y lucha ( $\approx 30\%$ ) prefiriendo el 87% jugar en compañía de amigos. Se destaca que *culturalmente* pertenecen a una *sociedad de consumo de ocio electrónico* y están familiarizados con ello. El número de usuarios para el test es correcto según [20] con el objetivo de disminuir el costo de la evaluación, maximizar el rendimiento en la evaluación de prototipos.

Los objetivos del **Pre-Test** son conocer a priori la influencia sociocultural que el cine, novelas u otros juegos de la saga pueden provocar en la asimilación de los contenidos del juego, analizar el impacto emocional producido por estos y corroborar también que nos hayamos frente al perfil establecido en líneas anteriores. Para analizar la empatía con el héroe del juego se le presentan distintos protagonistas de temáticas parecidas al del juego. La opción preferida de protagonista para una aventura fantástica es la de Aragorn (“El Señor de los Anillos”, 57%) considerado más *honesto* ( $\approx 77\%$ ) destacando de éste su mirada (43%), y la cara y pelo ( $\approx 15\%$ ). Respecto a las *emociones* producidas por la música del juego, se analizó el impacto de un fragmento de 30s. del mismo. Al  $\approx 83\%$  les inspiraba “batalla” y “acción”, mientras el 17% indicaron “venganza”; el 81% remarcaba que el fragmento les hacía *sentirse* “enérgicos”, mientras el 5% indicaba que sentía “miedo”. Sobre una imagen de uno de los entornos del juego, el  $\approx 74\%$  indicó que se trataba de un paraje europeo por la arquitectura típica (*influencia cultural*), generando un *sentimientos* de “miedo” ( $\approx 47\%$ ) y “curiosidad” (32%). Ante la adecuación del héroe a la ambientación del juego, se realizó una comparación respecto a otros protagonistas de la saga “*Castlevania*”. Más del 85% eligieron al protagonista actual como el más idóneo, destacando sobre todo que las fracciones del rostro (87%) y la ropa (7%) *representan mejor a un guerrero del S. XI* (también pensamos que este *resultado es fruto* de que ha sido analizado en una determinada cultura).

Durante la fase de *Test* los usuarios jugaron abiertamente a la demo. Mientras tanto fue grabada su expresión facial/corporal [11,21] y monitorizado su ritmo cardiaco [16]. El objetivo es detectar reacciones emocionales viscerales que aparecen durante el proceso de juego y correlacionarlas con los datos biométricos del usuario. Para ello haremos uso de las directrices de detección emocional analizando cómo han podido afectar dichas emociones a las estrategias de juego ante los retos propuestos. En la Fig. 2. Podemos apreciar el progreso en el nivel del juego, las emociones detectadas (en %) y cómo se correlaciona con las constantes biométricas (Máx., Min., y Media de las pulsaciones por minuto, ppm).

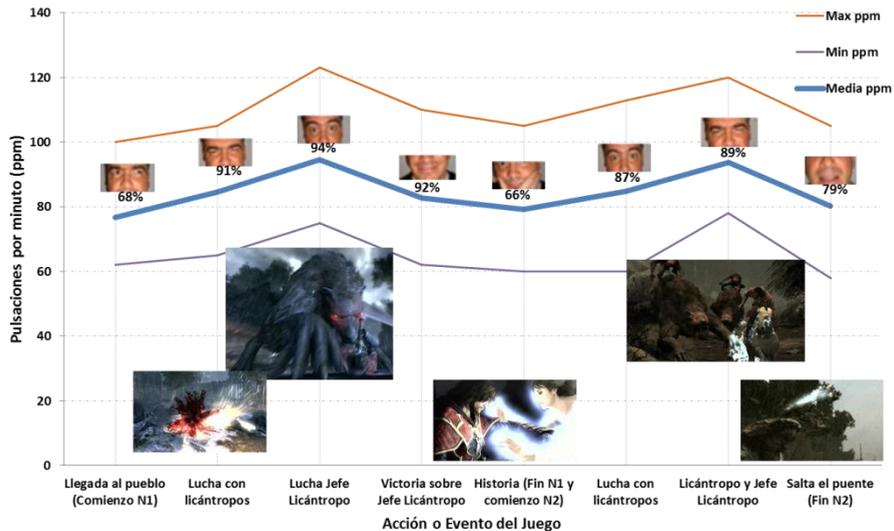


Fig. 2. Emociones detectadas (%) y evolución de las pulsaciones en el proceso de juego.

Al comienzo de la aventura los usuarios están en situación de incertidumbre, desviando la mirada para captar todos los elementos de la pantalla ( $\approx 68\%$ ). Con la aparición de los primeros enemigos, el uso del mando se vuelve intensivo, frunciéndose el ceño ( $\approx 91\%$ ). Uno de los climas de la demo viene dado con la aparición del jefe de nivel, el cual por su tamaño sorprende al jugador, observándose este hecho por el levantamiento de las cejas ( $\approx 94\%$ ). Además, este reto provoca un aumento del nerviosismo reflejado en el incremento a nivel medio de 15 ppm en los jugadores. El estrés puntual se vuelve satisfacción al conseguir la victoria, expresándose como un leve sonreír ( $\approx 92\%$ ). Durante el intervalo entre un nivel y otro se muestra parte de la historia, provocando desconfianza, expresado mayoritariamente en tocarse la mano con la cara ( $\approx 66\%$ ) para dar paso a una nueva oleada de enemigos que sorprenden al jugador ( $\approx 87\%$ ), llegando al segundo clímax del nivel, otro jefe de nivel. De nuevo el estrés por tener tantos enemigos provoca que el jugador se concentre y actué con rapidez. Este momento de estrés se representa mayoritariamente frunciendo el ceño, apretando la mandíbula y ejecutando los movimientos con el control de juego de manera más violenta ( $\approx 89\%$ ). Finalmente, el estrés se transforma en alivio, siendo expresado con un leve jadeo o suspiro ( $\approx 79\%$ ).

Cabe destacar que las situaciones de estrés o agobio al jugador de manera controlada provocan que afloren dos tipos de estrategias, una defensiva adoptada por los 100% de los usuarios femeninos y un 25% de los masculinos, los cuales se sienten intimidados por los enemigos (tamaño y rugidos) y arriesgan menos, teniendo acciones más racionales y comedidas. Por otro lado, el 75% de los usuarios masculinos prefieren un enfrentamiento directo y violento. En ambos casos el grado de inmersión es elevado, factor que se ve indicado por el aumento de pulsaciones por minuto ( $\approx 15$ ppm. en el clímax), la rigidez y fuerza en la mandíbula (provocando el silencio) y por la continua pulsación del control de juego incluso entre escenas cinemáticas que existen, donde el jugador no interactúa, solo visualiza. Se constata que la estrategia depende de un factor cultural como es el género que se establece en el parámetro de masculinidad/feminidad.

Durante el *Post-Test* se ha hecho uso de entrevistas informales y cuestionarios los cuales siguen los criterios de evaluación guiados por facetas para interrogar atributos de la Jugabilidad que pueden encontrarse en [3,4] siguiendo la metodología y herramientas propuestas en [18], así como Emocards [10,12,17] para el análisis del impacto emocional de los distintos elementos del videojuego.

Los resultados de la Jugabilidad son representados por las superficies de la Jugabilidad, obteniéndose los resultados mostrados en Fig. 3 (escala de puntuación de 0 a 10). El análisis de Jugabilidad realizado no muestran que este video juego provoque una experiencia muy equilibrada, pues no existe un atributo o faceta que se desmarque sobre las demás. Cabe destacar que los comentarios centrales de los usuarios se centraban en la gran calidad gráfica y los efectos cinemáticos (*J. Mecánica*) que provocaban ganas de seguir jugando (*Motivación, Satisfacción*). Por otro lado, como se ha demostrado en la Fig. 2, la calidad técnica del juego, unida por un buen cuidado de los efectos artísticos provoca que la *Inmersión* y *Motivación* sean elevadas.

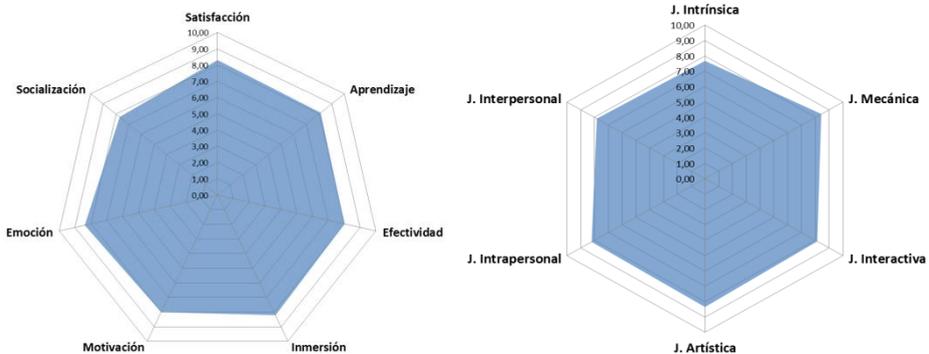


Fig. 3. Análisis UX: Atributos de la Jugabilidad (izda.) y Facetas de la Jugabilidad (dcha.).

Con las Emocards se han analizado factores donde los usuarios pueden tener dificultad para responder con distintos niveles de respuesta, pero que fácilmente pueden identificar su *impacto anímico*, por ejemplo con la música o arte del juego donde existe *dificultad para valorar objetivamente* su calidad artística, pero se puede *identificar como se han sentido* ante ellos y como encajan con el videojuego. Ejemplos de estas preguntas y respuestas pueden verse en la Fig. 4.

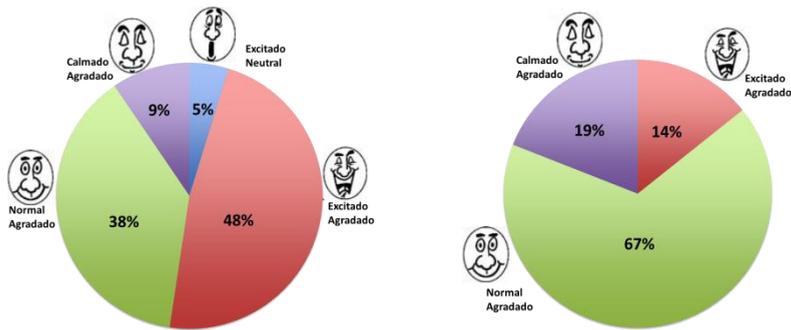


Fig. 4. Impacto Emocional: Ambientación (izda.) y Efectos sonoros/Melodías Musical (dcha.).

Los resultados del *Post-Test* reafirman la buena opinión de los usuarios ante la ambientación y contexto, así como los efectos sonoros y la música en general (alto grado de satisfacción, caracterizándose mayoritariamente por un estado de agrado, que varía entre la excitación y un estado neutral). Estos factores favorecen una mejor ambientación y *emotividad*, destacando la *cercanía y familiaridad a nivel cultural* que suponen para los jugadores los distintos elementos del juego. El protagonista y paisajes del juego son bien valorados y la mayoría destacan que las características propias del medioevo hacen el juego más cercano (transmisión de emociones y contexto histórico) al jugador. Sin embargo, usuarios de origen mexicano indicaron que este tipo de héroe no era confiable por su palidez de rostro (12%) y los parajes les resultaban extraños (12%). La calidad cinemática con los elementos artísticos (los mejores valorados) mejora la efectividad en la asimilación de todas las experiencias que proponen el universo del videojuego, fomentando que el jugador se más integrado en este y fomentando la efectividad del mismo.

A nivel global se puede indicar que los resultados sobre la UX son muy positivos porque la mayoría de los jugadores son pseudo- *expertos* pertenecientes a la *sociedad del ocio y consumo electrónico*, y juegan bastante. Además de consumidores de *cultura multimedia*, lo que ayuda a la mejor asimilación de los distintos elementos artísticos y culturales usados en el juego, mostrándose la importancia de conocer a quién va dirigido un producto (nivel social y cultural) para desarrollarlo correctamente. A la vista de los resultados, destacamos la importancia de este tipo de análisis en otros sistemas interactivos (Ej. sistemas web o móviles) donde la *importancia cultural* o el *impacto emocional* marquen cómo debe ser el diseño (Ej. diseño, navegación, metáforas, etc.) para mejorar la experiencia [5,6,9] o que un mismo producto se “maquille” según las características de la población a la que va destinada [13,22].

## 6 Conclusiones y Trabajos Futuros

A lo largo de este trabajo hemos mostrado cómo la UX de usuario aborda todas las respuestas emocionales y sensaciones existentes en el proceso interactivo. Para ello los *métodos tradicionales de evaluación deben enriquecerse* con el análisis de las

propiedades hedónicas que caracterizan la UX. Especialmente hemos destacado dos factores con peso en la experiencia: la *respuesta emocional* y la *influencia sociocultural*. En el campo de los videojuegos, la UX es un factor clave que explota las características hedónicas del proceso interactivo siendo caracterizado por la Jugabilidad. Para completar los análisis realizados en base a la Jugabilidad usamos técnicas propias del diseño emocional (Emocards, constantes biométricas, heurísticas ricas y análisis sociocultural). De esta manera podemos comprobar si la experiencia es lo más óptima posible además de si los elementos de un videojuego son aptos para un perfil de usuario determinado dadas sus características socioculturales. Como ejemplo de aplicación de la metodología de evaluación se ha realizado un análisis de la UX para la demo del videojuego “*Castelvania: Lords of Shadow*”.

De los resultados obtenidos hemos observado que la *evaluación rica* de la experiencia de usuario es válida no sólo para videojuegos, si no para cualquier sistema interactivo donde cada vez es más importante *conocer el impacto emocional y cultural de los productos desarrollados para mejorar la aceptación de nuestros productos por partes de los usuarios y mejorar el éxito de estos en un mercado cada vez más saturado y competitivo*. Además este análisis debe hacerse desde la etapa más temprana del desarrollo, *intentando disminuir los costos de la evaluación*, para evitar errores difíciles de solventar a nivel de UX. Por otro lado, estas técnicas *facilitan la evaluación* por parte del usuario, donde la imprecisión/inseguridad para ofrecer una valoración numérica o verbal (*falta de seguridad o criterio objetivo*), por ejemplo a nivel de calidad musical, calidad estética) se ve *completada por la asimilación de un estado anímico* que representa el proceso interactivo a la hora de realizar una tarea (Ej. cómo hace sentir los efectos sonoros del producto, o los colores de la interfaz gráfica). Como resultado indirecto se ha observado que según *el género* se puede jugar siguiendo unos *patrones/estrategias distintas*, por lo que puede ser interesante iniciar un proceso de experimentación para comprobar si la experiencia en determinados juegos puede estar ligada al género del jugador además de otros *factores sociales y culturales*, como se ha comprobado en otros sistemas interactivos (como puede ser la navegación web), es decir, se constata que existe una dependencia de factores socio-culturales que influye en el proceso interactivo (en este caso jugar).

Dentro de los trabajos futuros abordamos la tarea de la aplicación de las evaluaciones ricas en sistemas webs, para detectar patrones de diseño que fomenten determinadas emociones a partir de parámetros socio-culturales como son la posición social, la pertenencia a otras culturas y los modelos mentales de los usuarios. Además de completar el proceso con técnicas de captación automática de emociones a través de reconocimiento facial [21] y biométrico [16]. No sólo para el uso de prototipos dentro de un desarrollo ágil, si no para una evaluación más profunda en las fases finales del desarrollo del producto. Parte de estos resultados se están aplicando en el desarrollo de videojuegos educativos con el objetivo de mejorar la experiencia y el desarrollo emocional de los alumnos de estos sistemas mejorando la efectividad del proceso de enseñanza/aprendizaje guiado por videojuegos.

**Agradecimientos.** Este trabajo está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través de los proyectos de investigación DESACO (TIN2008-06596-C02) y OMediaDis (TIN2008-06228). Gracias a MercurySteam Entertainment por su apoyo y atención en la realización de este trabajo.

## Referencias

1. ISO/IEC 9241-210, 2010. Ergonomics of Human–System Interaction – Part 210: Human centred Design for Interactive Systems. Clause 2.15.
2. Law, E. et al. Understanding, Scoping and Defining User Experience: A Survey Approach. Proc. Human Factors in Computing Systems (CHI'09). pp.719-728. (2009)
3. González Sánchez, J. L.; Padilla Zea, N.; Gutiérrez, F. L. From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. Proc. Human-Computer Interaction International (HCII'09). pp 65–74. (2009).
4. González Sánchez, J.L.; Padilla Zea, N.; Gutiérrez, F.L. Playability: How to Identify the Player Experience in a Video Game. Proc. 12th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'09). pp. 356-359 (2009)
5. Hassenzahl, M. The thing and I: understanding the relationship between user and product. In M.Blythe, C. Overbeeke, A. F. Monk, & P. C. Wright (Eds.), *Funology: From Usability to Enjoyment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 31-42. (2003)
6. Cockton, G. Putting Value into E-valuation. In Law, Effie Lai-Chong (Eds.) *Maturing Usability: Quality in Software, Interaction and Value*. Springer Verlag (2008).
7. ISO/IEC 25010. Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). Software product quality and system quality in use models (2011)
8. Vermeeren, A. et al. User Experience Evaluation Methods: Current State and Development Needs. Proceedings of NordCHI 2010. pp. 521-530. (2010)
9. Brave, S.; Nass, C. Emotion in human-computer interaction. In J. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates. (2002)
10. Mehrabian, A., & Russell, J.A. *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA: M.I.T. Press. (1974)
11. De Lera, E. & Garreta-Domingo, M. Ten Emotion Heuristics: Guidelines for Assessing the User's Affective Dimension Easily and Cost-Effectively. Proc. 21<sup>st</sup> BCS HCI Group Conference (HCI'07). pp 163-166. (2007)
12. Desmet, P.M.A et al. Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design. *The Design Journal*, 4(1), pp. 32-47. (2001)
13. Hofstede, G. *Cultures and organizations: software of the mind*. NY: McGraw-Hill. (2005)
14. LLC. *The Cultural Iceberg*, <http://www.languageandculture.com/cultural-iceberg> (2009)
15. Bernhaupt, R (Ed). *Evaluating User Experience in Games: Concepts and Methods*. Springer. (2010)
16. Nacke, L et al. Playability and Player Experience Research. *DiGRA 2009: Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*.
17. Isbister, K., Schaffer, N (Eds). *Game Usability: Advancing the Player Experience*. Morgan Kaufmann. (2008).
18. González Sánchez, J. L.; *Jugabilidad y Videojuegos. Análisis y Diseño de la Experiencia del Jugador en Sistemas Interactivos de Ocio Electrónico*. Ed. Académica Española, Lambert Academic Publishing GmbH & Co KG. (2011).
19. Rensis Likert, A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, Vol. 140, No. 55. (1932).
20. Sekaran, U. *Research methods for business*. New York: John Wiley & Sons, Inc. (2000)
21. Hupont I., Cerezo E., Baldassarri S. Sensing Facial Emotions in a Continuous 2D Affective Space".(SMC'10). IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. pp. 2045-2051. (2010).
22. Chen, M. et al. Creating cross-cultural appeal in digital games: Issues in localization and user testing. Presentation in 52nd Conference Society for Technical Communication (STC'05). (2005)

# Concreción de la Experiencia de Usuario mediante Atributos de Calidad

Llúcia Masip, Marta Oliva, Toni Granollers

Dept. de Informàtica e Ingenieria Industrial,  
Universitat de Lleida  
25001, Lleida  
{lluciamaar, oliva, tonig}@diei.udl.cat

**Abstract.** La experiencia de usuario es un concepto que incluye distintas facetas las cuales todavía no están consensuadas. Por otra parte la norma ISO/IEC 25010:2011 (SQuaRE) presenta un modelo de calidad estructurado mediante una jerarquía de categorías, subcategorías y atributos de calidad a tener en cuenta para obtener sistemas y software de calidad. El objetivo principal de este artículo es concretar la experiencia de usuario en base a las facetas que implícitamente se consideran en dicho estándar, de acuerdo con todos los atributos de calidad que en él se presentan. Para ello es necesario enmarcar el concepto de la experiencia de usuario en nuestro ámbito de trabajo, cuyo objetivo global es semi automatizar el diseño y evaluación de la experiencia de usuario mediante una metodología basada en heurísticas.

**Keywords:** experiencia de usuario, facetas, ISO, calidad de software.

## 1 Introducción

Recientemente, el término Experiencia de Usuario, *User eXperience* en inglés (UX), resulta ampliamente utilizado dentro del ámbito de la Interacción Persona-Ordenador (IPO), desplazando en muchos casos el hasta ahora utilizado: Usabilidad.

Actualmente, el estándar que define la calidad de un sistema o producto software es la norma SQuaRE (Systems and Software Quality Requirements and Evaluation) [1], que constituye la segunda generación de normas de calidad, en sustitución de la norma ISO 9126 [2], siendo la norma ISO/IEC 25010:2011 la que presenta el modelo de calidad. En dicha norma, el concepto habitualmente conocido mediante el término *Usabilidad* constituye una de las categorías del estándar e incluye atributos más específicos. Aun así, esta nueva versión del estándar todavía no considera explícitamente otras características o facetas ampliamente utilizadas en la actualidad por la comunidad científica para evaluar la UX de un sistema interactivo. A la vez, en el ámbito profesional de la IPO no se dispone de un consenso claro en cuanto a una definición estándar para la UX, ni existe consenso a la hora de qué atributos considerar para analizar la UX que los usuarios perciben en el uso de un sistema interactivo concreto.

Por ello, el propósito de este trabajo es concretar la UX en base a las facetas que implícitamente se consideran en la norma ISO/IEC 25010:2011 de acuerdo con todos los atributos que en ella se presentan. Para conseguir nuestro propósito es necesario concretar la definición de UX y las facetas que se pueda suponer que la conforman.

A la vez, este propósito forma parte de otro objetivo más general y ambicioso, mediante el cual se pretende conseguir semiautomatizar parte de la realización de un análisis de la UX basado en heurísticas, de forma que la automatización dé soporte a la elección de las heurísticas más apropiadas para cada análisis concreto y también a la obtención de resultados [3]. Mediante el estudio realizado en este artículo, el conjunto de heurísticas a utilizar quedará determinado por el conjunto de atributos de calidad exigibles a un sistema interactivo con unos objetivos concretos (en base a la clasificación de componentes del sistema [4]), al quedar identificadas implícitamente las facetas a atender.

Así pues, en la siguiente sección se discuten distintos aspectos relacionados con la UX así como su definición. En la sección 3 se muestra el análisis realizado para identificar los atributos de calidad recopilados en la ISO/IEC 25010:2011, que de forma implícita se refieren a las distintas facetas en las que puedan basarse las recomendaciones para el diseño de la UX y, también, para la evaluación de la UX en el uso de un sistema interactivo concreto. Se discuten los resultados del análisis en la sección 4 y en la última sección se muestran las conclusiones y trabajo futuro en esta línea de investigación.

## 2 La Experiencia de Usuario

Como ya se ha indicado anteriormente, no existe un consenso en cuanto a la definición de la UX ni del uso de los distintos términos relacionados con ella. Los apartados que siguen contienen los términos elegidos, de entre los más comúnmente utilizados, como más apropiados y las facetas; así como una definición de UX general, que permiten sentar las bases del trabajo a realizar.

### 2.1 Términos implicados en la definición de experiencia de usuario

Propiedades, facetas, dimensiones, características, subcaracterísticas, categorías, atributos, son términos frecuentemente utilizados dentro del ámbito de la UX y de la disciplina de la IPO. Pero, ¿cuáles son los más adecuados para denominar los conceptos a los que se refieren?

El objetivo de esta sección es determinar el significado específico de cada uno de estos términos para denominar con exactitud cada una de las propiedades, facetas, atributos,... que se engloban dentro de la UX.

Según el diccionario de la Real Academia Española la definición de los términos es la siguiente:

**Propiedad:** Atributo o calidad esencial de alguien o algo.

**Faceta:** Cada uno de los aspectos que en un asunto se pueden considerar.

**Dimensión:** Aspecto o faceta de algo.

**Característica:** Dicho de una cualidad: Que da carácter o sirve para distinguir a alguien o algo de sus semejantes.

**Categoría:** Uno de los diferentes elementos de clasificación que suelen emplearse en las ciencias.

**Atributo:** Cada una de las cualidades o propiedades de un ser.

Y para contrastarlo, se presentan las definiciones obtenidas del diccionario de Oxford (<http://oxforddictionaries.com/>):

**Property:** an attribute, quality, or characteristic of something.

**Facet:** a particular aspect or feature of something.

**Dimension:** a measurable extent of a particular kind, such as length, breadth, depth, or height.

**Feature:** a distinctive attribute or aspect of something.

**Category:** a class or division of people or things regarded as having particular shared characteristics.

**Attribute:** a quality or feature regarded as a characteristic or inherent part of someone or something.

Como se puede observar, aparecen términos que se pueden considerar sinónimos y términos que dependiendo de la definición que se elija presentan distintos matices.

Los términos propiedad, característica y atributo se pueden considerar sinónimos en cualquier caso. Referente al concepto de dimensión, dependiendo del idioma aparecen matices que determinan aspectos distintos. En la definición en español, el término dimensión es sinónimo de faceta por lo que se podrían utilizar indistintamente, pero en la definición inglesa “dimensión” coge el matiz de measurable con lo cual su definición se puede diferenciar del concepto de “faceta”.

En nuestro ámbito de trabajo utilizaremos el término *faceta* para determinar todos los componentes de la UX, *atributo* para todas las características, subcaracterísticas y atributos contemplados en el estándar ISO, teniendo en cuenta que en cualquier caso los tres conceptos pueden considerarse como sinónimos. Y utilizaremos el concepto de *dimensión* para todos los atributos de calidad medibles presentados en el estándar ISO 2502n referentes a la medida de la calidad de un producto.

## 2.2 Facetas de la UX

Las facetas que se consideran en la UX, y que se utilizan para el diseño o evaluación de un sistema interactivo, todavía no están consensuadas ni por la comunidad científica ni por ningún organismo de estandarización. Uno de los autores referentes en este ámbito es Peter Morville [5], quien definió la colmena de la UX en la que se incluyen: usable, útil, deseable, valioso, creíble, encontrable y accesible como atributos a considerar para obtener una UX positiva. Otros autores destacados como Hassenzahl y Tractinsky [6] proponen, de acuerdo a una revisión de la literatura, tres facetas para la UX: más allá de lo instrumental, experimental y emociones y afectos. Entre los referentes nacionales destacan Hassan Montero y Ortega Santamaría, quienes señalan que los componentes más importantes de la UX son usuario, contexto y contenido [7].

Adicionalmente, otros autores han ido definiendo otros conceptos que pueden conformar la UX: accesibilidad [8], emotividad [9], comunicabilidad [10], multiculturalidad [11], plasticidad [12], jugabilidad [13] y dependabilidad [14], entre otros.

Así pues, dependiendo del autor y de las necesidades específicas para cada diseño o evaluación, se utilizan unas u otras facetas que se adecuan mejor a cada sistema interactivo concreto. En ocasiones, estas facetas son utilizadas sin considerar qué atributos, de los presentados en el estándar ISO, se refieren a cada una de ellas.

El objetivo de esta sección no es escoger un conjunto de facetas concreto, sino disponer del conjunto de facetas más amplio posible que permita realizar el análisis objeto de este trabajo.

### 2.3. Definición de la UX

Existen distintas definiciones de la UX utilizadas por los profesionales en el área, siendo una de las más destacadas la definición de UX presentada en el estándar ISO DIS 9241-210:2008 [15]: *“A person's perceptions and responses that result from the use and/or anticipated use of a product, system or service.”*

También reciben una fuerte atención las siguientes cinco definiciones, recopiladas a su vez por E. L Law et al. en [16]:

*“Encompasses all aspects of the end-user's interaction with the company, its services, and its products. The first requirement for an exemplary user experience is to meet the exact needs of the customer, without fuss or bother. Next comes simplicity and elegance that produce products that are a joy to own, a joy to use. True user experience goes far beyond giving customers what they say they want, or providing checklist features. In order to achieve high-quality user experience in a company's offerings there must be a seamless merging of the services of multiple disciplines, including engineering, marketing, graphical and industrial design, and interface design.”* [17]

*“A consequence of a user's internal state (predispositions, expectations, needs, motivation, mood, etc.), the characteristics of the designed system (e.g. complexity, purpose, usability, functionality, etc.) and the context (or the environment) within which the interaction occurs (e.g. organisational/social setting, meaningfulness of the activity, voluntariness of use, etc.)”* [6]

*“The entire set of affects that is elicited by the interaction between a user and a product including the degree to which all our senses are gratified (aesthetic experience) the meanings we attach to the product (experience of meaning) and the feelings and emotions that are elicited (emotional experience).”* [18]

*“The value derived from interaction(s) [or anticipated interaction(s)] with a product or service and the supporting cast in the context of use (e.g. time, location, and user disposition).”* [19]

*“The quality of experience a person has when interacting with a specific design. This can range from a specific artefact such as a cup toy or website up to larger integrated experiences such as a museum or an airport.”* [20]

A pesar de que las definiciones presentadas son absolutamente válidas en contextos de uso específicos, en general no abarcan todos los aspectos que se deberían considerar para evaluar la UX que se obtiene al interactuar con un sistema interactivo.

En algunas de las definiciones, como en [15] y [20], la parte del contexto de la interacción no se explicita suficientemente. En [17] se centran en cuestiones de interacción con una empresa. En otras definiciones no se ven consideradas claramente algunas de las facetas, como la accesibilidad en [6], ya que solo detalla el estado interno del usuario y no el externo o físico, u otras facetas como multiculturalidad o adaptabilidad en [18] y [19].

De acuerdo con todas las consideraciones realizadas en las definiciones de la UX, se propone la siguiente definición más general de forma que cubra todos los aspectos requeridos:

*“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.”*

### 3 La Experiencia de Usuario y el estándar ISO

En secciones anteriores ya se ha comentado la falta de un consenso en cuanto a cuáles son las facetas que se deben considerar cuando se quiere analizar la UX de un sistema interactivo concreto. El objetivo de esta sección es definir un conjunto de facetas para la UX teniendo en cuenta los atributos de calidad considerados en la ISO/IEC 25010:2011. Para ello, se parte del conjunto de facetas recopiladas en la sección 2.2. Cabe destacar que las facetas propuestas por Hassenzahl y Tractinsky [6] y las propuestas por Hassan Montero y Ortega Santamaría [7] ya se encuentran implícitas en las otras facetas consideradas.

Así pues, teniendo en cuenta tanto las definiciones de las facetas de la UX como de los atributos considerados en el estándar ISO, en la tabla 1 se explicitan las facetas que implícitamente son consideradas en el estándar ISO teniendo en cuenta los atributos de calidad que en él se contemplan.

**Tabla 1.** Facetas de la UX implícitamente consideradas por cada atributo de la ISO.

ISO/IEC 25010 : 2011	Facetas de la UX
<b>4.2 Product quality</b>	
<b>4.2.1 Functional suitability</b>	
4.2.1.1 Functional completeness	Útil
4.2.1.2 Functional correctness	Accesibilidad, jugabilidad
4.2.1.3 Functional appropriateness	Accesibilidad, jugabilidad
<b>4.2.2 Performance efficiency</b>	
4.2.2.1 Time behavior	Usabilidad
4.2.2.2 Resource utilization	Dependabilidad y accesibilidad
4.2.2.3 Capacity	Dependabilidad
<b>4.2.3 Compatibility</b>	
4.2.3.1 Co-existence	Plasticidad

ISO/IEC 25010 : 2011	Facetas de la UX
4.2.3.1 Interoperability	Accesibilidad y Plasticidad
<b>4.2.4 Usability</b>	
4.2.4.1 Appropriateness recognizability	Usabilidad, encontrable
4.2.4.2 Learnability	Usabilidad, jugabilidad
4.2.4.3 Operability	Usabilidad
4.2.4.4 User error protection	Usabilidad, jugabilidad
4.2.4.5 User interface aesthetics	Usabilidad, jugabilidad
4.2.4.6 Accessibility	Accesibilidad
<b>4.2.5 Reliability</b>	
4.2.5.1 Maturity	Dependabilidad
4.2.5.2 Availability	Dependabilidad y accesibilidad
4.2.5.3 Fault tolerance	Dependabilidad
4.2.5.4 Recoverability	Dependabilidad
<b>4.2.6 Security</b>	
4.2.6.1 Confidentiality	Dependabilidad
4.2.6.2 Integrity	Dependabilidad
4.2.6.3 Non-repudiation	Dependabilidad
4.2.6.4 Accountability	Dependabilidad
4.2.6.5 Authenticity	Dependabilidad
<b>4.2.7 Maintainability</b>	
4.2.7.1 Modularity	Dependabilidad
4.2.7.2 Reusability	Dependabilidad
4.2.7.3 Analysability	Dependabilidad
4.2.7.4 Modifiability	Dependabilidad y Accesibilidad
4.2.7.5 Testability	Dependabilidad
<b>4.2.8 Portability</b>	
4.2.8.1 Adaptability	Accesibilidad y Plasticidad
4.2.8.2 Installability	Plasticidad
4.2.8.3 Replaceability	Plasticidad
<b>4.1 Quality in use</b>	
<b>4.1.1 Effectiveness</b>	Usabilidad, jugabilidad, útil
<b>4.1.2 Efficiency</b>	Usabilidad, jugabilidad
<b>4.1.3 Satisfaction</b>	
4.1.3.1 Usefulness	Útil
4.1.3.2 Trust	Emotividad, jugabilidad y deseable
4.1.3.3 Pleasure	Emotividad, jugabilidad y deseable
4.1.3.4 Comfort	Emotividad, jugabilidad y deseable
<b>4.1.4 Freedom for risk</b>	
4.1.4.1 Economic risk mitigation (Reducir el riesgo económico)	Dependabilidad
4.1.4.2 Health and safety risk mitigation	Dependabilidad
4.1.4.3 Environmental risk mitigation	Dependabilidad
<b>4.1.5 Context coverage</b>	
4.1.5.1 Context completeness	Usabilidad
4.1.5.2 Flexibility	Usabilidad y accesibilidad

Aun y conociendo que las facetas de la UX conforman un grupo abierto, de acuerdo con los resultados del análisis realizado se puede decir que el estándar ISO/IEC 25010:2011 considera de forma general las siguientes facetas de la UX:

accesibilidad [8], dependabilidad [14], deseable [5], emotividad [9], encontrable [5], jugabilidad [13], plasticidad [12], usabilidad [21], y útil [5]. Así pues, este conjunto de facetas conforma el conjunto mínimo a considerar para diseñar o evaluar un sistema interactivo teniendo en cuenta las dimensiones propuestas por el estándar ISO.

En la siguiente sección se detallan otros aspectos relacionados con los resultados de este análisis.

## 4 Discusión de los resultados

El primer aspecto que se quiere destacar es que hay atributos que consideran más de una faceta. Con ello, se valida el hecho de que no hay aislamiento entre facetas sino que en un mismo sistema interactivo es conveniente que se considere más de una faceta para conseguir un diseño que produzca una UX positiva.

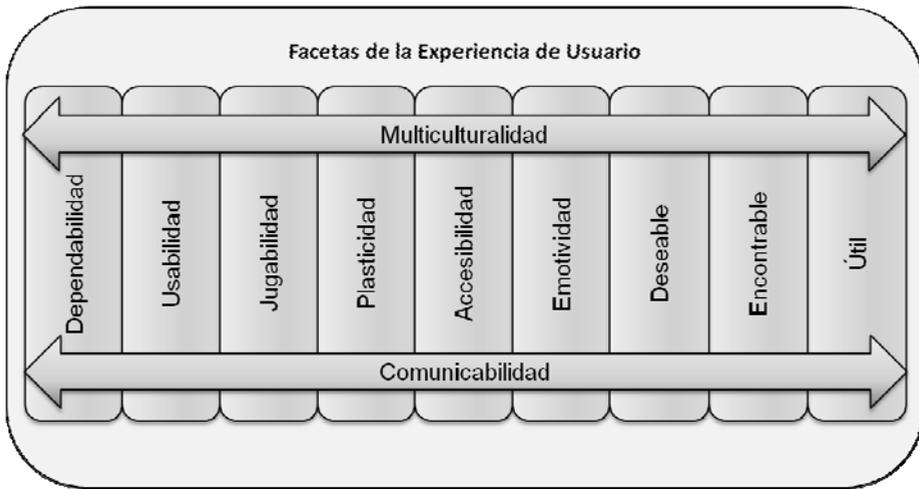
Cabe resaltar que todos los atributos del estándar ISO son considerados por alguna de las facetas de la UX. A pesar de no localizar en la literatura referencias que prueben esta concordancia entre definición de faceta y estándar ISO, ha aparecido una relación directa entre ambos campos.

Por el contrario, no todas las facetas de la UX que se han tenido en cuenta para el análisis han sido determinadas implícitamente por alguno de los atributos de la ISO. Este es el caso de las facetas de creíble y valioso de Peter Morville.

A la vista de los resultados del análisis y como expertos en UX, creemos absolutamente necesario considerar dos facetas más a las ya citadas y que pueden trabajar de forma transversal con todas las demás. Estas dos facetas son la comunicabilidad [10] y la multiculturalidad [11]. Aunque el estándar ISO no detalle explícitamente atributos acerca de estas dos facetas, es preciso considerarlas en cualquier parte del proceso de diseño o evaluación de un sistema interactivo. Y también se deben tener en cuenta cuando se apliquen todas las demás facetas. Con todo se consigue que la interfaz del sistema provoque una experiencia positiva a cualquier usuario que lo esté utilizando.

Así pues, de acuerdo con la forma de aplicar estas facetas a un proceso de diseño o evaluación de un sistema interactivo, se diferencian dos tipos de facetas: las facetas paralelas y las transversales. Se entiende como facetas paralelas aquellas que pueden aplicarse de forma individual a un sistema interactivo. Se consideran como facetas paralelas la dependabilidad, usabilidad, jugabilidad, plasticidad, accesibilidad, emotividad, deseable, encontrable y útil.

Y por otra parte, las facetas transversales son aquellas que deben ser aplicadas cuando se aplique cualquier otro aspecto de cualquier otra faceta. Se entiende como facetas transversales la comunicabilidad y multiculturalidad.



**Fig. 1.** Facetas de la experiencia de usuario

Otra característica a destacar de los resultados del análisis es la cantidad de atributos que se han clasificado en cada faceta. En la tabla 2 se puede ver que la faceta que concentra más atributos del estándar ISO es la dependabilidad, seguida de la usabilidad, siendo este segundo puesto una sorpresa ya que, como es bien sabido, la usabilidad es la faceta más popularmente considerada para el diseño o evaluación de un sistema interactivo. Creemos que la usabilidad está en segunda posición porque, en ocasiones, dentro de la usabilidad también se incluyen características de otras facetas.

Entonces, si solo se incluye en la faceta de usabilidad aquellos aspectos que son única y exclusivamente de usabilidad, el número de atributos clasificados en esta faceta disminuye, haciendo aumentar el número de atributos considerados en otras facetas como en la dependabilidad.

**Tabla 2.** Cantidad de atributos de la ISO considerados en cada faceta de la UX

Faceta de la UX	Nº de atributos
Dependabilidad	19
Usabilidad	10
Jugabilidad	10
Accesibilidad	9
Platicidad	5
Emotividad	3
Deseable	3
Útil	3
Encontrable	1

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo se ha contextualizado la UX dentro de nuestro marco de trabajo que tiene como objetivo general semiautomatizar parte de la realización de una evaluación de la UX basada en heurísticas.

También se ha mostrado la relación que existe entre el estándar ISO/IEC 25010:2011 y algunas de las facetas que se consideran en la UX. Con este análisis se han detectado las facetas que la ISO atiende y en las que realiza más énfasis en cuanto a la cantidad de atributos que se pueden clasificar en una misma faceta.

Con todo, vemos que el concepto de UX es un término abierto que engloba múltiples facetas las cuales todavía no están consensuadas. Aun así, se puede decir que estas facetas han estado considerando, ya sea de forma voluntaria o involuntaria, los atributos que se presentan en el estándar ISO/IEC 25010:2011.

Como trabajo futuro se resalta la recopilación de las heurísticas existentes para evaluar o diseñar cualquier sistema interactivo considerando las facetas que se incluyen en la ISO o, si es preciso, crear de nuevas para cubrir todas las características a evaluar en cualquier tipo de sistema interactivo. Con esta asociación de heurísticas y facetas que se incluyen en el estándar se conseguirá que sea posible que uno de los objetivos de la evaluación heurística sea cumplir con este estándar. Por lo tanto, se obtendrá automáticamente, para un sistema interactivo concreto, todas las heurísticas referentes a los atributos de la ISO y que implican unas facetas determinadas.

Además, la evolución constante de los estándares y la creación de nuevas versiones hacen que esta contribución deba ir adaptándose a las futuras versiones de los estándares.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado por el proyecto “Plataforma Abierta para la Gestión de la Distribución Multicanal de Contenidos”, TIN2008-06228/TSI del Ministerio de Ciencia e Innovación (España) y por la financiación de la Universitat de Lleida de una beca predoctoral concedida a Llúcia Masip.

## Referencias

1. ISO, International Software Quality Standard, ISO/IEC 25010. Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) System and software quality models (2011)
2. ISO, International Standard ISO/IEC 9126: Software Engineering - Product Quality.
3. Masip, L.; OPEN-HEREDEUX: OPEN HEuristic REsource for Designing and Evaluating User eXperience. Doctoral Consortium communication accepted at Interact 2011.
4. Masip, L., Oliva, M., Granollers, T. Classification of interactive systems components enables planning heuristic evaluation easier. HCI International 2011. Accepted paper.
5. Morville, P. Experience design unplugged. In *ACM SIGGRAPH 2005 Web program (SIGGRAPH '05)*, Nishant Kothary (Ed.). ACM, New York, USA, Article 10. (2005)
6. Hassenzahl, M., Tractinsky, N. User Experience - a research agenda [Editorial]. *Behavior & Information Technology*, 25(2), pp 91-97. (2006)

7. Hassan-Montero, Y., Ortega-Santamaría, S. Informe APEI sobre usabilidad. APEI, Asociación Profesional de Especialistas en Información. (2009)
8. W3C (2008). Web Content Accessibility Guidelines 2.0. W3C Candidate Recommendation April 2008.[<http://www.w3.org/TR/WCAG20/>]
9. Leitner, G., Hitz, M., Melcher, R. The Role of Usability in the Design and Evaluation of Dynamic Traffic Displays. In Proceedings of the 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society on HCI and Usability for Education and Work (USAB '08), Andreas Holzinger (Ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 205-220 (2008).
10. Prates, R., de Souza, C., Simone D. J. Methods and tools: a method for evaluating the communicability of user interfaces. *interactions* 7, 1 (January 2000), 31-38. (2000)
11. Jiang, O. De Bruijn, O.; A. De Angeli. "The Perception of Cultural Differences" in Online Selfpresentation. T. Gross et al. (Eds.): INTERACT 2009, Part I, LNCS 5726, pp. 672–685, (2009).
12. Thevenin, D., Coutaz, J., Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda. Proceed. of INTERACT'99. Conference on Human-Computer Interaction, Vol. 1, pp. 110-117. (1999)
13. González, J.L.; Padilla, N. and Gutiérrez F. From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. In *Proceedings of the 1st International Conference on Human Centered Design: Held as Part of HCI International 2009* (HCD 09), Masaaki Kurosu (Ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 65-74. (2009)
14. Avizienis, A., Laprie, J.C., Randell, B., Landwehr, C. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing. *IEEE Trans. Dependable Secur. Comput.* 1, 1 (January 2004), pp 11-33. (2004)
15. ISO DIS 9241-210:2008. Ergonomics of human system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems (formerly known as 13407). International Standardization Organization (ISO). Switzerland.
16. Lai-Chong, E., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A., Kort, J. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems* (CHI '09). ACM, New York, NY, USA, pp 719-728. (2009)
17. <http://www.nngroup.com/about/userexperience.html> (última visita 4 marzo 2011)
18. Desmet, P. M. A.. & Hekkert, P.. Framework of product experience. *International Journal of Design*. 1(1), pp 57-66. (2007)
19. Sward D., & MacArthur, G.. Making user experience a business strategy. In E. Law et al. (eds.), *Proceedings of the Workshop on Towards a UX Manifesto*, 3 Sept. 2007, Lancaster, UK (pp 35-40). (2007)
20. <http://www.uxnet.org/> (última visita 4 marzo 2011)
21. ISO. International Standard. ISO 13407. Human-centered design, processes for interactive systems (1991).

# La técnica del Eye tracking para analizar la usabilidad de un portal web de administración online

Afra Pascual, Toni Granollers

Departamento de Informática e Ingeniería Industrial. Universidad de Lleida  
{apascual, tonig}@diei.udl.cat

**Abstract.** Se presentan los resultados de una evaluación de usabilidad del nuevo portal web del ayuntamiento de Lleida (La Paeria) realizado mediante la técnica del Eye tracking. El test se diseñó con un conjunto de 16 consultas/tareas divididas en 3 tipos de tareas: 6 tareas informativas, 4 tareas de dar de alta a un servicio determinado y 6 tareas de ejecución de un trámite on-line. Un total de 12 usuarios divididos en 3 perfiles distintos (noveles, medios y expertos) participaron en el test. Los datos se analizaron bajo los parámetros de eficiencia, eficacia y satisfacción y el informe final se organizó siguiendo el estándar “Common Industry Format for usability test reports” (CIF) e incorporando también los datos obtenidos con el equipamiento Eye tracker (imágenes de los mapas de calor, glanceplots y clusters, así como una síntesis de los videos recogidos en el test). Los resultados evidencian que las tareas de búsqueda de información son las más sencillas y rápidas de ejecutar por cualquier perfil de usuario y obtienen un índice mayor de satisfacción, respecto a las tareas de alta de servicios y tramites on-line que también se ejecutan desde la web del ayuntamiento de La Paeria.

**Keywords:** Informe de evaluación, Eye tracking, Comportamiento de los usuarios, evaluación de usabilidad, experiencia de usuario.

## 1 Introducción

En la actualidad muchos portales web de las administraciones públicas ofrecen una gran cantidad de información dirigida a la ciudadanía pero muchos ciudadanos se encuentran con dificultades en el uso de dichos servicios y frecuentemente prefieren realizar la consulta o trámites directamente desde la sede de la administración. El presente trabajo muestra los resultados de analizar la usabilidad [1], entendiéndose como la eficacia, eficiencia y satisfacción del uso del sitio Web de La Paeria recientemente rediseñado utilizando la técnica del Eye tracking.

La técnica del Eye tracking (ET) -seguimiento de los ojos- es una técnica que permite tener constancia de qué parte de la interfaz ha estado mirando el usuario en cada momento y el tiempo o número de elementos analizados antes de elegir el adecuado. Además se recoge muchos datos en la ejecución de los test, ello permite analizar videos, imágenes de mapas de calor y representaciones estáticas del camino visual (glanceplot) que recorre un usuario o un perfil de usuarios sobre una misma página o una misma tarea. El estándar “Common Industry Format for usability test

reports” [2] (comúnmente conocido como estándar o informe CIF) ofrece un guión detallado de como exponer los resultados de un análisis de usabilidad que en el caso se ha utilizado y adaptado para añadir los resultados obtenidos del equipamiento Eye tracker.

En el apartado 2 se muestra el diseño del experimento y en el apartado 3 se muestran los resultados y conclusiones obtenidas en el estudio.

## 2. Diseño experimental

Un total de 12 participantes realizaron el test de usabilidad con la técnica del ET del sitio web de La Paeria. Se agruparon según su experiencia: noveles (baja experiencia en el uso de la web), medios (alta experiencia en el uso de la web y sin experiencia en la realización de trámites on-line) y expertos (alta experiencia en el uso de la web y experiencia previa en la ejecución de tramites on-line de La Paeria). Los estudios de usabilidad con la técnica del ET recomiendan entre 20 y 30 usuarios [5,6], sin embargo el proyecto estaba acotado en su presupuesto y tiempo, y consideramos que los resultados obtenidos reflejan la ejecución real de las tareas.

Las pruebas de usuario se llevaron a cabo con el equipamiento Eye tracker Tobii T60 y se ejecutaron en dos ámbitos distintos: en telecentros de la ciudad de Lleida [3] y en el laboratorio de usabilidad (UsabiliLAB) que dispone el grupo de investigación Griho en la Universidad de Lleida [4]. Se registró un video de la interfaz que muestra los elementos que observa (mira) el participante y los elementos sobre los que interactúa. Se les pidió a los participantes que pensaran en voz alta (método de thinking aloud [7]) mientras ejecutaban la prueba y se registró el comportamiento del usuario con la Webcam que dispone el propio Eye tracker y un micrófono para obtener sus comentarios con una mejor calidad.

La evaluación de usabilidad se focalizó en analizar tres aspectos principales del sitio web de La Paeria: 1) Consulta de información, incluyendo distintos idiomas, y búsqueda de información; 2) Alta en los diversos servicios y 3) Realización de trámites electrónicos. Se diseñó una batería de 16 consultas/tareas divididas en 3 tipos de tareas: 6 tareas informativas, 4 tareas de dar de alta a un servicio determinado y 6 tareas de ejecución de un trámite on-line. Las tareas se distribuyeron en 3 conjuntos de 6 tareas que ejecutaron los 3 distintos perfiles de usuario. Las tareas se repartieron uniformemente (Tabla 1) para que todos los usuarios ejecutaran al menos 2 tareas de cada grupo (grupo 1, tareas de búsqueda de información; grupo 2, tareas de alta en diversos servicios y grupo 3, tareas de trámites on-line). Los usuarios ejecutaron el conjunto de tareas de forma aleatoria para no interferir en el resultado de la prueba por un aprendizaje de uso y todos los usuarios ejecutaron la tarea 2.3 (dar de alta un certificado digital) por valorarse en el ámbito del test que la tarea debía testearse por todos los perfiles de usuarios. Se recogieron resultados de un total de 72 tareas ejecutadas, de las cuales, 24 tareas eran resultados de tareas informativas, 24 de tareas de alta de servicios y 24 de tareas de ejecución de trámites.

**Tabla 1.** Agrupación de las tareas en la ejecución de las pruebas de usuario.

<b>G1 - Conjunto de tareas 1</b>	<b>G2 - Conjunto de tareas 2</b>	<b>G3 - Conjunto de tareas 3</b>
<b>Tarea 1.1:</b> Búsqueda en la Agenda	<b>Tarea 1.3:</b> Búsqueda de Ordenanzas	<b>Tarea 1.4:</b> Búsqueda en Calendarios
<b>Tarea 1.2:</b> Búsqueda Oposiciones	<b>Tarea 1.5:</b> Búsqueda de Noticias	<b>Tarea 1.6:</b> Búsqueda en Noticias – castellano
<b>Tarea 2.3:</b> Dar de alta el certificado electrónico	<b>Tarea 2.2:</b> Dar de alta alerta de noticias	<b>Tarea 2.3:</b> Alta de certificado electrónico
<b>Tarea 2.1:</b> Alta de Boletín de subvenciones	<b>Tarea 2.3:</b> Alta de certificado electrónico	<b>Tarea 2.4:</b> Dar de alta avisos y actualidad de trámites on-line
<b>Tarea 3.1:</b> Trámite informativo	<b>Tarea 3.3:</b> Trámite on-line (con certificado digital)	<b>Tarea 3.5:</b> Trámite on-line (con certificado digital)
<b>Tarea 3.2:</b> Trámite on-line	<b>Tarea 3.4:</b> Trámite on-line (con certificado digital)	<b>Tarea 3.6:</b> Trámite on-line con seguimiento

El equipo evaluador creó un total de 16 formularios de satisfacción post-tarea y un formulario final post-test para recoger las opiniones el usuario respecto al uso de la web. El análisis de las grabaciones se realizó utilizando el software Morae [8] que permite marcar las acciones del usuario y posteriormente extraer los resultados de eficacia y eficiencia, junto a estadísticas de los datos. También se utilizó el software Tobii [9] para obtener los resultados registrados con el equipo Eye tracker. Los cuestionarios de satisfacción se realizaron con la herramienta Google Docs para agilizar la ejecución y análisis de los datos.

### 3. Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos en la ejecución del test se han estudiado en función de las variables independientes y dependientes. Las variables independientes, son los elementos del experimento que son manipulados para producir distintas condiciones de comparación. Se consideraron tres tipos: 1) Tipo de tarea: tareas de búsqueda de información, tareas de alta de servicio, tareas de trámites on-line; 2) Tipo de usuarios: noveles, medios, expertos; 3) AoI o Áreas de interés de la interfaz: las zonas de interacción de la tarea las zonas de no interacción de la tarea. Se consideraron cinco tipos de variables dependientes: 1) La tasa de terminación de la tarea: si el usuario ha finalizado correctamente la tarea; 2) El tiempo de terminación de la tarea: cuanto tiempo ha tardado el usuario en ejecutar la tarea; 3) El número de errores: la cantidad de fallos que el usuario ha cometido en la ejecución de la tarea; 4) El número de fijaciones en cada AoI: el número de veces en que los usuarios han fijado la vista en cada una de las áreas de interés; 5) La duración de las fijaciones en cada AoI: Tiempo (milisegs) que han permanecido con la mirada fija en cada área de interés.

En la hipótesis del test se plantearon distintas cuestiones relacionadas directamente con los parámetros de usabilidad anteriormente mencionados: 1) Todas las tareas se han de ejecutar de forma efectiva; 2) Todos usuarios han de ejecutar las tareas de forma eficiente; 3) Todos los usuarios han de percibir una alta satisfacción cuando ejecuten las tareas; 4) Todos los usuarios han de focalizar su atención en los elementos clave de la página considerando la tarea que están ejecutando.

Las principales conclusiones obtenidas son: los participantes han realizado las tareas con éxito, pero con considerables errores de ejecución. Se ha observado que en general las tareas de búsqueda de información son más fáciles de ejecutar que los demás grupos de tareas (alta de servicios y ejecución de trámites). Los usuarios medios y expertos focalizan mejor su atención en zonas claves de la interfaz. Todos los perfiles de usuarios necesitan un tiempo elevado (entre 3 a 7 minutos) para ejecutar tareas en el sitio web, en consecuencia, los usuarios no tienen sensación de satisfacción positiva utilizando el sitio web (experiencia de usuario no satisfactoria). Según los resultados obtenidos mediante el Eye tracker:

- el 80% de usuarios sólo visualizan el 20% de la interfaz de las páginas de La Paeria
- el volumen de información de la página principal (y algunas páginas interiores) es excesiva y genera fatiga cognitiva.
- se produce una “ceguera de banners” en las zonas laterales y el usuario no las visualiza (confirmándose una vez más este efecto).

El aporte principal del artículo se focaliza en la presentación de los resultados obtenidos de la evaluación del nuevo portal web del ayuntamiento de Lleida (La Paeria) con la técnica del ET. Para ello cabe destacar que los resultados se han organizado siguiendo el estándar “Common Industry Format for usability test reports” y en el informe final se han añadido los resultados de analizar las imágenes (mapas de calor, glanceplots y clusters), así como los videos obtenidos con el equipamiento Eye tracker. Este aspecto, el seguimiento del estándar CIF, no pasaría de ser anecdótico si no fuera por la escasez de estudios de este tipo en los cuales el seguimiento del mismo se hace de forma tan rigurosa como el aquí presentado. Todo ello ha permitido obtener unos resultados más objetivos y reales a las pruebas de evaluación realizadas. Al mismo tiempo sirve como base para estandarizar el diseño y ejecución de este tipo de pruebas así como el análisis y la presentación de los resultados obtenidos.

## Referencias

1. ISO 9241-11. International Standards Organization. (1992-2000). Standard 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals. 2008
2. ISO/IEC – 25062. International Standards Organization. Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuARE) — Common Industry Format (CIF) for usability test reports. 2006
3. Telecentros de la ciudad de Lleida. <http://telecentres.paeria.es/> Recurso consultado en marzo 2011.
4. Web del grupo de Investigación en Interacción Persona Ordenador e Integración de Datos (GRIHO). <http://www.griho.net>
5. Nielsen, J; Pernice, K. Eyetracking Methodology. How to Conduct and Evaluate Usability Studies Using Eyetracking. <http://www.useit.com/eyetracking/methodology/> Recurso consultado en marzo 2011.
6. Nielsen, J; Pernice, K. Eyetracking web usability. Berkeley: New Riders Press, 2009.
7. Nielsen, J. (1993). Usability Engineering . Academic Press Professional, Boston, MA.
8. Software Morae. <http://www.techsmith.com/morae.asp>
9. Software Tobii studio enterprise edition, v 1.2. <http://www.tobii.com/>

# Evaluating the Usability of OWL-VisMod: a Modelling Tool for OWL Ontologies

Juan García<sup>1</sup>, Francisco J. García<sup>2</sup> and Roberto Therón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Computer Science Department, University of Salamanca, Spain

<sup>2</sup> Computer Science Department, University of Salamanca, Science Education Research Institute (IUCE), GRIAL Research Group, Spain  
{ganajuan, fgarcia, theron}@usal.es

**Abstract.** Usability is generally regarded as ensuring that interactive products are easy to learn, effective and efficient to use from the user's perspective. These aspects that ensure the usability of a software product should be assessed during the different phases in its life cycle. This paper is targeted to evaluate the usability of OWL-VisMod, a modelling tool for creating, editing and visualising OWL ontologies. OWL-VisMod is evaluated using a user-centered evaluation approach. The results are analysed, discussed and presented in this paper.

**Keywords:** OWL ontologies, modelling, OWL-VisMod.

## 1 Introduction

The International Organization for Standardization (ISO) defines Usability of a product as *the extent to which the product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency, and satisfaction in a specified context of use*. Usability can be summarised in five main attributes: learnability, efficiency, memorability, errors, and user satisfaction [2]. Depending on the type of application one attribute might be more critical than another. Usability is generally regarded as ensuring that interactive products are easy to learn, effective to use, and enjoyable from the user's perspective. It involves optimizing the interactions people have with interactive products to enable them to carry out their activities at work, school, and in their everyday life. Usability goals are typically operationalized as questions. The purpose is to provide the interaction designer with a concrete means of assessing various aspects of an interactive product and the user experience [3]. Through answering the questions, designers can be alerted very early on in the design process to potential design problems and conflicts that they might not be considered. This paper starts with a brief introduction; then we describe the evaluation method we applied with our tool; then in the third section we analyse the results, to finally conclude in the fourth section with the conclusions.

## 2 User-Centered Evaluation of OWL-VisMod

OWL-VisMod is a visual modelling tool for creating, editing and visualising OWL ontologies. It is targeted to those users that need to perform ontological engineering activities. At this point of the tool development, we need to evaluate the usability of our proposal, by testing the tool with those users that will be using it. We are essentially focused on the effectiveness and the user satisfaction in general, due to our proposal does not require critical security or efficiency requirements. To evaluate the usability of OWL-VisMod<sup>1</sup>, we have decided to apply a user-centered evaluation. User-centered evaluations are accomplished by identifying representative users, representative tasks, and developing a procedure for capturing the problems that users have in trying to apply a particular software product in accomplishing these tasks.

To test and evaluate the tool, ten students from a course were selected, most of them with any knowledge about OWL ontologies. They were provided with a brief introduction about Semantic Web, Ontologies and the tool itself. The second aspect to be considered was the definition of the representative tasks to be developed by the users, in order to firstly, evaluate the effectiveness and secondly, the user satisfaction with the visualisations and the interaction with them. The user-centered evaluation was divided into two parts: the first part was intended to evaluate the effectiveness of the tool. This means to get users evaluation about the visualisations and the steps for modelling the ontology. The goals to be achieved were to identify whether or not the visualisations satisfy all the purposes they were implemented for. The evaluation started evaluating each of the visualisations isolated and then a global evaluation of the whole tool. The first visualisations to be evaluated were the treemap, proposed and described in [1] and the hierarchical tree. These features define the basic schema of an ontology, and represent the main aspect to consider when users are creating or updating an ontology. The first task developed by the users, was the creation of an ontology and its hierarchy, by creating each one of the classes according to a UML class diagram they were given. After that, users were asked to create each one of the properties indicated in the same diagram. They were free to modify some aspects of the proposed ontological model, or even more to add new concepts, relations, individuals etc.

## 3 Data analysis and interpretation of the results

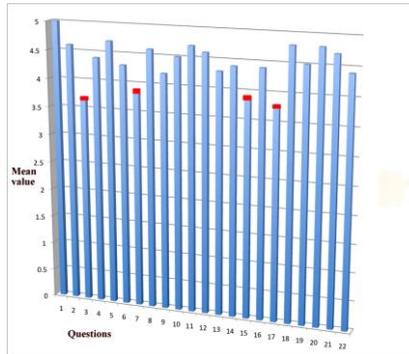
To analyse the data, we clearly identify two sets of data: quantitative data are those related with the close-ended questions, while qualitative data are those obtained from the open-ended questions, that are treated individually. Quantitative data have been analysed based on the mean, commonly understood as the average.

To evaluate the closed-ended questions, we used a scale from one to five, where one means the less or poorest value and five means the most or richest value. Except

---

<sup>1</sup> <http://www.analiticavisual.com/juan/OWL-VisMod.html>

for the last question in each group, that is an open-ended question about extra comments the user would like to add, the rest of questions are closed-ended, that were formulated in the manner that the best or the positive result is the highest, meaning that the best possible and a perfect result would be that all the questions would be rated with a value of five.



**Fig. 1.** The mean value for each of the questions in the questionnaire. It depicts that the general evaluation of users is good, some values lower than 4.0 but higher than 3.5.

The first analysed question is the third one in the histogram, related with the hierarchy. According to the responses, at the first time with the tool they got confused in the manner to start creating and modelling ontologies, basically they argued that if they had been without anyone explaining how to create the ontology, they would have spent time to recognise the modelling process. Nevertheless all of them said that this would not represent a serious problem to effectively use the tool. The second question to be analysed in detail is related to the semantic zoom visualization, and it evaluates the easiness and understandability of the navigation model. Some users suggested some improvements to the semantic zoom technique, specially the representation of the internal elements in a property. The use of histograms should be just for numerical data, qualitative values should be represented using spheres or another mechanism, due to the histograms get the users confused. The third question that was evaluated with a low value, was the labeled with the number fifteen, and asked about the intuitiveness of the user interaction. In general, some users mentioned that certain parts of the tool are not intuitively enough. Specially those options related to the semantic zoom visualisations; it results not intuitively enough how to close these visualisations to return to the main views. And the drag and drop interaction results not clearly enough, for the first time with the tool. Users suggested to add a small close button to clearly indicate how to close the semantic zoom visualization returning to the main views.

The last group of questions, is related with the global evaluation of the tool. In this final group, the first question is related with the coherency and the correctness of the navigation flow among visualisations. Some users commented that at first time using the tool, could not be very intuitive the navigation flow, and they argued that learning it requires a previously explanation. We consider that to learn how to use almost any

software, a certain explanation is required. We consider this comment as a logical and a natural result of learning how to use a software tool for the first time.

The open-ended questions are intended to be a directly evaluation of those aspects the user would like to be modified, replaced or added. These questions provided with a full and direct feedback of those aspects that users would like to be implemented or improved in OWL-VisMod. The first interesting aspect that users mentioned involves the semantic zoom visualisation to navigate the internal elements of a class. Some of them mentioned that the representation using histograms for non-numeric data values is unclear and can be confused, because all the elements have the same height because there is no a real comparison among the elements. They suggested to change this representation by using spheres to represent these elements.

## 4 Conclusions

OWL-VisMod is a visual modelling tool that is currently at the last point on its development process. At this stage it is crucial to evaluate it in a real scenario and with the users that will be using it. This user-centered evaluation process has been useful and has enriched our feedback of OWL-VisMod; it has let us know what do the users think about our proposals, as well as what new improvements would be desirable to be added to our tool, furthermore, it has also let us to discover some bugs that need to be fixed. The evaluation process was divided into two parts: the first one based on a quantitative analysis based on closed-ended questions, and a second qualitative analysis based on open-ended questions. The quantitative data analysis shown in general an evaluation of diverse aspects of the tool, and it let us know which aspects would represent the weakest points of it. On the other hand, the analysis of the qualitative data provided us with detailed information about specific aspects in the tool, that users would prefer to be fixed or even changed.

**Acknowledgments.** This work was supported by Spanish Government project TIN2010-21695-C02-01 and by the Castile and Lion Regional Government through GR47 and also by the Ministry of Science and Innovation of Spain under project FI2010-16234.

## References

1. Johnson B. and Shneiderman B.: Treemaps: a space filling approach to the visualization of hierarchical information structures: Proceedings of the 2nd. IEEE Visualization Conference, pp. 284-291, 1991.
2. Lazar J., Feng J.H. and Hochheiser H.: Research Methods in Human-Computer Interaction: John Wiley and Sons Ltd., Great Britain, 2010.
3. Sharp H., Rogers Y. and Preece J.: Interaction Design: beyond human-computer interaction: John Wiley and Sons, Ltd., Barcelona Spain, 2009.

# **Diseño gráfico, Bellas artes e interacción**



## **Doble flujo en la interacción: flujo de datos y flujo de la escena. Interacción dual en instalaciones de arte**

José M<sup>a</sup> Alonso-Calero<sup>1</sup>, Arcadio Reyes-Lecuona<sup>2</sup>, Jesus Marín-Clavijo<sup>1</sup>, Josefa Cano-García<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Bellas Artes. Universidad de Málaga

<sup>2</sup>Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Málaga

**Abstract.** En un ámbito interdisciplinar de la experiencia de interacción en instalaciones artísticas de realidad virtual, se propone una reflexión desde el punto de vista del intercambio entre el usuario y la instalación, el cual se produce por medio de un doble flujo: un flujo de datos y un flujo de la escena. Este doble flujo viene definido una doble capa en paralelo con un componente físico y otro abstracto, definida en la división entre la interacción física como externa y la virtual como interna. El propósito es determinar y centrar las relaciones entre materias y componentes de la experiencia de interacción.

**Keywords.** Instalación de arte, arte virtual, interacción, interfaz físico, realidad virtual, espacio escénico, flujo de la escena, participación, espectador-usuario, presencia.

### **1 Introducción**

Esta comunicación forma parte del esfuerzo de investigación interdisciplinar que supone el trabajo entre artistas e ingenieros en todo aquellos campos y materias comunes, o en aquellos que compartimos. Es por ello que nos planteamos cuestiones de materias y de terminología, quizás muy definidas en ámbitos de ingeniería y de un uso menos prosaico en el ámbito artístico. En el campo de las instalaciones artísticas la incorporación de tecnologías ha despertado el interés por la participación e interacción, y ha producido, entre otros, nuevos conceptos como la obra abierta o la desmaterialización del arte. En esta frontera, entre el arte electrónico y las instalaciones interactivas cara a cara con la tecnología y los modelos de interacción, se produce un tránsito de aspectos y componentes comunes pero con el único handicap de no compartir ni los objetivos ni un lenguaje común. En esta comunicación se presenta una propuesta de estas relaciones en diagramas para reordenar aspectos y componentes de la experiencia de interacción.

#### **1.1 Dualidad espectador-usuario**

La evolución de los medios y de los lenguajes artísticos ha ido dando respuesta a una demanda natural por parte del espectador, involucrarse en el hecho artístico. Su

demanda se ejecuta como una intervención en la obra, con la pretensión de formar parte de la obra mediante de un hecho significativo que deja la obra de arte abierta en su proceso. Éste quiere interactuar, participar intercambiando su rol con el artista. A la vez, el artista tiene y crea la necesidad de involucrar al público en su proceso de creación. Manovich, reflexionando sobre la interactividad, afirma que los medios y el arte modernos emplazan al espectador a nuevas demandas físicas y cognitivas [1].

En este cambio de roles se encuadra la evolución del término *espectador*, pasivo de los mass media, que pasa a *usuario*, no solo en la reconstrucción de los lenguajes fragmentados de las postmodernidad, sino de una forma más explícita actuando sobre contenidos por medio del interfaz y redefiniendo fundamentos, procesos y estrategias, con pretensiones futuribles de tomar el rol de creador como entidad superior.

La evolución del rol del espectador en la implicación por la participación en la obra creada viene determinada por tres factores: el interfaz, el espacio sensorial y la representación del contenido de carácter abstracto. Este nuevo rol de participación forma parte de un acto, el hecho artístico, de comunicación visual y sensorial en todas las disciplinas artísticas.



**Fig. 1.** *Prière de toucher*, se ruega tocar.  
Marcel Duchamp (1947).



**Fig. 2.** *The five skins*, Hunderwasser.

Como obra clave de la incitación del artista a que el espectador participe mencionaremos la obra de Marcel Duchamp *Prière de toucher* (*se ruega tocar*), un molde de látex pintado de un seno de Maria Martins, que en reacción al “prohibido tocar” de los museos, nos pide actuar en contra de lo prohibido por el contenedor y por su contenido, tocar lo intocable (Fig. 1).

Cuando hablamos de interfaz y participación el eje es el usuario, y todo orbita a su alrededor, este interfaz multisensorial lo muestra Hunderwasser en *The five skins* [2] donde la relación de ser humano con su entorno natural a diferentes niveles comporta también niveles de partida para relaciones de abstracción con aquello que nos rodea (Fig. 2).

## 1.2 De la representación a la participación

En la creación contemporánea, el arte conceptual, en su reduccionismo, nos lleva a la desmaterialización del arte donde el objeto pierde vigencia en favor de la experiencia en vivo, *live*, y es cuando el espacio y el tiempo toman protagonismo. Ya en las prácticas artísticas de los precursores del arte conceptual se observan propuestas con una clara actitud hacia el entorno y la participación del espectador [3].

Frank Popper enlaza el término entorno con la intervención del espectador, donde el tiempo determina la participación del espectador [4]. La participación está en esa posibilidad de intervención para alterar, manipular y sobre todo transformar. La experiencia se va construyendo conforme a nuestra actuación con el entorno. En palabras de Piaget *lo propio de la inteligencia no sería contemplar sino "transformar"* [5]. Desde el punto de vista de la psicología constructivista *el mundo de la experiencia es siempre y exclusivamente un mundo que construimos con los conceptos que producimos* [6]. Para Peter Weibel la naturaleza interactiva del media art está constituida por tres elementos [7]: virtualidad, variabilidad y viabilidad, que corresponden a cómo se archiva la información, a la alteración por medio del usuario y a cómo se modifica todo según los modelos de comportamiento de la imagen. Es ahí donde el papel pasivo de espectador como observador en el arte desaparece pues además de formar parte del ámbito visual observado, pasa a tomar partido en la alteración y modificación de la obra, variándola y dándole respuesta a los modelos de comportamiento.

## 1.3 Contextualización

En esta comunicación, nos centraremos en la interacción que se produce en instalaciones de arte con Realidad Virtual, pero entendiendo ésta en un sentido amplio [8]. No queremos limitar el concepto de Realidad Virtual al clásico entorno 3D con el que se interactúa navegando, seleccionando y manipulando objetos [9]. Entenderemos que nuestro modelo es por tanto aplicable a cualquier instalación en la que, de una u otra forma, el espectador interactúa con un espacio físico que tiene un equivalente abstracto.

En la investigación y búsqueda de aspectos empíricos contrastados en la obra de arte en forma de estas instalaciones nos replanteamos los aspectos relacionados con la participación en la obra de arte y con los factores de presencia en la interacción.

En la toma de registros de forma directa mediante el usuario nos debemos de cuestionar el valor del registro de datos que tomamos a partir del testimonio del usuario ya que éste se atribuye los roles de investigador juzgando factores de los cuales no debería conocer su relevancia y relación con la investigación.

Al testear la sensación de presencia en la experiencia de interacción no debemos centrarnos en los datos directos obtenidos por las valoraciones subjetivas del usuario, ya que se debería valorar la posibilidad de que el usuario ni es objetivo, ni se abstrae lo suficiente de su posición en el proceso de análisis-testeo del diseño experimental. El usuario se atribuye la capacidad, noción y rol de investigador, adjudicándose un papel más relevante en el proceso de la investigación y no solo como sujeto de esta.

Por ello, puede ser interesante plantear un diseño experimental para incorporar los procesos empíricos de la parte tecnológica en el proceso de diagnóstico de la instalación de arte.

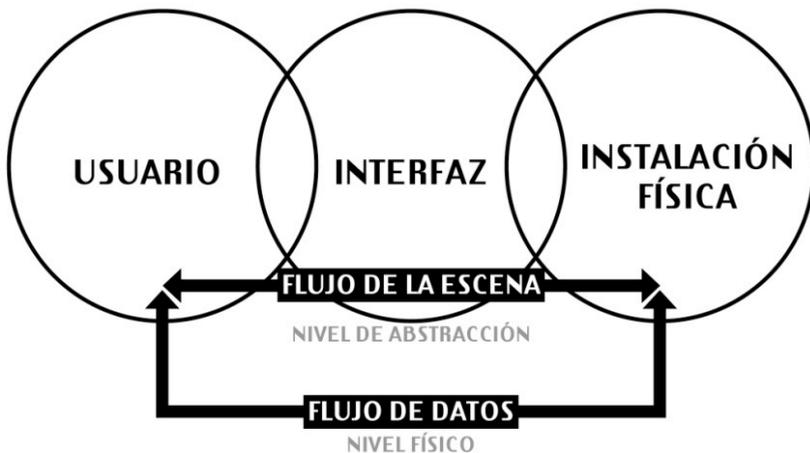
## 2 El doble flujo en la interacción

En el proceso de interacción, además del factor físico consideramos que en paralelo hay un factor de abstracción, simbólico, semiótico, más relacionado con la información que el usuario lleva consigo, lo que llamaríamos el bagaje cultural similar al que menciona David Nuñez en el contexto de la sensación de presencia en un entorno virtual. David se refiere a ello cuando habla de usuario que en la medida en que se siente en el entorno virtual se ve influenciado por dos cosas: uno lo que te llega por medio de los estímulos físicos y segundo lo que ya tiene de experiencias vividas, de bagaje cultural [10].

Estos dos factores están presente a lo largo de todo el recorrido de la experiencia de interacción, mediante lo que llamaremos el doble flujo que está compuesto de:

1. El flujo de datos: que es el de información y datos, en el nivel físico.
2. El flujo de la escena: es aquel que se mueve por un nivel de abstracción.

El primero, el flujo de datos, se realiza a través de la tecnología, a través del espacio escénico, y se produce debido a factores físicos en paralelo a lo que llamamos la capa de abstracción donde aparece el segundo flujo, el flujo de la escena (Fig. 3).



**Fig. 3.** En el diagrama se muestra la relación de interacción usuario-instalación y la situación del doble flujo: el de datos (*nivel físico*) y el de la escena (*nivel de abstracción*).

## 2.1 Flujo de la escena

En la experiencia de interacción consideramos que sobre lo superfluo hay una carga de contenido abstracto que situamos en una capa superpuesta. En esa capa de abstracción se contemplan aspectos y referencias del lenguaje del arte y del lenguaje semiótico. Definimos pues el flujo de la escena como el catalizador entre el usuario y la instalación física, que se presenta en esa capa de abstracción, en un plano psicológico. El flujo de la escena sería entonces esa comunicación de la información abstracta.

Damos por hecho que la comunicación entre capas es directa, ya que no es necesario ser consciente de todo el proceso de codificación, transmisión y decodificación. Se trata de una comunicación virtual que, a diferencia del flujo de datos, no contempla ni codificación, ni decodificación, ni transmisión física, es una comunicación directa, como telepática, entre la capa de abstracción y el nivel superior donde se ubican la instalación física y el usuario.

Un análisis complementario de esta misma idea es el de E. Couchot, que describe la diferencia entre interacción externa e interna, externa respecto a la interacción hombre-máquina e interna respecto a la relación con los elementos del mundo virtual [11]. En función del espacio de referencia para el usuario podemos definir dos clases de interacción, una interna (dentro del mundo virtual) y otra externa (ubicada en el mundo físico).

La realidad virtual ha pretendido siempre potenciar la interacción interna y minimizar la externa. Su paradigma clásico se basa en engañar al usuario para que perciba el entorno virtual como el mundo real. Minimizar su percepción de que es una interacción externa, pretende conseguir que éste no se dé cuenta de que esta interactuando con dispositivos. Con tal objetivo se crea un protocolo dramático para sugestionar al espectador sobre una ficción que le ayude a involucrarse en la experiencia [12].

En este proceso es donde debemos incorporar las metáforas y los modelos empíricos a los planteamientos artísticos, y donde planteamos el uso de metodologías empíricas en el campo de arte.

## 2.2 Flujo de datos

El flujo de datos funcionaría de forma similar al nivel físico en los modelos de torres de protocolos de red, enviando información empaquetada que se codifica y decodifica de un lado al otro del proceso. Esa codificación sería el proceso de comunicación entre distintas capas. Una vez codificada y troceada en paquetes más pequeños, la información pasa de una capa a otra. Cuando esa información alcanza el destino, se decodifica de nuevo para llegar al nivel superior.

### 2.3 Espacios mapeados

En todo este proceso, la interacción sucede simultáneamente en dos espacios, uno real o físico y otro virtual. El espacio real o físico es donde se produce la *interacción externa* y se refiere a la interacción del usuario en el espacio físico, con la instalación.

El espacio virtual es donde se produce la *interacción interna*, que es la responsable de la sensación de presencia [13], cuando el usuario tiene la sensación psicológica de estar dentro del entorno virtual. En ese momento, ya no es un sujeto real, e interactúa en el entorno virtual como entidad virtual, como avatar.

El espacio es el vehículo determinante para la construcción de la interacción y se define como un conjunto de puntos de referencia, de posiciones, donde el mundo real se *mapea* con el virtual. Para potenciar su relación con el espacio, el usuario depende de ese mapeado entre ambos mundos.

Así pues, estos dos espacios, el real o físico y el virtual, están acoplados, mapeados, interseccionados, tiene una correspondencia entre cada punto de referencia del mundo real y el entorno virtual. Entenderíamos que el equilibrio perfecto entre la interacción física y la interacción virtual se vería reflejado en un mapeado de correspondencia lineal en una escala 1:1, del que resultaría una mayor sensación de presencia.

La instalación ideal para los ingenieros de la Realidad Virtual es aquella en la que el usuario se mueve por un entorno virtual y sus pasos se corresponden con el mundo físico. El usuario realiza una valoración de referencias para contrastar y equiparar los datos de ambos espacios de referencia, en respuesta a los estímulos sensoriales del mundo virtual y de percepción del espacio físico.

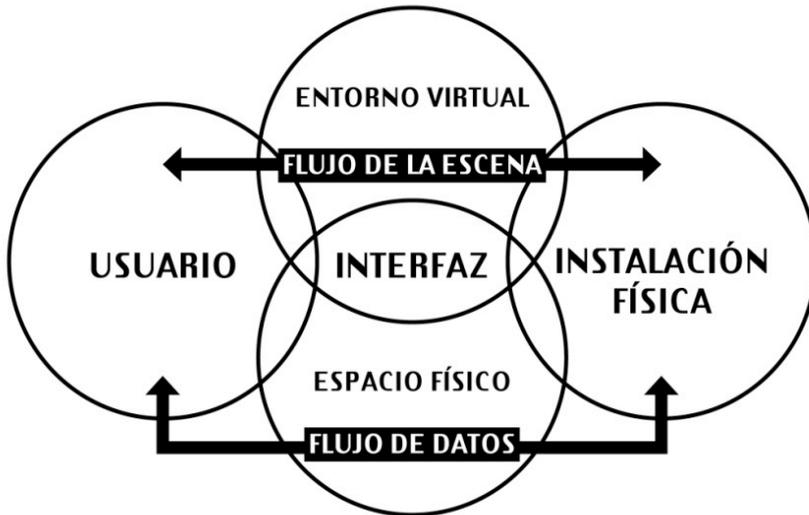
En contraste tenemos la solución aportada por la del mundo de los videojuegos, donde el mundo físico se concentra en un punto, el que juega no se mueve, orbita sobre su posición que es su eje respecto al mundo, ahí todos los puntos del entorno virtual se mapearían sobre un solo punto del mundo físico. Ente la opción idealizada y la de los videojuegos hay todo un rango de posibilidades en el que hay diferentes escalas posibles, pequeños movimientos escalables, zonas donde se amplifican, etc. De hecho, este mapeado no tiene por qué ser lineal.

## 3 Las capas de abstracción

En esta comunicación se propone en un diagrama con la ubicación de los conceptos y materias relativas a la interacción. En nuestro diagrama el arte y la tecnología se encuentra en los extremos, uno a cada lado, separados por el interfaz que a su vez separa la experiencia en interacción física (externa) e interacción virtual (interna); estas dos interacciones corresponden a dos espacios: el físico y el virtual. El doble flujo funcionaría de modo inverso al interfaz, el interfaz como su propio nombre dice está entre dos caras pero el flujo es aquello que fluye de un lado al otro del interfaz, es lo que circula de un espacio a al otro.

La interacción física se produce entre usuario y escena, por supuesto, pero ¿que es física? Nos referimos movimientos, fuerzas, luz, sonido, magnitudes físicas.

La capa de abstracción es una estructura superpuesta donde la comunicación en un nivel más abstracto, habla más de arte, de psicología que son unos conceptos más elevados, más abstractos.



**Fig. 4.** En el diagrama se muestra la relación de interacción usuario-instalación en referencia a los espacios: espacio físico y entorno virtual; espacios mapeados entre sí. Hay que reseñar que la relación con los dos flujos es distinta; el flujo de la escena esta inscrito, funciona de una manera más directa, mientras que el flujo de datos queda más afuera pues representa la codificación y descodificación que sufre al pasar de un lado al otro.

#### 4 Conclusiones

En resumen, en esta comunicación pretendemos, a partir de las materias interdisciplinarias que comparten tanto artistas como ingenieros, situar las relaciones de transferencia y de intercambio que existen en la experiencia de interacción, interacción física, cuyas relaciones quedan enumeradas en las siguientes:

- entre el usuario y la instalación de realidad virtual.
- entre la interacción física y la interacción virtual.
- entre el espacio real y el entorno virtual.
- entre la información abstracta y la de datos.
- entre el flujo de datos y el flujo de la escena.

La propuesta se presenta en los diagramas de relaciones Fig. 3 y Fig. 4, donde el doble flujo va entre la instalación y el espectador y donde el flujo de datos se mueve en el plano real, y es de naturaleza física y tecnológica, mientras que el flujo de escena se mueve en el plano virtual y es de naturaleza abstracta.

## Referencias

1. Manovich, L.: El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. Paidós Comunicación 163, p. 104. Barcelona (2005)
2. Rand, H.: Hundertwasser, Benedikt Taschen. Köln (1994)
3. Popper, F.: Arte, acción y participación: El artista y la creatividad de hoy. Ed. Akal / Arte y Estética, p. 21. Madrid (1989)
4. Popper, F.: Arte, acción y participación: El artista y la creatividad de hoy. Ed. Akal / Arte y Estética, p. 37. Madrid (1989)
5. Piaget, J.: Psicología y epistemología. Planeta-De Agostini, S.A., Barcelona, p. 89 (1985)
6. Von-Glasersfeld, E.: Despedida de la objetividad en El ojo del observador. Contribuciones al constructivismo. Editorial Gedisa, S.A., p.27, Barcelona (1994)
7. Weibel, P.: La irrazonable efectividad de la convergencia metodológica del arte y la ciencia. Epifanía, Marce-lí Antúnez Roca, coord. Claudia Giannetti. Ed. Arte factio y ciencia. Fundación Telefonica, p. 54, Madrid (1999)
8. Timón, E.: Los problemas epistemológicos de la realidad virtual. Congreso Internacional de Filosofía y Realidad Virtual, celebrado en Albarracín. Teruel (2002)
9. Bowman, D.A., Kruijff, E., LaViola, J.J., Poupyrev, I.: 3D User Interfaces: Theory and Practice. Addison-Wesley Professional, Boston (2004)
10. Nunez, D.: A constructionist cognitive model of virtual presence. Collaborative Visual Computing Laboratory. CS04-07-00. Department of Computer Science. University of Cape Town, 18 August (2004)
11. Gianetti, C.: Estética digital: Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología. L'angelot. Giuliano, Gustavo, p. 119, Barcelona (2007)
12. Lorenzo, R.: Filosofía y realidad virtual. Moreno, C., Lorenzo, R., De-Mingo, A., (Editores). Instituto de Estudios Turolenses. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza (2007)
13. IJsselsteijn, W.A., Riva, G.: Being There: The experience of presence in mediated environments. In: Riva, G., Davide, F., & IJsselsteijn, W.A., (eds.), Being There - Concepts, Effects and Measurements of User Presence in Synthetic Environments, Amsterdam: IOS Press. pp. 3--16 (2003)

- 
1. Manovich, L.: El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. Paidós Comunicación 163, p. 104. Barcelona (2005)
  2. Rand, H.: Hundertwasser, Benedikt Taschen. Köln (1994)
  3. Popper, F., Arte, acción y participación. El artista y la creatividad de hoy. Ed. Akal / Arte y Estética, p. 21. Madrid 1989.
  4. Popper, F., Arte, acción y participación. El artista y la creatividad de hoy. Ed. Akal / Arte y Estética, p. 37. Madrid 1989.
  5. Jean Piaget. Psicología y epistemología. Editorial Planeta-De Agostini, S.A., Barcelona, 1985. p.89.
  6. Ernst von Glasersfeld. Despedida de la objetividad en El ojo del observador. Contribuciones al constructivismo. Editorial Gedisa, S.A. Barcelona, 1994. p.27.
  7. Weibel, P., La irrazonable efectividad de la convergencia metodológica del arte y la ciencia. Epifanía, Marce-lí Antúnez Roca, coord. Claudia Giannetti. Ed. Arte factio y ciencia. Fundación Telefonica, p. 54. Madrid 1999.
  8. Timón, E.: Los problemas epistemológicos de la realidad virtual. Congreso Internacional de Filosofía y Realidad Virtual, celebrado en Albarracín. Teruel (2002)
  9. 3D User Interfaces: Theory and Practice, Doug A. Bowman, Ernst Kruijff, Joseph J. LaViola, Ivan Poupyrev. Addison-Wesley Professional, (2004)
  10. Nunez, D.: A constructionist cognitive model of virtual presence. Collaborative Visual Computing Laboratory. CS04-07-00. Department of Computer Science. University of Cape Town, 18 August (2004)
  11. Gianetti, C.: Estética digital: Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología. L'angelot. Barcelona 12. Giuliano, Gustavo, p .119 (2007)
  12. Lorenzo, R.: Filosofía y realidad virtual. César Moreno, Rafael Lorenzo y Alicia de Mingo (Editores). Instituto de Estudios Turolenses. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza (2007)
  13. IJsselsteijn, W.A., Riva, G.: Being There: The experience of presence in mediated environments. In: Riva, G., Davide, F., & IJsselsteijn, W.A., (eds.), Being There - Concepts, Effects and Measurements of User Presence in Synthetic Environments, Amsterdam: IOS Press. pp. 3--16 (2003)



# Una aproximación a la estética de la realidad aumentada

Jesús Marín Clavijo

Departamento de Bellas Artes  
Facultad de Bellas Artes  
Universidad de Málaga  
29071 Málaga  
[jmarin@uma.es](mailto:jmarin@uma.es)

**Abstract.** En este estudio se pretende establecer la relación entre dos de las principales disciplinas de las bellas artes y las nuevas tecnologías de representación y virtualización de la realidad. En un principio se puede establecer que la pintura italiana del *Quattrocento* es un primer avance, mediante la aplicación de los sistemas de perspectiva, de lo que será las tecnologías de la Realidad Virtual basada en las C.G.I. *Computer Generated Imaginery*. Del mismo modo, y con una relación del mismo rango se puede decir que la Escultura posee las mismas características de representación en el mundo real que las esculturas virtuales generadas mediante las C.G.I. y representadas mediante las tecnologías de Realidad Aumentada.

## 1 La Pintura renacentista como Realidad Virtual.

Desde que el Hombre dejó su huella en forma de mano esgrafiada sobre la roca de una cueva, la constante en la representación gráfica ha sido la creación de un medio de expresión que explique nuestra vida interior<sup>1</sup>, un sistema por el cual se pudiese expresar y comunicar ideas, esto es, un lenguaje.

Y uno de los mayores hitos en la historia de la Humanidad fue sin duda el descubrimiento e invención de la Perspectiva. Brunelleschi, artista y arquitecto florentino del *Quattrocento*, consiguió establecer los primeros principios de este lenguaje para poder representar los edificios en la profundidad<sup>2</sup>. Se configura como el lenguaje, la herramienta por la que los italianos del *Quattrocento* pudieron describir un mundo virtual que sucedía más allá de la ventana del cuadro. La comprensión y construcción de ese mundo podía ser matemáticamente perfecta gracias a la percepción del mundo desde un único punto de vista. Desde entonces, el Hombre ocupó el lugar central de la concepción cosmológica del universo, pues era él quién

---

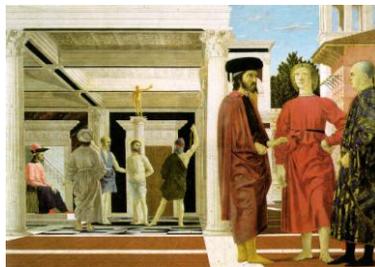
<sup>1</sup> Giedion, S.: *El presente eterno: Los comienzos del arte*. Alianza Editorial. 1981, pag 27.

<sup>2</sup> Alberti, L. B.: *De pictura*. 1436.

podía crear mundos nuevos paralelos y equivalentes al real, a semejanza de la divinidad.

Visto desde nuestros medios actuales y con la mirada educada en las tecnologías C.G.I., de Realidad Virtual y Realidad Aumentada, nos sorprenden los artistas del Renacimiento con su capacidad de atisbar lo que sucedería varios siglos después. Y es que su pintura es el primer eslabón de la cadena que representa las modernas tecnologías de representación 3D. Ellos querían lo que nosotros hemos alcanzado, poder sumergirse en mundos virtuales inexistentes hasta entonces.

Un ejemplo es Piero de la Francesca en su obra *La Flagelación de Cristo* (fig. 1) de 1455: una pintura sobre tabla de pequeño tamaño, 59 x 81.5 cm., que sin embargo contiene en sí misma toda la magia de la representación de un mundo paralelo y virtual que se abre al otro lado de la ventana imaginaria que es el cuadro. Gracias a los cálculos matemáticos y los rayos proyectivos, los personajes y edificios ya se pueden representar, con las proporciones internas idénticas, en la profundidad sin que peligre la reconstrucción mental del conjunto: aunque estén muy cerca en la superficie del cuadro, dos figuras son totalmente diferentes en tamaño, pues en el espacio virtual se encuentran en puntos distantes. La solería, las aristas de los edificios, las molduras, capiteles, frisos y otros elementos arquitectónicos son los rayos proyectivos que construyen su espacio virtual. De esta manera, los objetos y figuras representados generan ellos mismos el sistema ortogonal de ejes y paralelas que constituyen el espacio virtual. Desde esta concepción podemos entender a la pintura basada en la construcción mediante sistemas de perspectiva como un sistema virtual análogo a la Realidad Virtual basada en las C.G.I.



**Fig. 1.** Piero de la Francesca. La flagelación de Cristo. Urbino. Galería Nacional de las Marcas.

## 2 La Escultura y la Realidad Aumentada.

Sin embargo la Escultura, una de las bellas artes, desde un punto de vista fenomenológico, no es mera representación sino también presentación de una entidad nueva que nos es dada, como un todo separado, es decir, como una figura, que no representa otra cosa que no sea ella misma: la pieza escultórica, el objeto en sí. Éste

se sitúa en la realidad con un doble valor o potencia<sup>3</sup>: es en sí misma una parte perteneciente a la realidad, pues está situada en los mismos ejes de coordenadas, y está hecha de materiales naturales que no pueden escapar de las leyes de la Física; pero al mismo tiempo, tiene la mágica capacidad de la representación, por lo que posee una doble presencia. Nosotros interactuamos con ella directamente y sin ningún obstáculo pues pertenecemos a su misma realidad., y sin embargo, se nos presenta y la entendemos como una discontinuidad en nuestro sistema.

La presencia de la pieza escultórica es otra, según Tucker, la peculiar naturaleza de la escultura diferente a los demás objetos de nuestro mundo reside en la cualidad de *visibilidad*<sup>4</sup> (*visibility*) más intensamente y en mayor medida que los objetos de nuestro entorno cotidiano. Teniendo en cuenta el grado o intensidad de esta visibilidad que le corresponde ya como objeto natural, como ser primario, como cosa, además debe aparecer como un sistema de marcada autonomía, de claridad intuitiva y este es el principal valor de la escultura, que también es su propio límite: si la obra no alcanza el valor de visibilidad necesario corre el peligro de fracasar. Toda obra escultórica puede presentarse siempre como simple obra de arte y es capaz de convertirse en *horizonte*, como expresa Tucker, empleando la terminología fenomenológica.



**Fig. 2.** *Info Virus*, Warren Armstrong    **Fig. 3.** *Basement*. Christofer Manzione

Algo parecido ocurre en la realidad aumentada. Si tomamos como ejemplo el proyecto *Virtual Public Art Project* (V.P.A.P.)<sup>5</sup>, fig. 2 y 3, podemos observar que existe una doble relación entre la *escultura-objeto virtual* que se representa en la virtualidad del interfaz sumándose a la realidad que también se muestra.

La realidad aumentada según Azuma<sup>6</sup> es una vista del entorno físico del mundo real a la que se le superpone imágenes de elementos virtuales generadas por ordenador en

<sup>3</sup> Albrecht H.J.: *Escultura en el siglo XX*. E. Blume 1981. Barcelona, p. 98

<sup>4</sup> Tucker, W.: "What sculpture is" en: *Studio International*, n° 973, pag. 122.

<sup>5</sup> [http://www.virtualpublicartproject.com/Virtual\\_Public\\_Art\\_Project/Virtual\\_Public\\_Art\\_Project.html](http://www.virtualpublicartproject.com/Virtual_Public_Art_Project/Virtual_Public_Art_Project.html)

<sup>6</sup> Azuma, R. "A Survey of Augmented Reality". En *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, pp. 355–385, Columbus, Ohio. August 1997.

tiempo real. V.P.A.P. superpone al medio ambiente del mundo real y físico de los espacios públicos en varias ciudades estadounidenses esculturas virtuales específicas de un lugar preestablecido y marcado, obras que sólo se puede ver en el lugar indicado con los terminales iPhone 3G y los teléfonos Android cuando el usuario está en la ubicación de la escultura en el mundo real.

Observando estas obras escultóricas virtuales y generadas en tiempo real, vemos que pertenecen a la misma realidad representada en el interfaz, pero a esta percepción hay que sumarles la capacidad de autorepresentación que poseen como obras artísticas. En el mismo instante en que aparecen, se produce un doble fenómeno perceptivo: por un lado tenemos la realidad representada en el interfaz y por el otro el sistema escultura-objeto-virtualidad que se hace *visible*, según Tucker, haciendo que su relación con el escenario sea otra, a semejanza de la relación de una escultura real con su entorno. La pieza escultórica virtual, gracias a su naturaleza fenomenológica antes explicada, posee *visibilidad* intrínseca, que se añade a la diferencia de textura e iluminación propia de los mundos virtuales, acrecentando su presencia y *visibilidad* ante el espectador.

Este doble mecanismo de *visibilidad* nos hace reflexionar sobre esta cualidad en la escultura. Evidentemente, estos ejemplos de Realidad Aumentada aplicados a la escultura nos indican cuan acertadas eran las reflexiones de Tucker acerca de la visibilidad en la escultura.

### 3 Conclusiones

Si establecemos la relación de semejanza entre la pintura renacentista basada en la aplicación de la perspectiva de Bruneleschi con las tecnologías de Realidad Virtual basada en las C.G.I, podríamos establecer otra similitud del mismo rango y argumentada en la capacidad intrínseca de la *visibilidad*, entre la escultura contemporánea y las tecnologías de Realidad Aumentada.

### 4 Bibliografía / referencias

- Alberti, L. B.: De pictura. 1436.  
 Albrecht H.J.: Escultura en el siglo XX. E. Blume 1981. Barcelona  
 Azuma, R.: "A Survey of Augmented Reality" en: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, pp. 355–385, Columbus, Ohio. August 1997.  
 Giedion, S.: El presente eterno: Los comienzos del arte. Alianza Editorial. 1981  
 Tucker, W.: "What sculpture is" en: *Studio International*, nº 973. Londres 1974-1975  
[http://www.virtualpublicartproject.com/Virtual\\_Public\\_Art\\_Project/Virtual\\_Public\\_Art\\_Project.html](http://www.virtualpublicartproject.com/Virtual_Public_Art_Project/Virtual_Public_Art_Project.html)

## **Interacción, aprendizaje y enseñanza**



# Supporting Moodle-based lesson of Software Engineering through visual analysis

D. A. Gómez-Aguilar<sup>1</sup>, M. Á. Conde-González<sup>1</sup>, R. Therón<sup>1</sup>, F. J. García-Peñalvo<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Computer Science Department

<sup>2</sup>Computer Science Department / Science Education Research Institute / GRIAL Research Group, University of Salamanca, Spain  
{dialgoag, mconde, theron, fgarcia}@usal.es

**Abstract.** The literature in educational research has established that monitoring student's learning is a crucial component of high quality education. The effective use of CMS requires that instructors can be provided with appropriate means of diagnosing problems so that they can take actions immediately to prevent or overcome those problems. The aim of this research is to support the comprehension of the evolution of the semantic content within eLearning environments through uncovering by means of visual representations. Therefore, we have carried out the meaning of an eLearning database and represented the more relevant results by depicting them using a visualization based on the tag cloud visual representation. Additionally, we have validated our proposal through a case study and found interesting activity patterns during some time periods also we found out some patterns of time delays, between the writing and reading of some posts.

**Keywords:** Visualization, e-learning, timeline, tag cloud, Moodle.

## 1 Introduction

Many universities and colleges around the world, which deliver undergraduate programmes in science and engineering, are currently incorporating virtual instruments as a teaching measurement and analysis tools for student learning. Moodle is a license- free and open-source software platform. It also called Learning Management System (LMS), or Virtual Learning Environment (VLE)).

From the architectural point of view, Moodle is based on a model-view-controller controller. The core system is structured in modules and each of these modules provides a wide set of functions. Each module has a connection and access policy based on their roles. Adding the Web Services (WS) to the Moodle makes it more flexible to control the connecting operation to obtain the optimal service and to reduce the selection service by using accurate attributes from both consumer and service By this method, the Moodle becomes a friendly and easily accessible mechanism to discover, select services and helps to build a high level of trust. This API is the base of developing a set of WS: Moodle-DFWSs. The SOA approach opens a new set of possible contexts of application: the retrieval and display of information from Moodle.

According to [1], Visual Analytics supports the analytical reasoning through interactive visual interfaces. This area has an important limitation towards its implementation within the LMS. The extraction of information from these systems is not trivial and in most cases it means hardcoding the LMS and/or visualization tool. To accomplish this goal, different approaches arise, several of them based on SOA [2]. This article will use the Moodle web services layer [3] as a proxy to retrieval and exchange information.

Munoz-Organero, et al. analysis the effects of motivational states on student performance in an eLearning scenario and figures out the correlation between the student interaction patterns of the VLE and his/her level of motivation. One of these results indicates to the possibility of predicting deficits in autonomous and eLearning specific motivations by analysing the interactions of the students of the VLE. The number of the hitting of reading eLearning content, participating in forums, and a student's updating of his or her profile have been positively correlated with autonomous and eLearning-specific motivations [4]. In the case that subjects related to technical careers, and more of these related to engineering subjects, learning needs to be evolved due to three main factors: Rapidly technology changes, it provides new solutions and we need to constantly update the content [5]. students usually use any kind of web 2.0 tools from different devices and we must try to figure out what method or tool should be applied, also how and when are we going to use it.. Also we have to learn from the previous errors. We can choose to discard some of the elements or adjust them to better uses so that we can benefit from these changes; the interaction of the students is fundamental. With this in our mind, we are in a time in which the subjects will change and come up with new learning and teaching initiatives.

The Moodle "Reports" is one of such objects that could be very useful in analysing the level of interactivity between the instructor and students during the delivery of a courseware. Nevertheless, after having a brief interactivity and it becomes unusable when representing great quantities of data. Usually, Tag clouds are created by mapping a dimension that associated with a term in an underlying data to a dimension parameter which determines how the term should be displayed. However, in Moodle, the principal task of tagclouds is Recognition/Matching. Tagclouds can evolve along the changes of the associated data source over time. Although tagclouds seem to invite exposure of their evolution over time, they do not explicitly represent them. **1.**

This paper is organized as follows. In the next section we outline the related work in order to provide context for our description of Temporal Words Clouds, which is followed in Section 3. Section 4 describes the study and results along with the alternative visualizations we used in the study. then We conclude the paper with a principal contributions ,conclusions and suggestions for future work.

## **2 Related work**

Currently, the increasing use of new technologies to support learning has fostered the creation of tools that help extract information that is not available at first sight. This is essential for the improvement of the learning process from the point of view of decision makers, content providers, teachers and students, all of whom will benefit

from the use of effective analytical tools for current e-learning platforms. For a better comprehension of the related works, were classified into two categories: tag cloud and supporting eLearning.

### *Tag Clouds.*

The particular purpose of a tagcloud is to present a visual overview of a collection of text. By this criterion, the first example may seem to be the outcome of an experiment carried out by social psychologist Stanley Milgram in 1976 [6]. Milgram asked people to name every landmark in Paris, and then created a collective “mental map” of the city by using font size to show how often each place was mentioned. Tagclouds support the navigation of the underlying items, automatically serving created tables-of-contents or indices into a block/batch/set of content. And, much as a table of contents or index can do for a book, a menu of categories can do the same for a website, they provide many ways for users to form a general impression of the underlying set of content and “gist” which is the book or site about. Nowadays, among high-profile websites exists a considerable research which can improve tag cloud layouts: Flickr,Del.icio.us; TagCrowd; Tagline Generator; Tag Cloud Generator; Wordle; Manyeyes. Tagline Generator allows people to generate a sequence of tag clouds which are associated with time from a collection of documents; a dynamic slider control is used to navigate the time points, but only one tag cloud can be shown at a time. Additional enhancements include the use of spatial algorithms to pack the words within a tag cloud into a smaller area, and it also cluster algorithms so tags which are used together or have the similar meanings will be placed near each other. Kaser and Lemire organized tags in nested tables for HTML based sites by using an Electronic Design Automation (EDA) packing algorithm [7]. In the work presented by Torniai et al. the tag cloud employs the size and colour of tags to convey the information describing the tags popularity and relevancy to the teachers, respectively [8]. Seifert et al. proposed a new algorithm to address several issues found in the traditional layouts [9]. It creates compact and clear layouts by reducing whitespace and featuring arbitrary convex polygons to bond the terms. Tree Cloud arranges words to a tree to reflect their semantic proximity according to the text [10]. Research efforts that attempt to understand the effectiveness and utility of tag clouds generally fall into one or two categories; those which investigate the visual features of tag clouds and those which compare tag clouds with different layouts. Bateman et al. compared nine visual properties of tag clouds for their effects on visual search for tags [11]. Their results show that font size and font weight have stronger effects than others such as colour intensity, number of characters, or tag area. Rivadeneira et al. conducted two experiments [12]. In the first study, they examined the effect of font size, location, and proximity to the largest tag, asking participants to recall terms (for 60 seconds) that were previously presented in tag clouds (for 20 seconds). In the second study, they investigated the effect of both font size and word layout on users’ abilities to form an impression (gist). From both studies, in accordance with previous research, a strong effect of font size is shown. Halvey and Keane compared tag clouds with traditional lists (horizontal and vertical), each with regular vs. alphabetical order by asking participant to find a specific tag [13]. They found that lists perform better than tag clouds and alphabetical order accelerates the search speed.

In usage, tag clouds can evolve to the associated data source changes over time. Interesting discussions around tag clouds often include a series of tag clouds and considering trends of their tags over time. This very desire of studying the trends and understanding how text content and topics evolve over time has been the purpose of other visualizations, for instants, the commonly used line graphs and bar charts. However, despite of the significant amount of researches on tag clouds, there were not so much researches on how to visualize trends in tag clouds. Parallel Tag Clouds (PTCs) is designed to provide an overview of a document collection by incorporating graphical elements of parallel which coordinate with the text size encoding of traditional tag clouds [14]. Meanwhile PTCs do show the multiple clouds simultaneously, they do not explicitly represent the trends, thus comparing multiple tag clouds to ascertain trends places the cognitive demands on person. Bongshin, et al. integrate sparklines into a tag cloud to convey trends between multiple tag clouds. Also they makes controlled study to explore the efficacy of temporal representation on tag cloud to see SparkClouds [15]. The first attempt to use the tag cloud view as a part of the coordinated multiple views (CMV) system was by Matkovic, et al. [16], the tag cloud was used to identify the months in which the immigrants succeeded most (most landings). Weiwei, et al. introduces a visualization method that couples a trend chart with word clouds to illustrate temporal content evolutions in a set of documents [17]. To convey the evidence of change across multiple tag clouds better, we developed a new breed of tag cloud that integrates wave graph and bar graph into a tag cloud.

#### *Supporting eLearning .*

Due to the limited space, some experiences in other papers which deal with the analysis of information generated by the CMS through visual representations are listed and briefly explained below. The reviewed works focus on different aspects of online learning and some basic concepts will be explained. Each message has a sender, date, and topic. A set of posts on the discussion topic, comprised of an initial post and all its responses is called a thread. The person who sent the initial message in a thread is called the originator. Mazza and Milani [18] showed the instant in which users enter the platform and a representation of the frequency of reading and writing in the fora, as well as the thread originator. In [19] the visits and posts over time for each person in a CMS were shown, while in [20] the authors presented the mapping of temporal relations of discussions on software, aimed at helping analyse the discussions of the temporal aspects of online educational course. Finally, Mazza and Dimitrova [21] suggested a scatter-plot-based representation of the online discussions and a matrix to visualize the students' performance on quizzes related to domain concepts. Another group of works dealt with the use of visualization instead of information analysis, as part of the learning process or as a supportive resource for coursework [22]. Dichev et al. [23] make use of ontologies and propose the display of thematic maps with the support of semantic information, in addition to their interactive administrations. In our previous work [24], we have proposed interactive visualizations of the social networks that are formed among the participants based on an activity on the educational online platform. the review of the search patterns in the interaction of the learning networks was referred to [25]. Finally, a work which was closely related to the present article is [26], addressed the display of narrative

structures and the learning style of students in the systems of e-learning and also the use of a simple time line for selecting the narrative structures. On the other hand, outside of the field of educational computer science, the visual representation of evolution over time has propitiated numerous works, to some extent, share similar features with our work. Apart from examining the representation of timelines, the ways of interaction with the user have also been the object of study. In addition, [27] reviewed the different available techniques of temporal visualization and classified them. Finally, another work by [28] reviewed different ways of displaying temporary data according to the features each one has.

### 3 Description of Temporal tag cloud

Visual representations help users to quickly perceive salient aspects of their data. Augmenting the cognitive reasoning process with perceptual reasoning through visual representations permits the analytical process to become faster and more focused. The main goal of the visualization is to provide a compact representation of the overall use of the forums' interaction on VLE, thus providing an overview of the eLearning platform interest, activities and its evolution over the time.

Usually, a tagcloud presents a certain number of most often used tags in a defined area of the user interface. A tag's popularity is expressed by its font size (relative to the other tags) Sometimes, further visual properties, such as the font colour, intensity, or weight, are manipulated (for an overview see [11]). Next to their visualization function, tagclouds are also navigation interfaces as the tags are usually hyperlinks leading to a collection of items they are associated with. However, tagclouds are not only used to display tag sets but are also increasingly applied in other contexts and for various data sets, for instance, in the areas of information visualization or text summarization (cp. [29]). Furthermore, several layout variations emerged on the basic design principles of tag clouds. Most popular is the 'classic' rectangular tag arrangement with alphabetical sorting in a sequential line-by-line.



**Fig. 1. Representation of a single tag on Temporal tagcloud**

#### *Representation of tagcloud.*

The goal of the representation for each tag is to represent not only how much it is highlighted, but also the evolution of this representativeness over the time. Fig. 1 provides an overview of a tag with its three main components: the bar-graph, wave-graph representation and the tag. The bar-graph and wave-graph representation depicts the significance of document content, represented by a word, over time. The size of the font word represents the meaningful of the word on forum activity of the VLE. The curves that shown in the Fig. 1 present the significance of the word, which is depicted on background, extracted from a stream of forum posts. The thin lines that grow up from the bottom of the word to the top, are the representation of the bar-graph. To further improve readability of the meaning of the curves and the bars, they

are assigned with different colours depending on their activity, green for update-post, red for read-post, and blue for add-post. The x-axis encodes the time and the y-axis encodes the significance of the word clouds. The interactive visual tool can be used to analyze the usage of a CMS over time. Later, this view can be adapted to the user's requirements, so she can explore all the available discussions, forums, courses and users data, going from the overview to the detail of a given person, course or discussion within a period of time.



**Fig. 2. On left, Global view of temporal tagcloud of forum posts. On right, Global view of temporal tagcloud of discussions**

The interactive visual tool can be used to analyse the usage of a CMS over time. Also, shows the most relevant words from the forums' activity. Here the user can chose, through the contextual menu interaction (see Fig. 2 right), to view among the keywords: the users, the courses, the discussions and the subjects of forum posts and the obtained from the analysis of all the semantic content of all forum posts exchanged in the platform. One of the interested visual analytic technic used on this work is the semantic zoom. A physical zoom, on the one hand, changes the size and visible detail of objects. A semantic zoom, on the other hand, changes the type and meaning of information displayed by the object [30]. The Temporal tagcloud allows both types of zooming, but the emphasis is on the different shapes that are formed depending on the chosen degree of detail, i.e., semantic zoom in the mouse double click interaction over the word. When the users use the semantic zoom, depending on the context, the tool selects for analyse the forum-posts related with the word zoomed. For example, in the case of the user makes semantic zoom on a word, the tool takes all forum posts that contends the specific word selected to do the reconstruction of the temporal tagcloud. Furthermore the user can choose what he wants to see. He can draw or hide every element of the representation on the visualization. For example, notice the difference between Fig. 2 left, where all elements are showed, and Fig. 2 right which have only represented the tags.

## 4 Case study

This paper is based upon the study of “view, update and post” statistics obtained through the real time “Reports” from the logs of the Software Engineering course during the academic year 2008-2009 and 2009-2010, we are considering 88100 log

entries. In both courses the subject has been developed in the first semester of the academic year (September to February) and had an average of about 160 students. With that information which is intended to conduct a study to determine the moments of greatest activity in platform and how often and for what purpose they are using the forums. That is why we are going to apply the Temporal tagcloud on the data. Regarding the forum analysis, we are going to consider 51 forums, with 114 discussion threads, 172 posts and 26979 forum accesses. That would mean 2907 different words with respect to a total of 9332. The result of the application of Temporal tagcloud is shown in Figure 2.



**Fig. 3. View of tag “problema”.**

Monitoring a specific theme, forum, discussion or course, the user, as a normally conversation or discussion, tries to maintain the track of all discussions, forums and posts that they make. In the Figure 2, we could see the most used words in a bigger size. From this figure we could obtain several conclusions related to how the forums are used: Informative use. The forum is used to inform students about events related to the subject, such as: announcements, schedule changes, dissertation defence, list of assignment submissions and so on. The follow words must be highlighted in this sense: Noticia, Aviso, Defensa, Convoca, Examen, Hora, etc; Modelling Discussions. Considering issues and tools related to Software Engineering subject such as: Discusión, Entidad, Relación, Base, Datos, Diagrama, Atributo, Modelo, SET, etc. Doubts Resolution. When the forum is used to answer questions relating to different areas of the subject. For example: USAL (Universidad de Salamanca), semana, problema, prácticas, duda, forma, despacho, entrega, solución, etc.

Also, the users need to review, update and to monitor the most frequent discussions, posts, specific problem or student. Theoretically, the increase should be focused on the months of October and November and may be included a part of December. This is because they are the busiest months and when the Workshops take place. In Fig. 2 left and Fig. 3 can be seen that each tagcloud can show (see the “problema” tagcloud) the specific period of time on wave-graph through the mouse move interaction. Moreover, with the same behaviour interaction, the bar-graph permits to the professor see the specific date of the activities. Therefore, it shows that periods of increased activity in the courses commented correspond to the months of classroom teaching, with particularly representative peaks around the dates of the workshops. This makes sense since the students had to use the platform for the delivery of their solution proposal and because these exercises later will be commented in the forums. 2.

In Fig. 1, we could observe this phenomenon with the word practice. Taking into consideration adding posts (in blue) we could see that the information of the Practice is added at the beginning of the course. Considering update posts (in green) we can see that there are very few updates in Practice information. Regarding to read-post, given its rightward shift on the word symbolizes that first appears midway through the



Impression Formation or Gisting: Looking at the tagcloud as a means to form a general impression of the underlying data set or entity associated with it; Recognition/Matching: Recognizing which of several sets of information or entities a tagcloud is likely to represent; Understanding evolution of the tag: understanding topic trends for two or more continuous time points. **Time-based tag cloud layout** that balances semantic coherence of content and spatial stability of the visualization to help users easily perceive content updates.

Should be added that the visualization tool is continually evolving and throughout the writing of this article, there are new features. Including synonyms and plurals binding (with the use of ontology) and the representation of the space of words at a forum or course, but for this case study were not considered.

## 6 References

1. Thomas, J.J., Cook, K.A.: The Science of Analytical Reasoning. Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics, pp. 32-68. National Visualization and Analytics Ctr (2005)
2. Jeff A. Estefan, Propulsion, J., Ken Laskey, M., Francis G. McCabe, Danny Thornton, d.: Reference Architecture for Service Oriented Architecture Version 0.3. (2008)
3. Conde González, M.Á., García Peñalvo, F.J., Casany Guerrero, M.J., Alier Forment, M.: Adapting LMS architecture to the SOA an Architectural Approach. In: M. Perry, H.S., M. Ehmann, G. Ortiz Bellot, O. Dini (Eds.) (ed.) Internet and Web Applications and Services ICIW 2009, pp. 322-327. Los Alamitos, California, USA: IEEE Computer Society, Venice/Mestre, Italy (2009)
4. Munoz-Organero, M., Munoz-Merino, P.J., Kloos, C.D.: Student Behavior and Interaction Patterns With an LMS as Motivation Predictors in E-Learning Settings. Education, IEEE Transactions on 53, 463-470 (2010)
5. Jenkins, H.: Convergence Culture: Where Old and New Media Collide. NYU Press, New York (2006)
6. Milgram, S., Jodelet., D.: Psychological Maps of Paris. In: H. Proshansky, W.I., A. Rivlin (ed.) Environmental Psychology: People and Their Physical Settings, pp. 104–124. Holt, Rinehart and Winston, New York (1976)
7. Kaser, O., Lemire, D.: Tag-Cloud Drawing: Algorithms for Cloud Visualization. In: Conference Tag-Cloud Drawing: Algorithms for Cloud Visualization. (Year)
8. Torniai, C., Jovanovic, J., Gasevic, D., Bateman, S., Hatala, M.: E-Learning meets the Social Semantic Web. In: Conference E-Learning meets the Social Semantic Web, pp. 389-393. (Year)
9. Seifert, C., Kump, B., Kienreich, W., Granitzer, G., Granitzer, M.: On the Beauty and Usability of Tag Clouds. In: Conference On the Beauty and Usability of Tag Clouds, pp. 17-25. (Year)
10. Gambette, P., Véronis, J.: Visualising a Text with a Tree Cloud. In: Locarek-Junge, H., Weihs, C. (eds.) Classification as a Tool for Research, pp. 561-569. Springer Berlin Heidelberg (2010)
11. Bateman, S., Gutwin, C., Nacenta, M.: Seeing things in the clouds: the effect of visual features on tag cloud selections. Proceedings of the nineteenth ACM conference on Hypertext and hypermedia, pp. 193-202. ACM, Pittsburgh, PA, USA (2008)
12. Rivadeneira, A.W., Gruen, D.M., Muller, M.J., Millen, D.R.: Getting our head in the clouds: toward evaluation studies of tagclouds. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp. 995-998. ACM, San Jose, California, USA (2007)

13. Halvey, M.J., Keane, M.T.: An assessment of tag presentation techniques. Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, pp. 1313-1314. ACM, Banff, Alberta, Canada (2007)
14. Collins, C., Viegas, F.B., Wattenberg, M.: Parallel Tag Clouds to explore and analyze faceted text corpora. In: Conference Parallel Tag Clouds to explore and analyze faceted text corpora, pp. 91-98. (Year)
15. Bongshin, L., Riche, N.H., Karlson, A.K., Carpendale, S.: SparkClouds: Visualizing Trends in Tag Clouds. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on 16, 1182-1189 (2010)
16. Matkovic, K., Ammer, A., Gracanin, D., Purgathofer, W., Lez, A.: Event Line View: Interactive Visual Analysis of Irregular Time-dependent Data. In: Conference Event Line View: Interactive Visual Analysis of Irregular Time-dependent Data. Springer, (Year)
17. Weiwei, C., Yingcai, W., Shixia, L., Furu, W., Zhou, M.X., Huamin, Q.: Context preserving dynamic word cloud visualization. In: Conference Context preserving dynamic word cloud visualization, pp. 121-128. (Year)
18. Mazza, R., Milani, C.: GISMO: a Graphical Interactive Student Monitoring Tool for Course Management Systems. 18--19 (2004)
19. Hardless, C., Nulden, U.: Visualizing Learning Activities to Support Tutors. 312--313 (1999)
20. Gibbs, W.J., Olexa, V., Bernas, R.S.: A Visualization Tool for Managing and Studying Online Communications. 9, 232--243 (2006)
21. Mazza, R., Dimitrova, V.: Generation of graphical representations of student tracking data in course management systems. Information Visualisation, 2005. Proceedings. Ninth International Conference on 253-258 (2005)
22. Lauer, T.: Learner interaction with algorithm visualizations: viewing vs. changing vs. constructing. 202--206 (2006)
23. Dicheva, D., Dichev, C., Wang, D.: Visualizing topic maps for e-learning. Advanced Learning Technologies, (ICALT) IEEE International Conference on 6, 950-951 (2005)
24. Gómez-Aguilar, D.A., Therón Sánchez, R., García Peñalvo, F.J.: Understanding educational relationships in Moodle with ViMoodle. Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT 2008. 8th IEEE International Conference on 6, 954-956 (2008)
25. de Laat, M., Lally, V., Lipponen, L., Simons, R.-J.: Investigating patterns of interaction in networked learning and computer-supported collaborative learning: A role for Social Network Analysis. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning 2, 87 - 103 (2007)
26. Williams, F.P., Conlan, O.: Visualizing Narrative Structures and Learning Style Information in Personalized e-Learning Systems. Advanced Learning Technologies, (ICALT) IEEE International Conference on 872-876 (2007)
27. Daassi, C., Nigay, L., Fauvet, M.C.: A taxonomy of temporal data visualization techniques. Revue Information-Interaction-Intelligence, Revue en Sciences du Traitement de l'Information (A journal in the Sciences of Information Engineering) Vol. 5, No 2 41-63 (2006)
28. Aigner, W., Miksch, S., Müller, W., Schumann, H., Tominski, C.: Visualizing time-oriented data-A systematic view. Comput. Graph. 31, 401--409 (2007)
29. Viégas, F.B., Wattenberg, M.: Tag clouds and the case for vernacular visualization. interactions 15, 49-52 (2008)
30. Modjeska, D.: Navigation in Electronic Worlds: Research Review for Depth Oral Exam David Modjeska Department of Computer Science. (1997)
31. Farrell, S., Lau, T.: Fringe Contacts: People-Tagging for the Enterprise. Proceedings of the WWW 2006 Collaborative Web Tagging Workshop (2006)

## **WastEdu: Usando una plataforma de Interfaces Tangibles con fines didácticos**

Guillermo Frías Marín, Javier Marco Rubio, Francisco J. Serón Arbeloa<sup>1</sup>, Pedro M. Latorre Andrés<sup>1</sup> y Ana C. De Echave Sanz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón  
Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA)

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación  
Universidad de Zaragoza

{gfrias, javi.marco, seron, platorre, aechave}@unizar.es

**Resumen.** Este artículo describe una aplicación didáctica para una plataforma de experimentación de interfaces tangibles. La plataforma desarrollada dispone de un conjunto de objetos físicos, manipulables por los alumnos, y cuya localización en el sistema se realiza por medio de un hardware y software de reconocimiento visual. Varios de estos objetos, pueden desplazarse autónomamente mediante la utilización de componentes Lego Mindstorm. En el ejemplo de uso que se expone se presenta un juego tangible y colaborativo para el aprendizaje de la separación de los residuos domésticos.

**Palabras clave:** Interfaces tangibles, aprendizaje colaborativo, superficies activas, Mindstorm.

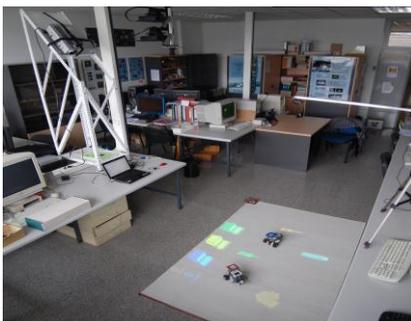
### **1 Introducción**

La utilización de aplicaciones educativas basadas en interacción tangible, está mostrando importantes potencialidades en entornos educativos [2]. La familiaridad de objetos físicos convencionales, así como su manipulación en entornos abiertos a las actividades en grupo y colaborativas son ingredientes atrayentes para ser aplicados en el entorno escolar. La utilización de “juguetes inteligentes” propuesta por Resnik [4] así como recientes trabajos en los que se utilizan objetos activos usando componentes Lego MindStorm [3] [5], ha inspirado la realización de un juego colaborativo tangible para estudiantes de educación secundaria, el cual se describe a continuación.

## 2 Aplicación tangible colaborativa: WastEdu

### 2.1 Plataforma de juego

La propuesta que se presenta, aprovecha la plataforma TANGIBLE [1], que permite el prototipado rápido de aplicaciones tangibles colaborativas usando elementos físicos pasivos y activos (basados en vehículos construidos con Lego Mindstorm) sobre un área del suelo aumentada mediante proyección. (ver fig. 1)



**Fig. 1.** Vista general de la plataforma TANGIBLE.

El entorno de laboratorio descrito se ha aplicado para una colaboración educación – ingeniería, buscando valerse de nuevas formas de interacción con el ordenador en entornos de educación secundaria. Por este motivo hemos colaborado con la Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza y diversos centros de educación primaria y secundaria de la capital aragonesa con la finalidad de investigar nuevas intervenciones didácticas en el contexto escolar. Así, en las sucesivas reuniones mantenidas con los profesores, se ha diseñado conjuntamente un juego educativo para reforzar contenidos transversales de educación ambiental de los currículos de Educación Primaria y Secundaria.

### 2.2 Dinámica del juego

El objetivo fundamental del juego es que los participantes aprendan a separar correctamente los residuos a reciclar. Para ellos, los estudiantes tienen que identificar objetos-residuos hechos de materiales diferentes y separarlos para su posterior reciclado.

El juego está compuesto por una serie de objetos manipulables (ver fig. 2):

- Vehículos: son los objetos físicos activos del juego ya que pueden ser manipulados tanto por el usuario como por el sistema. Se encargan de recoger residuos virtuales y tirarlos a un contenedor determinado.
- Marcadores: son objetos físicos pasivos, ya que el usuario puede manipularlos, pero no el sistema. Son utilizados por el usuario para señalar el residuo a recoger por un determinado robot.

El resto de elementos del juego son virtuales y aparecen dibujados por el sistema de proyección (ver fig. 2):

- Residuos: Los objetos físicos activos pueden interactuar con ellos recogiendo y trasladándolos a un contenedor. El usuario también puede interactuar con ellos señalándolos con un marcador.
- Contenedores: Son el destino de los residuos y se encuentran situados en la parte inferior del escenario.



**Fig. 2.** Área de juego, con elementos físicos y virtuales

Los estudiantes se dividen en dos equipos al comienzo del juego. Cada uno de los equipos tendrá a su cargo un vehículo. Al empezar el juego aparecen proyectados sobre la zona de juego una serie de residuos. Los jugadores sitúan sus respectivos vehículos en la zona de salida indicando un tipo de residuo en el que quieren que se especialice su vehículo (vidrios, plásticos, papel y cartón, latas o pilas) y a continuación colocar un marcador sobre el residuo (tarea de clasificación) que debe ir a recoger el vehículo. A continuación el vehículo recoge el residuo y lo tira al contenedor correspondiente al tipo en el que está especializado. Si el contenedor es el correcto para este tipo de residuo el equipo gana un punto, en cambio si no es correcto el residuo va a la zona de acumulación del equipo. Si en algún momento uno de los dos equipos acumula 6 residuos incorrectamente clasificados el juego termina en ese momento y el equipo pierde. Una vez reciclado un residuo el vehículo se dirige a la zona de parking donde esperará a recibir una nueva orden. Al terminar el tiempo estipulado para la partida el juego termina y gana el equipo que haya conseguido más puntos.

Los jugadores deben de actuar en equipos, repartiéndose los diferentes roles que hay en el juego, de manera que este se desarrolle de forma colaborativa. Así por ejemplo uno de los jugadores será el encargado de colocar el vehículo en el área de salida correcta y otro deberá colocar los marcadores para señalar el destino del vehículo.

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se ha descrito una plataforma que permite el ensayo de interfaces tangibles multimodales en laboratorio. Este entorno ha permitido la creación de una aplicación educativa de reciclaje diseñada multidisciplinariamente por profesores, alumnos e ingenieros. El objetivo es aportar una nueva herramienta en el entorno educativo para la creación de actividades manipulativas y colaborativas soportadas por la tecnología digital.

El conjunto permite desarrollar entornos de experimentación que permiten la interacción con el usuario mediante el uso de elementos físicos activos y pasivos localizados en el plano y representaciones visuales 2D y 3D.

Tras las primeras pruebas de la plataforma y la aplicación en un entorno de laboratorio se ha visto la necesidad de realizar en un futuro una evaluación dentro del entorno escolar. Los aspectos pendientes en los que se ha empezado a trabajar son los siguientes:

- Trasladar la plataforma al entorno escolar y planificar evaluaciones precisas de los resultados pedagógicos.
- Trabajar en una mejora de la aplicación para que se puedan obtener resultados provechosos en la evaluación tanto por la parte técnica como por la parte educativa. Para esto es indispensable trabajar mano a mano con educadores y pedagogos.
- Diseñar una herramienta de autor para la creación y prototipado de interfaces tangibles de usuario en nuestra plataforma, permitiendo así el diseño de nuevos juegos.

## Referencias

- [1]. Frías, G., Marco, J., Serón, F.J., Latorre, P.M.: TANGIBLE: Una plataforma de laboratorio para el ensayo de interfaces tangibles y multimodales. X Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Actas del congreso. ISBN 13:978-84-692-5005-1. Barcelona, 7-9 Septiembre, 2009
- [2]. O'Malley, C. and Stanton Fraser, D. Literature Review in Learning with Tangible Technologies. 2004. <http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/>.
- [3]. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books. New York.
- [4]. Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., and Silverman, B. 1998. Digital manipulatives: new toys to think with. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Los Angeles, California, United States, April 18 - 23, 1998)*. C. Karat, A. Lund, J. Coutaz, and J. Karat, Eds. Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, pp. 281-287.
- [5]. Sugiura, Y., Sakamoto, D., Withana, A., Inami, M. and Igarashi, T. 2010. Cooking with robots: designing a household system working in open environments. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 2427-2430.

# Tecnologías Multitáctiles para Mejorar la Visualización de Mapas Colaborativos

Pedro G. Villanueva<sup>1</sup>, Ricardo Tesoriero<sup>1</sup>, Gabriel Sebastián<sup>1</sup>, José A. Gallud<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Informáticos, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario de Albacete, (02071) Albacete, España

<sup>2</sup>Universidad Miguel Hernández, Avda de la Universidad s/n, (03202) Elche, Alicante, España  
{pedro.gonzalez, ricardo.tesoriero}@uclm.es, gabriel.sebastian@alu.uclm.es, jgallud@umh.es

**Resumen.** En este artículo presentamos el sistema Explorador de Mapas Colaborativo, este sistema propone una nueva forma de aprendizaje que ofrece a los estudiantes la posibilidad de explorar o visualizar diferentes capas de información sobre un mapa, perteneciente a una localización geográfica concreta. Los estudiantes trabajan con información compartida a través de una mesa multitáctil donde cada uno de los estudiantes puede visualizar diferentes vistas de una región del mapa. Esta región asociada a cada estudiante, puede ser arrastrada sobre el mapa como una ventana flotante donde se pueden ver las diferentes capas del mapa. La capa del mapa, que se muestra sobre esa ventana flotante, es seleccionada a través de una interfaz de usuario local que se ejecuta en el dispositivo móvil de cada estudiante. El uso de interfaces de usuario distribuidas ofrece a los estudiantes la posibilidad de manejar información compartida e información local en el mismo espacio y al mismo tiempo.

Keywords: HCI, Interfaces de Usuario Distribuidas, Pantallas Acopladas, Superficies Multitáctiles, Sistemas de Información Geográfica.

## 1 Introducción

Las superficies multitáctiles ofrecen una nueva forma de interacción donde los usuarios pueden comunicarse con el entorno realizando más de un gesto natural al mismo tiempo, esto permite que los usuarios puedan interactuar entre ellos en el mismo espacio y al mismo tiempo enriqueciendo la colaboración cara a cara [2].

Durante las tareas de colaboración, los usuarios trabajan con información compartida e información local (información manejada por cada usuario y que no es relevante para los demás usuarios) [1]. Por este motivo se ha optado por utilizar el concepto de Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI) para afrontar el problema de la información compartida y la información local.

La rápida expansión de la tecnología móvil ha tenido un gran impacto en los procesos de aprendizaje siendo la herramienta de soporte del aprendizaje informal [4].

En este trabajo proponemos el uso de superficies multitáctiles como una herramienta para fomentar el aprendizaje colaborativo entre los estudiantes en escenarios de aprendizaje informal.

El objetivo de la herramienta que proponemos, Explorador de Mapas Colaborativo, es poder explorar mapas utilizando una superficie multitáctil y dispositivos móviles para manejar información en un escenario de aprendizaje colaborativo.

Este artículo comienza con un breve repaso de algunos trabajos que están relacionados con esta propuesta. Además, se presentan los objetivos y funcionalidades del sistema para explorar mapas. Finalmente, se recoge una serie de conclusiones y posibles trabajos futuros.

## 2 Trabajos Relacionados

En esta sección presentamos los trabajos relacionados más relevantes dentro de la exploración de mapas usando dispositivos móviles.

La tecnología RFID es utilizada en [3], para ofrecer a los usuarios del metro información sobre medio de transporte y puntos turísticos de la ciudad. Cuando los usuarios aproximan una PDA equipada con un lector RFID a una etiqueta que identifica una posición en el mapa, la información relacionada a esa posición del mapa es mostrada en la pantalla de la PDA.

Aunque esta aproximación tiene algunas ventajas, como la fiabilidad, y el bajo coste del despliegue de los mapas (las etiquetas RFID son muy baratas); los lectores no tienen una gran difusión entre los dispositivos móviles y son caros.

El trabajo Interactive Learning Panels [5] combina el uso de la tecnología RFID con mapas didácticos para mejorar la experiencia de aprendizaje y la colaboración entre profesores y estudiantes.

Desde la perspectiva multitáctil, una interesante aproximación llamada GlobalData se describe en [6] donde los usuarios tienen la posibilidad de obtener información de diferentes regiones del mapa. Este enfoque tiene dos problemas principales.

El uso de una pantalla compartida, como única forma de manipular la información, priva a los usuarios de la posibilidad de manipular información local. Además, el uso de una pantalla simple compartida por varios usuarios al mismo tiempo debería minimizar el uso de la pantalla para información local.

Así, nuestra aproximación combina las ventajas de las aproximaciones basadas en RFID, para trabajar con la información local; con la flexibilidad que aportan las superficies multitáctiles para visualizar y manipular información compartida.

## 3 El Explorador de Mapas Colaborativo

Nuestra propuesta presenta un nuevo entorno de aprendizaje que permite a los estudiantes explorar, de forma colaborativa, diferentes capas de información relativa a una localización geográfica concreta utilizando pantallas acopladas.

Por un lado, el profesor propone tareas a los estudiantes con el objetivo de que trabajen las diferentes capas de determinadas localizaciones geográficas del mapa y se

familiaricen con ellas. Por otro lado, cada estudiante utiliza una PDA a través de la cual selecciona el tipo de información que desea visualizar sobre el mapa que es proyectado en la mesa.

Cuando los estudiantes se autentican en el sistema, una ventana flotante se asocia a cada uno de ellos y se muestra sobre el mapa. La ventana puede ser movida por el estudiante, simplemente arrastrando sus dedos para explorar diferentes localizaciones. Además, los estudiantes también pueden aumentar o disminuir el zoom de la capa de información mostrada dentro de la ventana que tiene cada uno de ellos asociada.

En la Figura 1, se muestra un escenario donde dos estudiantes, María y Luis, están utilizando el sistema Explorador de Mapas Colaborativo. El profesor ha asignado a cada uno de ellos una tarea. María debe localizar las principales ciudades de Extremadura y Luis debe encontrar los principales animales de la fauna de Valencia. Mientras María está explorando la capa política de la comunidad de Extremadura que se visualiza sobre su ventana; Luis sitúa su ventana sobre la comunidad de Valencia para visualizar la información de la fauna de esa zona. Ambos estudiantes puede mover la ventana que tiene asociada cada uno y realizar zoom dentro de la ventana realizando simples gestos con sus dedos.



**Figura 1. Escenario específico de Explorador de Mapa Colaborativo**

El sistema está basado en una arquitectura cliente-servidor. La aplicación servidor está formada por dos componentes: a) el componente de comunicación que permite la comunicación entre los clientes y el servidor; b) el componente de visualización que muestra el mapa de fondo y todas las ventanas de los estudiantes sobre la mesa multitáctil. Este componente es el encargado de mantener el estado de todas las ventanas flotantes que hay asociadas a los estudiantes y cambiar la vista que se muestra en cada una de ellas cada vez que los estudiantes desde sus dispositivos móviles realizan la acción de selección de capa.

La aplicación cliente permite a cada estudiante conectar con el servidor, y seleccionar la capa de información.

## 4 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo presentamos un sistema que permite a los estudiantes explorar diferentes capas de información relativas a un localización geográfica concreta de un mapa utilizando pantallas acopladas.

Gracias a las Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI) tenemos la posibilidad de mostrar la información local en el dispositivo móvil del estudiante, y la información compartida sobre la mesa multitáctil.

El Explorador de Mapas Colaborativo hace uso de la manipulación directa a través de gestos que realizan los estudiantes con los dedos, como arrastrar sobre la mesa multitáctil para explorar diferentes localizaciones del mapa o aumentar o disminuir el zoom de la ventana que tiene asociada el estudiante.

Nuestro sistema mejora dos aspectos importantes respecto a Interactive Learning Panels: la información mostrada en cada momento es dinámica y no es necesario que los dispositivos que utilizan los estudiantes dispongan de hardware adicional. Respecto al sistema GlobalData, nuestro sistema mejora el trabajo colaborativo de los estudiantes para manipular la información local y compartida separando esta información en pantallas diferentes.

En versiones futuras del sistema, incluiremos más acciones que los estudiantes puedan realizar sobre el Sistema de Información Geográfica. Además, se realizará una evaluación del sistema que proponemos con usuarios reales.

## Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiado por el proyecto CDTI CENIT-2008-1019, el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia CICYT TIN2008-06596-C02-0 y los proyectos regionales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030.

## Referencias

1. Ellis, C. A., Gibbs, S. and Rein, G. L. Groupware: Some Issues and Experiences. *Communications of ACM* 34(1), 1991, 39-58.
2. Johansen, R., "Groupware: Computer support for business teams," New York: The Free Press, 1988.
3. Reilly, D., Rodgers, M., Argue, R., Nunes, M. and Inkpen, K. Marked-up maps: combining paper maps and electronic information resources. *Personal and Ubiquitous Computing* 10, 4 (2006), 215-226.
4. Scanlon, E., Jones, A. and Waycott, J. Mobile technologies: prospects for their use in learning in informal science settings. *Journal of Interactive Media in Education* (25), 1-17.
5. Tesoriero, R., Fardoun, H. M., Gallud, J. A., Lozano, M. D. and Penichet, V. M. R. Interactive Learning Panels. *Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains. LNCS 5613* (2009), 236-245.
6. Zadow, U., Daiber, F., Schöning, J., and Krüger, A. GlobalData: Multi-User Interaction with Geographic Information Systems on Interactive Surfaces. *ACM Interactive Tabletops and Surfaces 2010. Saarbrücken, Germany. ISBN: 978-1-4503-0399-6.*

# **Ecosystem Room: Um Sistema Tangível para a Consciencialização Ambiental Infantil**

Miguel Almeida, Teresa Romão

CITI-DI/Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa  
Quinta da Torre  
2829-516 Caparica, Portugal  
mgl.alm@gmail.com, tir@di.fct.unl.pt

**Resumo.** Este artigo apresenta o *Ecosystem Room*, um sistema tangível que visa consciencializar as crianças para os problemas ambientais e incutir comportamentos que contribuam para melhorar as condições do meio ambiente. São também apresentados os teste de utilizadores efectuados, bem como um estudo comparativo entre duas interfaces do *Ecosystem Room*, uma interface tangível e uma interface gráfica convencional.

Keywords: Interfaces tangíveis, Sistemas persuasivos, Interação com crianças.

## **1 Introdução**

A existência de objectos físicos, capazes de comunicar com sistemas computacionais, faz com que a interacção pessoa-máquina se possa tornar mais natural, de forma que ao manipular um objecto conhecido, ainda que simbólico, haja um mapeamento directo numa acção do sistema. Assim se traduzem as interfaces tangíveis [1].

O nosso objectivo é estudar a criação e utilização de aplicações baseadas no contexto e de carácter educativo e persuasivo, que através da consciencialização dos utilizadores, em relação aos problemas ambientais, os levam a adoptar comportamentos mais adequados à resolução desses mesmos problemas.

Desenvolvemos um sistema designado por *Ecosystem Room*, que é vocacionado para crianças e tem como principais objectivos, dar a conhecer o funcionamento de um ecossistema e o impacto das nossas acções no meio ambiente, com vista à alteração do comportamento dos utilizadores face ao equilíbrio ambiental. Desta forma, são ensinadas ao utilizador as relações entre os diversos componentes do ecossistema, assim como as ameaças que estão inerentes ao mesmo.

Este trabalho permite explorar a utilização de mesas interactivas para o ensino de conceitos ambientais e motivação de mudanças de comportamento ambientais em crianças do ensino básico, oferecendo-lhes uma plataforma concreta de aprendizagem e consciencialização através da interacção com objectos físicos.

## 2 Trabalho Relacionado

A consciencialização para os problemas, bem como a compreensão das consequências das nossas acções, podem influenciar o nosso modo de pensar e agir. Fogg [2] introduziu o conceito de Captology (Computers as persuasive technologies) que foca o desenho, a investigação e a análise de sistemas computacionais interactivos criados com o objectivo de alterar atitudes e comportamentos humanos.

Vários trabalhos de investigação anteriores salientam a importância da interacção com objectos físicos para o desenvolvimento cognitivo das crianças. As crianças descobrem e apreendem o mundo à sua volta através do toque, da manipulação e da exploração do mesmo [3]. Piaget também salientou a importância de utilizar objectos físicos para o desenvolvimento cognitivo das crianças [4].

Pretendemos, assim minimizar o uso do teclado e de outros dispositivos periféricos tradicionais e basear a interacção em objectos físicos mais similares aos brinquedos que as crianças estão habituadas a utilizar diariamente. A *Teaching Table* [5] foi criada com o intuito de explorar a utilização de mesas interactivas para o ensino dos fundamentos da matemática a crianças entre os 3 e os 5 anos, através da interacção com objectos físicos. O *Ecosystem Room*, para além de funcionar com uma plataforma de aprendizagem, pretende também influenciar os comportamentos ambientais das crianças através da consciencialização para os problemas ambientais.

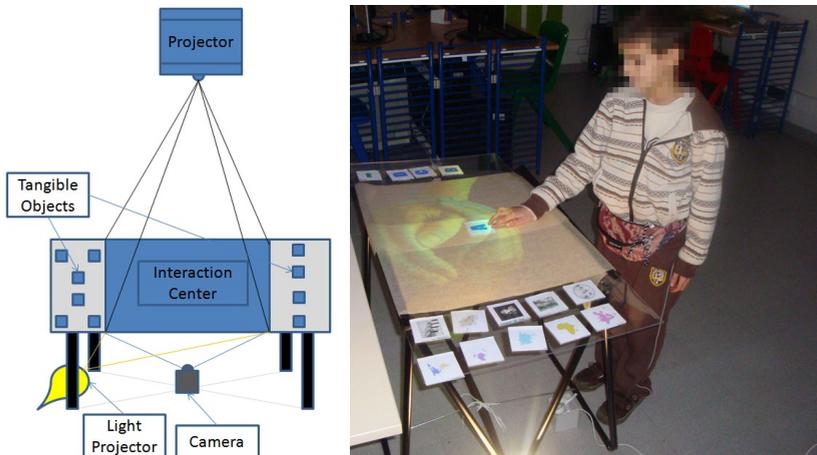
## 3 Descrição e avaliação do Sistema

O *Ecosystem Room* foi desenvolvido através de uma versão estendida e melhorada da *framework* criada por Lobo et al. [6] e que inclui uma ferramenta de autoria que possibilita a criação de aplicações baseadas no contexto, de carácter educativo e persuasivo, por utilizadores sem experiência em programação.

À entrada da sala onde está instalado o *Ecosystem Room*, o utilizador pode visualizar um filme sobre um ecossistema, enquanto uma câmara captura imagens suas para identificação através de um sistema de reconhecimento facial. Os dados dos utilizadores (ex: nome e fotografia) são previamente inseridos na base de dados, o que permite personalizar a aplicação, potenciando o seu efeito persuasivo. De seguida, o utilizador é incentivado, através de instruções áudio personalizadas, a prosseguir para a sala de interacção onde encontra uma mesa interactiva central onde decorre toda a acção do jogo (figura 3a e 3b). Os objectos tangíveis são identificados através de padrões Data Matrix detectados pela câmara.

Ao iniciar o jogo é apresentado ao jogador um vídeo acerca dos ecossistemas, suas componentes e possíveis ameaças que os possam afectar (e.g. caça furtiva, desflorestação, poluição, urbanismo, espécies em vias de extinção). O utilizador é então encorajado, através de instruções áudio, a utilizar o sistema. A criança poderá seleccionar, utilizando os objectos tangíveis, um de cinco filmes, cada um associado a uma possível ameaça para um ecossistema de um dos continentes, ou então iniciar imediatamente a aventura para salvar os vários continentes. Para tal, deve começar por seleccionar um continente, colocando o objecto correspondente ao mesmo no

centro da mesa e, para o salvar, responder acertadamente a pelo menos 2 de 3 questões sobre as ameaças que afectam o continente seleccionado. O utilizador ganha o jogo quando conseguir salvar todos os continentes, deixando o mundo a salvo.



**Fig. 3.** (a) Estrutura da mesa interactiva; (b) Criança a interagir com *Ecosystem Room*.

O estudo subjacente à construção deste sistema é comparar a potencialidade das interfaces tangíveis em relação às interfaces gráficas convencionais, relativamente à problemática da aprendizagem e persuasão através de meios computacionais. Deste modo, foi desenvolvida também uma versão do *Ecosystem Room* com uma interface gráfica convencional em que a interacção é efectuada através de periféricos (ex: rato).

Para avaliar o sistema *Ecosystem Room*, foram realizados alguns testes em que participaram 30 crianças do primeiro ciclo do ensino básico (21 do sexo masculino e 9 do sexo feminino), tendo todas idades compreendidas entre os 8 e os 10 anos.

Cada utilizador entrou sempre duas vezes na *Ecosystem Room*, uma para utilizar a aplicação gráfica, outra para utilizar a aplicação tangível, sendo questionados no final de cada jogo. Metade dos participantes utilizou primeiro a aplicação tangível e a outra metade utilizou primeiro a interface gráfica convencional. Durante a realização dos testes procedeu-se à observação dos utilizadores enquanto estes interagiam com o sistema e eram incentivados a expressar o seu raciocínio.

Antes de qualquer interacção cada utilizador foi questionado no sentido de avaliar os seus conhecimentos acerca dos ecossistemas, das ameaças que os afectam e das espécies em via de extinção e suas causas. Muitos participantes sabiam o que são espécies em via de extinção e identificaram algumas, mas muito poucos sabiam o que é um ecossistema e nenhum conseguiu indicar o que poderia fazer para ajudar a combater as várias ameaças que os afectam. Foi pedido aos utilizadores para indicarem o grau de motivação para participar no jogo através de um *smileyometer* [7] correspondente a uma escala de 1 (muito desmotivado) a 5 (muito motivado). Todos se manifestaram motivados (média=4.53, desvio padrão = 0,5).

No final de cada jogo os utilizadores mostraram-se bastante satisfeitos e indicaram ter gostado bastante do jogo. Mostraram ainda ter assimilado alguns conhecimentos

sobre os ecossistemas, tendo em conta a comparação das respostas dadas, antes e depois do jogo, às questões relacionadas. As crianças mostraram-se também sensibilizadas para as questões ambientais abordadas.

Foi notória a preferência dos utilizadores pela interface tangível (27 em 30 utilizadores). Os participantes também indicaram preferir a interface tangível quando questionados sobre qual a que gostariam de utilizar para aplicações de estudo, ou seja para efeitos de aprendizagem (29 em 30). Alguns participantes sugeriram a dupla utilidade da mesa: como objecto físico de suporte ao estudo e como tutor inteligente.

## 4 Conclusões e Trabalho Futuro

O trabalho apresentado explora a utilização de mesas interactivas na aprendizagem, consciencialização e mudança de comportamento ambiental, através da interacção com objectos físicos. Os resultados da avaliação do *Ecosystem Room* foram bastante positivos, tendo as crianças manifestado bastante entusiasmo na utilização do sistema e revelado a aquisição de conhecimentos e a sensibilização para os problemas ambientais abordados. O estudo revelou uma clara preferência dos utilizadores pela interface tangível quando comparada com a interface tradicional. Contudo, para podermos obter resultados mais conclusivos, que permitam uma avaliação da capacidade educativa e persuasiva deste tipo de sistemas, serão necessários estudos mais prolongados que pretendemos efectuar futuramente.

**Acknowledgments.** Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projecto DEAP (PTDC/AAC-AMB/104834/2008) financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, Portugal.

## References

1. Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In: CHI'97 Conference on Human factors in Computing Systems, pp. 234–241, ACM Press, New York (1997)
2. Fogg, B. J: Persuasive Technology – Using Computers to Change What We Think and Do. Morgan Kaufman, San Francisco (2003)
3. Strommen, E.F.: *Play? Learning? Both...or neither?*. Annual Meeting of the American Education Research Association, pp.12--16, (2004)
4. Piaget, J.: The construction of reality in the child. Ballantine, New York (1954).
5. Khandelwal, M., Mazalek, A.: Teaching Table: A tangible mentor for pre-K math education. In: 1<sup>st</sup> International Conference on Tangible and Embedded Interaction, pp. 191--194, ACM Press, New York (2007)
6. Lobo, P., Romão, T., Dias, A. E., Danado, J. C.: A Framework to Develop Persuasive Smart Environments. In Tscheligi, M., de Ruyter, B., Markopoulos, P., Wichert, R., Mirlacher, T., Meschterjakov, A., Reitberger, W. (eds.) Ambient Intelligence 2009, LNCS, vol. 5859, pp. 225--234, Springer, Heidelberg (2009)
7. Read, J. C: Validating the fun toolkit: an instrument for measuring children's opinions of technology. *Cognition Technology and Work*, 10, 2, pp. 119–128 (2008).

## **Interacción tangible para desarrollar competencias comunicacionales en educación especial**

Sandra Baldassarri<sup>1</sup>, Javier Marco<sup>1</sup>, Cecilia Sanz<sup>2</sup>, Andrea Guisén<sup>2</sup>,  
Armando de Giusti<sup>2</sup>, Eva Cerezo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza,  
c/Maria de Luna 1, Zaragoza, España

<sup>2</sup> III LIDI - Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata,  
Calle 50 y 120, La Plata, Argentina  
{sandra, javi.marco, ecerezo}@unizar.es, {csanz, aguisen, degiusti}@lidi.unlp.edu.ar

**Abstract.** En este trabajo se presenta una propuesta de aplicación educativa para un dispositivo tabletop orientada a asistir al desarrollo de competencias comunicacionales en alumnos con Necesidades Complejas de Comunicación. Estos alumnos suelen presentar dificultades en el ejercicio del habla y/o del lenguaje comprensivo, y generalmente utilizan Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa para llevar a cabo actos de comunicación. El proceso de significación, en el que el sujeto le otorga sentido a una entidad física externa mediante la construcción de una imagen mental y una imagen acústica, se hace fundamental para estos usuarios. Este trabajo se enfoca en el desarrollo de una herramienta de apoyo para la adquisición del lenguaje basada en interacción tangible. La interacción con el software educativo se lleva a cabo mediante la manipulación física de objetos, pasando de los objetos reales a la identificación de su representación virtual asociada a un sistema de signos gráficos.

**Keywords:** interacción tangible, comunicación aumentativa y alternativa, herramientas de apoyo, educación especial.

### **1 Introducción**

Este artículo se enfoca en el área de Educación Especial, en particular en el grupo de alumnos con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC). Las personas con NCC presentan dificultades en el ejercicio del habla o lenguaje expresivo (ejecución sonora del lenguaje) y/o del lenguaje comprensivo (procesamiento de un código emitido en un sistema convencional y arbitrario de signos hablados o escritos). Muchos de ellos son usuarios de Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC), que son instrumentos que permiten mejorar la comunicación, ya sea aumentando o bien supliendo el lenguaje oral. Para este trabajo interesan aquellos de alta tecnología, que consisten en un software diseñado específicamente para efectuar prácticas de CAA a través de sistemas de signos gráficos, mediante la utilización de recursos hipermedia en un ordenador. El uso de los SAAC de AT

permite efectivizar la sociabilización del usuario en diferentes entornos de la vida cotidiana y convierten el uso de estos dispositivos en una tendencia creciente. Su utilización final implica la tarea de abstracción del objeto real, pasando por la manipulación de signos tangibles e imágenes, hasta llegar a un sistema de signos gráficos [1].

Tecnologías capaces de combinar la manipulación física de objetos y la visualización de su representación gráfica y/o textual, a partir de juegos didácticos, pueden aportar importantes beneficios en este proceso de abstracción del objeto real hasta la identificación de su representación en el plano (sistema de signos gráficos), que requieren las personas con NCC, con el fin de incorporar un SAAC.

En el área de la interacción natural con aplicaciones digitales, las propuestas basadas en interacción tangible están recibiendo últimamente especial atención, dadas sus posibilidades de control de aplicaciones informáticas de forma embebida en objetos de uso cotidiano y bien conocido por los usuarios [2]. La aplicación de interacción tangible en superficies horizontales (tabletops) ha demostrado ser beneficiosa en trabajos realizados con niños con síndromes de relación social [3] [4] [5]. La interacción multimodal, además, permite incorporar diferentes formas de comunicación entre los usuarios y el ordenador, mejorando así la accesibilidad de las aplicaciones [6] [7]. Tomando como partida estos antecedentes, se propone la utilización de un dispositivo tabletop, como una herramienta de interacción tangible y multimodal con un software especialmente diseñado para asistir al desarrollo de competencias comunicacionales propias a la adquisición del lenguaje en potenciales alumnos usuario de SAAC de AT.

## 2 Descripción de la herramienta educativa propuesta

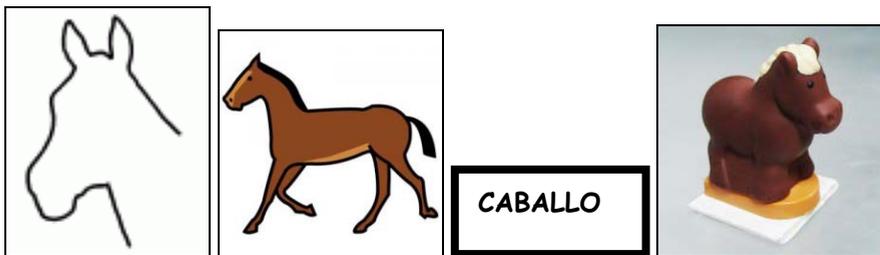
ACoTI (Augmentative Communication through Tangible Interaction) consiste en una herramienta educacional compuesta por una mesa de interacción tangible (NIKVision) [8] y un software o juego de ordenador (ver Fig 1).



**Fig. 1.** Niño jugando con nuestra mesa de interacción tangible

El juego educativo está orientado a mejorar la comunicación a través de la asociación y la clasificación. En él se presenta un conjunto de elementos de forma que el alumno debe identificar cuáles están conceptualmente relacionados con una cierta categoría. Con la utilización de diferentes escenarios para el juego, se aprende e incorpora el léxico del sistema de signos propios a la CAA.

En el monitor aparece un entorno virtual (escenario) incompleto. En la superficie de la mesa se proyectan un conjunto de iconos o símbolos que responden a un vocabulario nuclear organizado en categorías. Cada categoría se ubica en su escenario natural en la superficie de la mesa. El niño dispone de varios objetos que puede colocar en la mesa. El espacio donde debería ubicarse cada elemento se encuentra sugerido, ya sea mediante el contorno de la figura del elemento (Fig. 2.a), el pictograma donde se expresa su representación simbólica (Fig. 2.b), o la palabra escrita (Fig. 2.c). Esto dependerá de la forma en que el docente elija trabajar. La tarea del alumno consiste en completar el escenario mediante la asociación del objeto (Fig. 2.d) con alguna de sus representaciones proyectadas en la mesa. Cada vez que el niño ubica correctamente el objeto, la imagen del elemento se incorpora al escenario y cuando se han ubicados todos el juego informa al alumno, mediante sonido e imagen, que ha realizado su tarea satisfactoriamente.



**Fig. 2.** a. Contorno del objeto a asociar con el objeto miniatura - b. Pictograma a asociar con el objeto miniatura - c. Palabra escrita a asociar con el objeto miniatura - d. Objeto miniatura que el alumno manipula

Mediante la manipulación de los elementos miniatura que brinda ACoTI el sujeto “vivencia” el objeto, lo percibe. Luego, la identificación de su representación en la interfaz gráfica de usuario impulsa el proceso de significación en el que el sujeto le otorga sentido a la entidad física, mediante la construcción de su concepto e imagen acústica. En la medida en que el docente configura el sistema para la visualización de signos cada vez más complejos, el alumno logra un mayor grado de abstracción del objeto real.

De esta manera, ACoTI es una herramienta de apoyo a la abstracción del objeto real hasta su identificación en el plano, competencia comunicacional básica para la adquisición del lenguaje. A medida en que se trabaja con los diferentes escenarios, se aprende y se amplía el léxico del sistema de símbolos con los que, más adelante, se conformará el SAAC. A lo largo de este proceso se motiva al alumno y se lo estimula a partir de diferentes representaciones multimedia.

Por otra parte, la herramienta diseñada permite definir si se trabaja de forma individual o grupal para fomentar las dinámicas colaborativas, permite realizar aprendizaje situado (se trabaja a partir de escenarios que forman parte de la vida

diaria de los usuarios), permite incluir las diferentes categorías que utilizan los SAAC y ofrecen interacción multimodal abordando la comunicación a través de diferentes medios: audio, imagen estática, imagen dinámica, texto, etc.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

Con la creación de esta aplicación educativa se busca innovar en el uso de TIC en este escenario educativo, al integrar una nueva herramienta al conjunto de materiales didácticos creativos y “Tecnologías de apoyo” que se utilizan habitualmente.

Actualmente esta herramienta está en una fase de implementación y evaluación en aulas de colegios de educación especial para comprobar el grado de aceptación, por parte de los usuarios reales y los educadores. Los resultados de la evaluación se tendrán en cuenta para realizar modificaciones y posibles mejoras.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto “AVIM-Agentes Virtuales Inteligentes y Multimodales” (Universidad de Zaragoza, España), el proyecto “Tecnología y aplicaciones en Sistemas de Software Distribuidos” (Universidad Nacional de La Plata, Argentina) y por el Gobierno de Aragón a través de los proyectos de cooperación entre departamentos de universidad y de institutos de educación secundaria. Se agradece la colaboración de varias instituciones relacionadas con Educación Especial: CPEE Alborada, VITRA, AEDIN.

## Referencias

1. Boix J., Basil C.: CAA en atención temprana. Comunicación y pedagogía: NT y recursos didácticos. ISSN: 1136-7733, N° 205, pp. 29-35. (2005)
2. O'Malley, C., Fraser D.S.: Literature Review in Learning with Tangible Technologies. NESTA Futurelab (2004)
3. Piper, A. M., O'Brien, E., Morris, M. R., Winograd, T.: SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. 20<sup>th</sup> Conference on Computer Supported Cooperative Work. (2006).
4. Veen, M. van.: Improving collaboration with raketeer: development of a serious game with multi-touch interaction for teaching children with PDD-NOS collaboration. Doctoral thesis. Rijksuniversiteit Groningen (2009)
5. Battocchi A., Ben-Sasson A., Esposito G., Gal E. Pianesi F., Tomasini D., Venuti P., Weiss P. L. and Zancanaro M.: Collaborative Puzzle Game: a Tabletop Interface for Fostering Collaborative Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. Journal of Assistive Technologies. 4(1): pp. 4-14 (2010)
6. Tartaro A., Cassell J.: Playing with virtual peers: bootstrapping contingent discourse in children with autism. 8<sup>th</sup> International conference for the learning sciences. Vol. 2. (2008)
7. Foster M. E., Avramides K., Bernardini S., Chen J., Frauenberger C., Lemon O., Porayska-Pomsta K.: Supporting children's social communication skills through interactive narratives with virtual characters. International Conference on Multimedia. pp. 1111-1114 (2010)
8. Marco, J, Cerezo, E., Baldassarri, S. Mazzone, E. Read, J.: Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children. 23<sup>rd</sup> BCS Conference on Human Computer Interaction. pp. 103-111. (2009)

## **Realidad virtual aumentada II**



## **Espejo Aumentado: sistema interactivo de Realidad Aumentada basado en Kinect.**

Lucía Vera, Jesús Gimeno, Inmaculada Coma, Marcos Fernández  
Instituto de Robótica. Universitat de València.  
{Lucia.Vera, Jesus.Gimeno, Inmaculada.Coma, Marcos.Fernandez}@uv.es

**Resumen.** Presentamos en este artículo un sistema de interacción basado en Realidad Aumentada que permite conversar a un personaje virtual controlado por un actor en tiempo real con el público asistente a través de una pantalla de gran formato a modo de espejo aumentado. El sistema integra imágenes de vídeo reales con las imágenes virtuales del avatar y otros objetos animados incorporados como apoyo a la conversación. Para su implementación hemos optado por la exploración y combinación de tecnologías: dos sistemas kinect para captura de movimientos corporales, mapa de profundidad e imágenes reales, un giróscopo para detección de movimiento de la cabeza y algoritmos de control para gestionar las expresiones y emociones del avatar.

**Keywords:** Realidad Aumentada, Captura de movimiento, Personajes Virtuales

### **1 Introducción y trabajo previo.**

En el ámbito de la interacción persona-ordenador, la posibilidad de combinar el mundo real con información virtual, la capacidad de incorporar la participación de personajes virtuales en escenarios reales y la interacción del público tanto con dichos personajes como con otros objetos virtuales de la escena, son elementos que cada vez permiten mayor riqueza y complejidad en simulaciones, presentaciones e incluso actos públicos.

En este entorno es donde enmarcamos nuestro sistema de interacción basado en Realidad Aumentada (R.A.)<sup>1</sup>, que permite conversar a un personaje virtual controlado por un actor en tiempo real con el público asistente a través de una pantalla de gran formato a modo de *espejo aumentado*. El sistema integra imágenes de vídeo reales con las imágenes virtuales del avatar y otros objetos animados incorporados como apoyo a la conversación. Hemos optado por un sistema basado en R.A. frente a otro tipo de presentaciones que utilizan animación o sistemas de Realidad Virtual por el mayor grado de realismo en la interacción e integración del público en lo simulado, ya que público y avatar comparten el mismo espacio dentro del espejo aumentado.

---

<sup>1</sup> Este proyecto ha sido promovido y financiado por la Diputación de Valencia, para su utilización en la Feria de Turismo de Madrid (Fitur2011). En su desarrollo ha colaborado la empresa Creta, el grupo Artec del Instituto de Robótica para el desarrollo tecnológico y la empresa Hampa Animation Studio para el diseño gráfico.

Nuestra aplicación ha tenido que resolver dos retos importantes. Por un lado, capturar movimientos del actor para animar el avatar en tiempo real, en condiciones de espacio e iluminación limitados e incluyendo expresiones faciales y movimiento labial en función de la voz. Y por otro lado, integrar las imágenes reales con el actor virtual situando los objetos en su posición relativa correcta. Para la captura hemos analizado las tecnologías disponibles, como describiremos a continuación, optando por una combinación de ellas: un dispositivo Kinect para la captura de movimientos corporales del actor, un giróscopo para los movimientos de la cabeza y un WiiMote con algoritmos de control para gestionar las expresiones. Para la integración de imágenes, otro dispositivo Kinect nos permite obtener los mapas de profundidad y la imagen real para generar una imagen aumentada realista. Veamos cuáles son las tecnologías disponibles para la captura de movimiento.

### 1.1. Tecnologías de captura de movimiento con actores virtuales.

Los sistemas de captura de movimiento se han aplicado en numerosas ocasiones a la animación de personajes virtuales bien para conseguir secuencias de movimiento realistas de las diferentes partes del cuerpo y aplicarlas en animaciones, o bien para controlar actores virtuales que representan usuarios y cuyo movimiento se corresponde con el de éste en *tiempo real*. Estos sistemas, para ser eficientes, deben permitir calibrar de forma rápida a los usuarios, dar libertad de movimiento sin restricciones y conseguir un buen nivel de detalle. Tratando de cumplir estos requisitos encontramos diferentes tecnologías de sensorización para animar personajes virtuales, basadas en sistemas electro-mecánicos, acústicos [1], electro-magnéticos y ópticos.

Los *sistemas mecánicos* suelen disponer de una estructura exoesquelética con potenciómetros y se han utilizado en algunas aplicaciones de marionetas virtuales [2]. Tienen el inconveniente del cableado y la necesidad de calibración. Respecto a los sistemas *con sensores electromagnéticos* que constan de un emisor central y un conjunto de receptores colocados en las diferentes partes del cuerpo a capturar [3, 4, 5], pierden precisión conforme el usuario se aleja de la base emisora.

Por último, los *sistemas ópticos* se han convertido en los más populares debido a la facilidad de movimiento que ofrecen para los usuarios ya que no requieren de cableado. Estos sistemas frecuentemente hacen uso de marcadores (LEDS u otro tipo de materiales reflectantes) para detectar posición y movimientos por medio de dos o más cámaras, si bien en ocasiones hay problemas de oclusión de marcadores que hay que solucionar con un post-procesado. Comparando la posición de las imágenes en las diferentes cámaras se puede calcular la posición 3-D de cada marcador, obteniendo una lista de ellos y sus posiciones en el espacio.

También existen sistemas de detección de movimiento ópticos sin marcadores que utilizan algoritmos de reconocimiento de imágenes [6,7,8,9] para detectar posiciones o movimientos del cuerpo. Sin embargo, estos sistemas no suelen proporcionar una gran precisión y se usan principalmente en la detección de movimientos sencillos de algunas partes del cuerpo.

## 1.2 Realidad Aumentada y captura de movimiento.

Aunque tradicionalmente los sistemas de captura de movimiento para mover actores virtuales han sido utilizados en aplicaciones de Realidad Virtual o para la creación de animaciones, con el auge de las aplicaciones de R.A. encontramos el uso de estos sistemas para controlar al usuario dentro del mundo real en su interacción con los objetos virtuales en la escena aumentada.

Uno de los primeros ejemplos que encontramos es el sistema ALIVE [10] donde una cámara de vídeo capta una imagen de una persona con un objetivo doble, detectar los movimientos del usuario para generar acciones de los objetos virtuales, e integrar la imagen real en un entorno virtual. De esta forma se crea un sistema precursor de R.A. donde se integran imágenes de vídeo con objetos 3D (como un perro) que se activan mediante movimientos del usuario.

Existen también numerosos ejemplos de sistemas de R.A. que hacen uso de captura de movimiento con marcas (normalmente figuras geométricas simples) para detectar posiciones, sin embargo se trata casi siempre de la posición de unos pocos objetos. Estos sistemas no proporcionan la suficiente precisión cuando lo que queremos es mover un personaje virtual y todas sus articulaciones.

Otras aplicaciones de R.A. requieren capturar el movimiento fuera de laboratorios o entornos controlados, lo cual limita el tipo de dispositivos a utilizar, recurriendo por ejemplo a sistemas basados en ultrasonidos y sensores inerciales que detectan movimientos en contextos de uso muy amplios [11,12] o en sistemas ópticos con marcadores [13].

En estos sistemas el problema más importante es combinar la información real y virtual de manera que se produzcan oclusiones correctas en la integración.

## 2 Objetivos, requisitos y elección de tecnologías.

Como hemos indicado anteriormente, la idea principal de nuestra aplicación consiste en diseñar un personaje animado en tiempo real por un actor. Además, debe dar soporte a la voz del actor que simula la voz del personaje y la manipulación de objetos virtuales que reforzarán el discurso o la conversación. Estos objetos virtuales están integrados con el mundo real y son proyectados sobre una pantalla de grandes dimensiones a modo de *espejo aumentado*, permitiendo no solo la atracción de la audiencia sino la participación de toda ella en esta puesta en escena. Su aplicación práctica principal, el acto de inauguración del stand de la Diputación de Valencia en la Feria de Turismo de Madrid, el 19 de Enero de 2011.

Desde el punto de vista tecnológico teníamos que diseñar un sistema de R.A. que integrara imágenes de vídeo con imágenes virtuales, entre las cuales se encontraba un avatar controlado por medio de sistemas de captura de movimiento. Adicionalmente, existían una serie de requisitos derivados del contexto de uso del sistema, que iba a ser instalado en un stand de una feria para una ocasión puntual, con lo que se requería poca inversión en sistemas de captura de movimiento. Además, debíamos valorar la complejidad de transporte e instalación, así como las características de espacio reducido e iluminación no controlable que introducía restricciones a nuestro sistema.

Esto hizo necesario un estudio y selección de tecnologías que dieran soporte a todos estos requisitos. Revisando los sistemas de captura de movimiento descartamos los sistemas mecánicos y magnéticos por su mayor coste, complejidad en la instalación y calibración, no siendo adecuados para un solo uso en una demostración.

Respecto a los sistemas ópticos, quedaron también descartados los que utilizan los marcadores activos, ya que además de ser muy costosos por la calidad de las cámaras que utilizan, son difíciles de utilizar en entornos con espacio limitado e iluminación no controlada. Los sistemas que no utilizan marcadores, o los basados en marcas pasivas, podrían ser utilizados, ya que únicamente necesitan cámaras de bajo coste, sin embargo el gran inconveniente es la poca precisión en los movimientos.

Así, encontramos el sistema Kinect, aparecido recientemente para su uso en videojuegos. Este dispositivo, usado como método de captura de movimiento, requiere de un espacio mínimo de 2 metros y soporta muy diferentes condiciones de iluminación, no requiriendo que el usuario lleve puesto ningún elemento adicional o vestuario concreto. Gracias a la información de la cámara infrarroja que incorpora, es posible obtener mejor precisión para movimientos del cuerpo que los sistemas basados en marcas pasivas. Todo ello unido a un calibrado inmediato por medio de una postura estática del usuario predefinida, hace posible su uso en pocos segundos. Además, al incorporar una cámara RGB y un sensor de profundidad, kinect nos proporciona también información de distancias y nos permite capturar imágenes, pudiendo ser usado para la generación del escenario aumentado final.

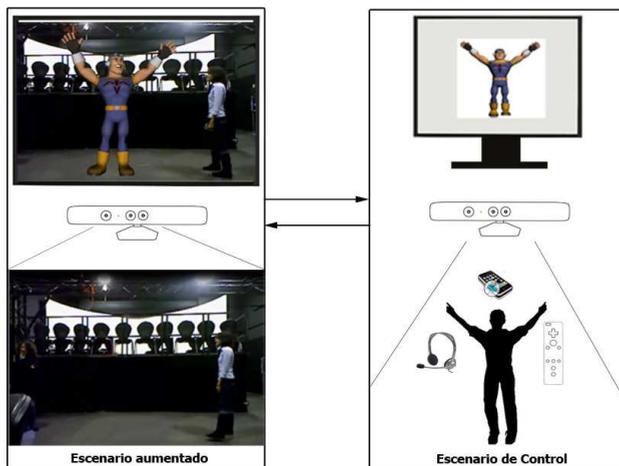
Decidimos por tanto explorar esta tecnología ya que además, cuando se desarrolló el proyecto, no encontramos referencias de otros sistemas que la utilizaran en este contexto, y pensamos que podía abrir un nuevo campo de uso. Recientemente han empezado a aparecer algunas aplicaciones basadas en esta tecnología [14]. Sin embargo este sistema nos creaba una serie de limitaciones que veremos con detalle cuáles fueron y cómo solventamos.

### 3 Descripción del sistema.

Dadas las características del sistema y las restricciones impuestas por el contexto de uso del mismo, es necesario establecer dos espacios de trabajo claramente diferenciados y separados físicamente, cada uno con un set de dispositivos. Por un lado tenemos el espacio orientado a la captura de movimiento del actor real, que permiten la comunicación con los espectadores, y la interacción del mismo con la aplicación controlando un conjunto de objetos animados. A este espacio lo denominamos *Escenario de Control* (Fig.1, derecha).

Por otro lado, tenemos el área donde está el público y los interlocutores que conversan con el personaje virtual. Este es el espacio que denominamos *Escenario Aumentado* (Fig.1, izda). En él se recoge información de la escena real y se aumenta con la información procedente del Escenario de Control, gestionándose toda la coordinación de información, coherencia visual y localización de los objetos en función de la escena real, proyectándose el resultado en una pantalla de grandes dimensiones a modo de *espejo aumentado*. Todo ello mediante una arquitectura basada en cliente-

servidor, que permite la comunicación de acciones, interacción con objetos y actualización de la escena en tiempo real. Veamos en detalle ambos escenarios.



**Fig. 1.** Estructura general del sistema.

### 3.1 Escenario de Control: Sistema de captura de movimiento

La principal función de este escenario es el control del actor real en su interacción con la aplicación. Por un lado, su movimiento define las acciones del personaje virtual. Por otro lado, su interacción con otros dispositivos, tales como un mando de la Wii o un micrófono, producen tanto cambios en el personaje virtual como en la escena real. Toda la comunicación con los dispositivos utilizados la realiza una aplicación servidor que los transfiere a la aplicación cliente para su tratamiento.

#### 3.2.1. Uso de Kinect y sus limitaciones.

El dispositivo principal usado en nuestro sistema para la captura de movimiento es el Kinect. Éste, a través de la SDK OpenNI (Open Natural Interface), proporciona información de las posiciones y orientaciones de un conjunto de articulaciones del esqueleto del actor real, que son traducidas por nuestra aplicación a posiciones y orientaciones finales para el esqueleto del personaje virtual.

A pesar de las ventajas ofrecidas por Kinect como sistema de captura de movimiento, también presenta diferentes limitaciones que afectan al realismo y naturalidad de los movimientos del personaje en nuestro sistema. Por un lado, el dispositivo no da información de la orientación de la cabeza en cada momento, ya que dicha articulación no está controlada por los drivers y librerías gratuitos actualmente disponibles. Esto supone una gran limitación, ya que es necesario que el personaje hable con los interlocutores del público y por tanto, oriente su cabeza hacia cada uno de ellos. Por otro lado, no controla el movimiento de los dedos de las manos, por lo que el personaje virtual presenta rigidez en las manos y poca expresividad al

interactuar con el público. Además, también es necesaria la animación facial y movilidad de la boca del personaje al hablar, para enriquecer la comunicación y la interacción con el público, así como la manipulación de diferentes objetos virtuales animados que complementen sus explicaciones, completando así la escena aumentada. Vamos a analizar las soluciones propuestas a cada problema planteado.

### 3.2.2. Soluciones aportadas a las limitaciones de Kinect

Para solucionar las limitaciones en la captura e interacción con la aplicación descritas anteriormente, completamos el sistema con la implementación de módulos auxiliares de control, algunos sincronizados con el movimiento del actor proporcionado por el dispositivo Kinect y otros basados en el uso de dispositivos auxiliares, también de bajo coste, que nos proporcionan la información adicional necesaria, manteniendo en todo momento la simplicidad y naturalidad de la interacción de cara al usuario (Fig.2).

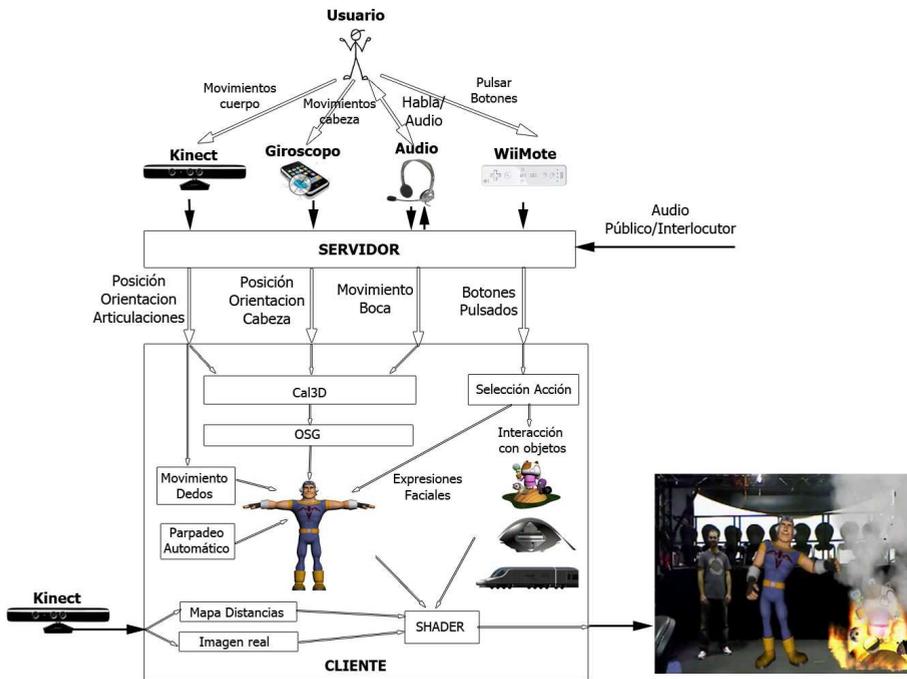


Fig. 2. Esquema la aplicación completa.

Para obtener el **movimiento de la cabeza** del actor real, información no proporcionada por el dispositivo Kinect, incorporamos al sistema un giróscopo colocado sobre la cabeza por medio de una gorra. Este elemento adicional no limitaba el movimiento del actor, ya que se comunica con la aplicación servidor por medio de

una conexión wireless a través de sockets, ofreciendo información de los movimientos de rotación realizados por la cabeza.

Por otro lado, **los dedos de las manos**, tan importantes en la expresión no verbal en la comunicación, no podían ser obtenidos por ningún sistema a no ser que se le colocara al actor real unos guantes de captura de movimiento, cuyo coste resultaba excesivo. Para resolverlo, implementamos un módulo de control automático de todos los dedos de las manos en función de la proximidad o lejanía de las mismas respecto al cuerpo, tal y como se mueven nuestros dedos en nuestras conversaciones cotidianas. Establecimos un algoritmo que calculando dicha distancia, determinara la flexión de cada falange de los dedos de cada mano, de manera que cuanto más cerca tenía el actor las manos del cuerpo, más cerrados estaban los dedos del avatar y al alejarse, se iban abriendo en consecuencia. Con ello, eliminamos la rigidez de los dedos del avatar y mejoramos la expresividad de los mismos en las conversaciones.

Dada la importancia de las **expresiones faciales y movilidad labial** para mejorar la comunicación no verbal entre las personas, es necesario incorporar al avatar ambos elementos. Al no disponer de información del dialogo que iban a mantener interlocutores y personaje, ni los cambios de estado de ánimo que requeriría el mismo en cada momento, se optó por integrar un módulo de control de la cara del avatar en tiempo real a partir de la información procedente del actor real. Por un lado, incorporamos un mando de la Wii al sistema como dispositivo de control de las expresiones faciales por parte del actor. Con él es posible modificar el estado de ánimo del avatar según cada instante de la conversación por medio de la pulsación de un conjunto de botones seleccionados, combinándose dichos movimientos con los del cuerpo y la cabeza. Por otro lado, el movimiento labial del personaje al hablar se incorporó por medio de un algoritmo de análisis de la amplitud de onda de la señal de audio procedente del actor real, capturada a través de un micrófono. Por medio de este algoritmo es posible calcular cuál es la amplitud tanto horizontal como vertical que debe tener la boca, y realizar una conversión de estos valores al sistema de referencia utilizado por los huesos que controlan la boca del avatar. El algoritmo además permite modificaciones en parámetros de control que facilitan la adaptación a la intensidad, volumen y velocidad del habla del actor.

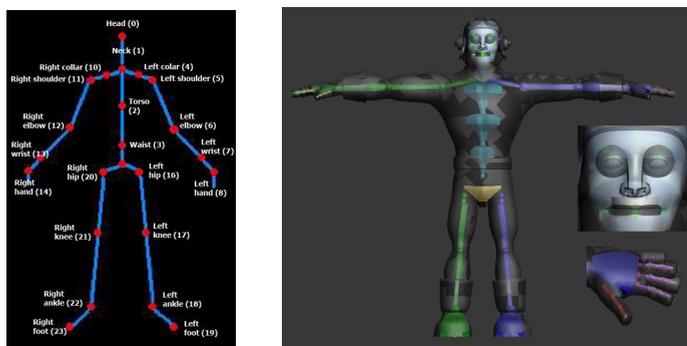
Por último, la aplicación cliente, dispone de un módulo de generación automática del **parpadeo de los ojos del personaje**, que controla que, a pesar de las expresiones faciales activadas, el personaje siga realizando el parpadeo en un tiempo constante. Con todo ello, la expresividad del avatar queda completamente cubierta incorporando emociones en su rostro al hablar, parpadeo y movimiento de labios acorde con la conversación que se está manteniendo, lo que aporta naturalidad y humanidad a su interacción con el público.

La incorporación del mando de la Wii como dispositivo de control del avatar nos facilitó el uso del mismo como método de interacción con la escena real, para la incorporación de objetos virtuales a la misma en función de la conversación. La pulsación de ciertos botones produce la aparición de determinados objetos en miniatura en una de las manos del personaje, de manera que al soltarlo, se activa una animación que permite que el objeto vuele y se sitúe correctamente y al tamaño

adecuado en la escena real. Esto hace posible al público interactuar con los objetos virtuales como si estuvieran en el mundo real.

### 3.2.3. Estructura del actor virtual.

Como hemos indicado anteriormente, uno de los elementos virtuales que se incorpora a la escena real es un personaje controlado en tiempo real por un actor por medio de Kinect. Este dispositivo proporciona información sobre un conjunto determinado de articulaciones del esqueleto del usuario en su sistema de referencia concreto. Por ello, resulta imprescindible modelar el avatar y su esqueleto basándonos en la estructura articulada soportada por Kinect, por lo que, a partir de la malla del avatar, se ajusta todo su esqueleto, centrándonos en las articulaciones que necesitamos para desarrollar nuestro sistema de captura a medida, teniendo presente las especificaciones del dispositivo usado (Fig. 3a). Este esqueleto fue completado para dar soporte a los elementos adicionales incorporados por nuestro sistema: huesos para el control de la cabeza, para la movilidad facial (cejas, párpados, pómulos y labios) así como para la simulación del habla y el movimiento de los dedos de las manos (Fig. 3b).



**Fig. 3.** a) Detalle del esqueleto soportado por Kinect. b) Avatar y esqueleto en nuestro sistema.

Para la representación gráfica del avatar, al igual que para los objetos virtuales que se integran en la escena, nuestro sistema hace uso de la librería gráfica de código abierto OpenSceneGraph (OSG), mientras que para almacenar la información relativa al avatar y su control a bajo nivel se utiliza la librería Cal3D. Ya que esta última es independiente del motor gráfico final que se utilice, contamos con una capa de traducción de la información del avatar a nodos gráficos en OSG. Esto supone que, para animar el avatar en tiempo real, es necesaria la traducción de las posiciones y orientaciones entre los tres sistemas de referencia usados por cada capa de la aplicación: Kinect/Giroscopio – Cal3D – OSG, y su integración final en la escena real.

### 3.2 Escenario Aumentado: Sistema de visualización aumentada

El escenario aumentado es donde se realiza la interacción del público, con el actor y los objetos virtuales utilizando realidad aumentada. Para la captura de la imagen real y la información necesaria para su integración, utilizamos otro dispositivo Kinect situado estratégicamente en el stand. A través de una pantalla de grandes dimensiones, colocada junto al escenario, se ofrece la imagen capturada por Kinect aumentada con la información virtual, obteniendo como resultado un *espejo aumentado*. Kinect está equipado con dos cámaras, una convencional y otra infrarroja ambas con una resolución de 640x480 píxeles y una velocidad de captura de 30 imágenes por segundo, de manera que utilizando el SDK OpenNI, es posible obtener además del flujo de video convencional, un flujo de imágenes de profundidad. Mezclando esta información con los objetos virtuales, es posible calcular que parte de los objetos virtuales se encuentran delante y cuales detrás de los usuarios. Como resultado el usuario se ve en el *espejo aumentado* rodeado por los distintos objetos virtuales, pudiendo caminar alrededor de ellos. Para realizar una correcta mezcla de esta información de distancias se ha implementado un shader que escribe al mismo tiempo la imagen de vídeo en el buffer de color y calcula el buffer de profundidad (Z-Buffer [15]). Aplicando el shader a la escena virtual se obtiene una mezcla perfecta entre el mundo real y virtual, sin ralentizar el funcionamiento de la aplicación puesto que el shader se ejecuta directamente en la GPU de la tarjeta gráfica.



Fig. 4. Escena aumentada en dos escenarios diferentes aplicando el shader de oclusión.

Con todo ello, es posible incorporar objetos virtuales, como el personaje, así como efectos que modifican tanto los objetos como la escena real. Un ejemplo es la incorporación de fuego y humo basado en un sistema de partículas utilizando el `odekit osgParticle`, incluido en OSG, usado en nuestro caso para simular las fallas valencianas en la presentación, consiguiendo resultados muy realistas (ver Fig. 4).

## 4 Conclusiones

En el presente artículo hemos descrito un sistema de interacción integrando diferentes tecnologías en una aplicación de R.A. Gracias a la selección de dispositivos realizada y a los módulos de control desarrollados, el resultado ha sido un sistema que funciona

correctamente ante condiciones de espacio limitado e iluminación no controlada, con una gran sencillez de instalación y uso. Destacamos la estabilidad de la captura de movimiento, la expresividad del avatar integrado y la correcta oclusión en la visualización aumentada, obtenida aplicando las distancias calculadas por Kinect al proceso de dibujado de los objetos virtuales sobre la escena real.

En su presentación en Fitur'2011 el sistema fue utilizado dentro de un stand de la Diputación de Valencia. Se situó al actor real, que controlaba y daba vida al avatar, oculto al público, y en el stand, una pantalla gigante (*espejo aumentado*) permitía visualizar imágenes del público y del presentador del acto, combinadas con elementos virtuales, como el avatar con el que se conversaba y otros objetos. Durante esta conversación, que versaba sobre recursos de la Comunitat Valenciana, aparecían diferentes animaciones haciendo referencia al AVE, a las fallas o la paella valenciana.

Como trabajo futuro nos planteamos probar el nuevo SDK para Kinect anunciado por Microsoft y comparar resultados respecto a la precisión de los datos del tracking de las articulaciones para evitar filtrados posteriores. Otra posible mejora será conseguir mejor movimientos del avatar utilizando cinemática inversa.

## 5 Bibliografía

1. Sugimoto, M. Tulathimutte, K., Ito, T., Sato, T., Hashizume, H. An Ultrasonic 3D Positioning System Using a Single Compact Receiver Unit. Proc. of LoCA'09. (2009)
2. Walters, G. The story of Waldo C. Graphic. Course Notes: 3D Character Animation by Computer, ACM SIGGRAPH '89, Boston, (1989)
3. Slyper, R., Hodgins, K. Action Capture with Accelerometers. Eurographics / ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2008)
4. Jessel, J-P., Jaspert, C., Flores, J-J. Computer Animation and Virtual Reality for Live Art Performance. Virtual storytelling: using V.R. technologies for storytelling. (2001).
5. Huang, Y. Kallman, M. Interactive Demonstration of Pointing Gestures for Virtual Trainers. LNCS 5611. pp178-187. (2009)
6. Wren, R., Azarbayejani, A., Darrell, T. and Pentland, A. P. . Pfindex: real-time tracking of the human body, Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence 19(7), 780-785 (1997)
7. Pentland, A., et al.. Real-time 3D Motion Capture. In proceedings Microsoft Research (1998)
8. Plankers, R. Fua, P., D'Apuzzo, N. Automated Body Modeling from Video Sequences. IEEE International Workshop on modeling people at ICCV'99, Greece (1999)
9. Pinhanez, C., Bobick, a. Using Computer Vision to Control a Reactive Computer Graphics Character in a Theater Play. Proc. of ICVS'99 (1999)
10. Maes, P., Darrell, T., Blumberg, B. Pentland, A.. The ALIVE system: wireless, full-body interaction with autonomous agents. Multimedia Systems 5: 105-112 (1997)
11. Foxlin, E., Harrington, M., Pfeifer, G. Constellation: A Wide-Range Wireless Tracking System for Augmented Reality and virtual set applications. Proc. of SIGGRAPH'98. (1998).
12. Vlasic D. et al. Practical motion capture in everyday surroundings. ACM Transactions on Graphics, Vol. 26,3.(2007)
13. Dorfmüller, K. Robust tracking for augmented reality using retroreflective markers. Computer & Graphics. Volume, 23, 6, 795-800 (1999).
14. Kimber, D. Vaughan, J., Rieffel, E. Augmented Perception through Mirror Worlds. Conference AH'11 (2011).
15. Breen, D. E., Whitaker, R. T., Rose, E. and Tuceryan, M. Interactive Occlusion and Automatic Object Placement for Augmented Reality. Computer Graphics Forum, 15: 11-22. (1996)

# Continuous Facial Affect Recognition from Videos

Sergio Ballano<sup>1</sup>, Isabelle Hupont<sup>1</sup>, Eva Cerezo<sup>2</sup> and Sandra Baldassarri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aragon Institute of Technology, Department of R&D and Technology Services,  
Zaragoza. 5018, María de Luna 7-8, Spain

<sup>2</sup> University of Zaragoza, Computer Science and Systems Engineering Department,  
Zaragoza. 50018, María de Luna 3, Spain  
{sballano, ihupont}@ita.es, {ecerezo, sandra}@unizar.es

**Abstract.** The interpretation of user facial expressions is a very useful method for emotional sensing and constitutes an indispensable part of affective HCI designs. This paper proposes an effective system for continuous facial affect recognition from videos. The system operates in a continuous 2D emotional space, characterized by evaluation and activation factors, enabling a wide range of intermediary affective states to be worked with. It makes use, for each video frame, of a classification method able to output the exact location (2D point coordinates) of the still facial image in that space. It also exploits the Kalman filtering technique to control the 2D point movement along the affective space over time and to improve the robustness of the method by predicting its future locations in cases of temporal facial occlusions or inaccurate tracking. The system has been tuned with an extensive universal database and preliminary evaluation results are very encouraging.

**Keywords:** Affective computing, facial expression analysis.

## 1 Introduction

Facial expressions are the most powerful, natural and direct way used by humans to communicate affective states. Thus, the interpretation of facial expressions is the most common method used for emotional detection and forms an indispensable part of affective Human Computer Interface designs.

Facial expressions are often evaluated by classifying still face images into one of the six universal “basic” emotions or categories proposed by Ekman [1] which include “happiness”, “sadness”, “fear”, “anger”, “disgust” and “surprise” [2-4]. There are a few tentative efforts to detect non-basic affective states, such as “fatigue”, “interested”, “thinking”, “confused” or “frustrated” [5, 6]. In any case, this categorical approach, where emotions are a mere list of labels, fails to describe the wide range of emotions that occur in daily communication settings and ignores the intensity of emotions.

To overcome the problems cited above, some researchers such as Whissell [7] and Plutchik [8], prefer to view affective states not independent but rather related to one another in a systematic manner. They consider emotions as a continuous 2D space whose dimensions are evaluation and activation. The evaluation dimension measures

how a human feels, from positive to negative. The activation dimension measures whether humans are more or less likely to take some action under the emotional state, from active to passive.

For many years, a lot of effort was dedicated to recognize facial expressions in still images. Given that humans inherently display facial emotions following a continuous temporal pattern [9], more recently attention has been shifted towards sensing facial affect from video sequences. The study of facial expressions' dynamics reinforces the limitations of categorical approach, since it represents a discrete list of emotions with no real link between them and has no algebra: every emotion must be studied and recognized independently. Dimensional approach is much more able to deal with variations in emotional states over time, since in such cases changing from one universal emotion label to another would not make much sense in real life scenarios.

Continuous dimensional annotation is best suited if the annotated sample has more than one emotional apex or blended emotions [10] but this can be very time consuming, with a very poor inter-annotator agreement and can make difficult the posterior evaluation when working with long videos. An intermediate approach is to annotate only certain moments in time (key-frames). The key-frames, selected by the user which expressed the emotions, will usually correspond to the onset, apex and offset of an emotion and any other moment that the user may find interesting especially in case of blended emotions which don't pass through the neutral state.

This paper proposes a method for continuous facial affect recognition from video. The system operates in a 2D emotional space, characterized by evaluation and activation factors. It combines a classification method able to output, frame per frame, the exact location (2D point coordinates) of the shown facial image and a Kalman filtering technique that controls the 2D point movement over time through an "emotional kinematics" model. In that way, the system works with a wide range of intermediary affective states and is able to define a continuous emotional path that characterizes the affective video sequence. The system is capable of analyzing any subject, male or female of any age and ethnicity, and has been validated considering human assessment.

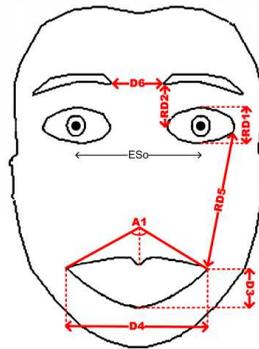
The structure of the paper is the following: Section 2 describes the method for facial images classification in a continuous 2D affective space. In Section 3 the step from still images to video sequences through the "emotional kinematics" model is explained in detail and Section 4 comprises the conclusions and future work.

## **2 A Novel Method for Facial Images Classification in a Continuous 2D Affective Space**

This section describes a novel method for sensing emotions from still facial images in a continuous 2D affective space. The facial images classification method starts with a classification mechanism in discrete emotional categories that intelligently combines different classifiers simultaneously to obtain a confidence value to each Ekman universal emotional category (Section 2.1). Then, this output is subsequently expanded in order to be able to work in a continuous emotional space and thus to consider intermediate emotional states (Section 2.2).

## 2.1 Classifiers Combination for Discrete Emotional Classification

The starting point of the system is the method for facial emotional classification presented in authors' previous work [4]. The inputs to this method are the variations with respect to the "neutral" face of the set of facial distances and angles shown in Fig. 1. In that way, the face is modeled in a computationally simple way without losing relevant information about the facial expression. The facial points that allow to calculate the facial distances and angles are obtained thanks to faceAPI [11], a commercial real-time facial feature tracking program.



**Fig. 1.** System's facial inputs.

This initial method combines through a majority voting strategy [4] the five most commonly used classifiers in the literature (Multilayer Perceptron, RIPPER, SVM, Naïve Bayes and C4.5) to finally assign at its output a confidence value  $CV(E_i)$  of the facial expression to each of Ekman's six emotions plus "neutral". It has been well-tuned and tested with a total of 1500 static frames selected from the apex of the video sequences from the well-known FG-NET [12] and MMI [13] facial expression databases. Therefore, it has been validated with a large database of individuals of all races, ages and genders.

Table 1 shows the confusion matrix obtained when applying the initial discrete facial emotional classification method to the 1500 selected static frames. As can be observed, the success rates for the "neutral", "joy", "disgust", "surprise", "disgust" and "fear" are very high (81.48%-97.62%). The lowest result is for "sadness", which is confused with the "neutral" emotion on 20% of occasions, due to the similarity of their facial expressions.

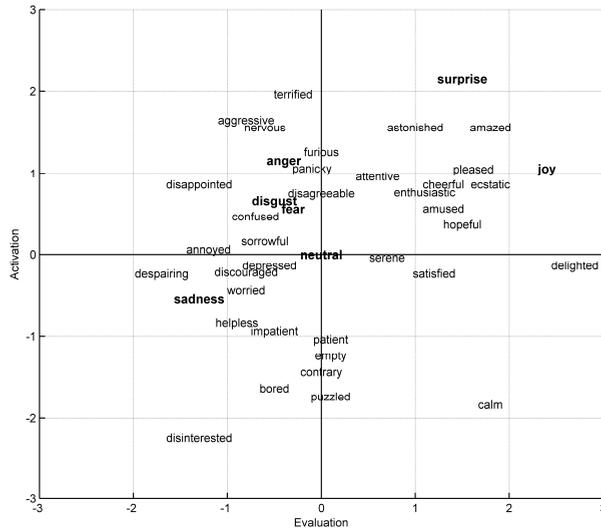
**Table 1.** Confusion matrix obtained after applying the discrete emotional classification method to the 1500 selected static frames.

Emotion --> is classified as	Disgust	Joy	Anger	Fear	Sadness	Neutral	Surprise
Disgust	<b>94,12%</b>	0,00%	2,94%	2,94%	0,00%	0,00%	0,00%
Joy	2,38%	<b>97,62%</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Anger	7,41%	0,00%	<b>81,48%</b>	0,00%	7,41%	3,70%	0,00%
Fear	3,70%	0,00%	0,00%	<b>85,19%</b>	3,70%	0,00%	7,41%
Sadness	6,67%	0,00%	6,67%	0,00%	<b>66,67%</b>	20,00%	0,00%
Neutral	0,00%	0,00%	2,00%	2,00%	2,00%	<b>94,00%</b>	0,00%
Surprise	0,00%	0,00%	0,00%	2,22%	0,00%	2,22%	<b>95,56%</b>

In his work, Plutchik [8] assigned “emotional orientation” values to a series of affect words. For example, two similar terms (like “joyful” and “cheerful”) have very close emotional orientation values while two antonymous words (like “joyful” and “sad”) have very distant values, in which case Plutchik speaks of “emotional incompatibility”. According to Plutchik’s findings, the obtained results can be considered positive as emotions with distant “emotional orientation” values (such as “disgust” and “joy” or “neutral” and “surprise”) are confused on less than 2.5% of occasions and incompatible emotions (such as “sadness” and “joy” or “fear” and “anger”) are never confused.

## 2.2 Emotional Mapping to a 2D Continuous Affective Space

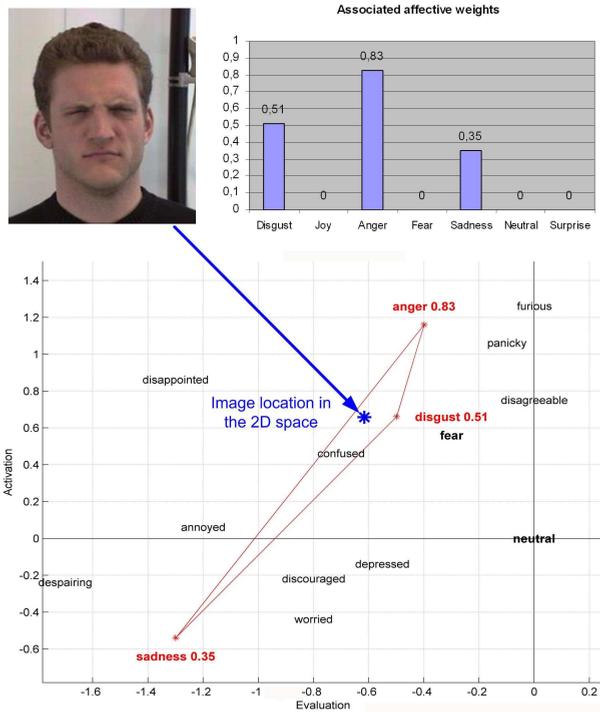
To enrich the emotional output information from the system in terms of intermediate emotions, one of the most influential evaluation-activation 2D models has been used: that proposed by Whissell. In her study, Whissell assigns a pair of values <evaluation, activation> to each of the approximately 9000 selected affective words that make up her “Dictionary of Affect in Language” [7]. Figure 2 shows the position of some of these words in the evaluation-activation space. The next step is to build an emotional mapping so that an expressional face image can be represented as a point on this plane whose coordinates (x,y) characterize the emotion property of that face.



**Fig. 2.** Simplified Whissell's evaluation-activation space.

It can be seen that the words corresponding to each of Ekman's six emotions have a specific location  $(x_i, y_i)$  in the Whissell space (in bold in Fig. 2). Thanks to this, the output of the classifiers (confidence value of the facial expression to each emotional category) can be mapped onto the space. This emotional mapping is carried out considering each of Ekman's six basic emotions plus "neutral" as weighted points in the evaluation-activation space. The weights are assigned depending on the confidence value  $CV(E_i)$  obtained for each emotion. The final coordinates  $(x,y)$  of a given image are calculated as the centre of mass of the seven weighted points following equation (1) (see Fig. 3). In this way, the output of the system is enriched with a larger number of intermediate emotional states.

$$x = \frac{\sum_{i=1}^7 x_i CV(E_i)}{\sum_{i=1}^7 CV(E_i)} \quad \text{and} \quad y = \frac{\sum_{i=1}^7 y_i CV(E_i)}{\sum_{i=1}^7 CV(E_i)} \tag{1}$$



**Fig. 3.** Diagram for obtaining the location of a facial image in the 2D emotional space. A graphic illustration of the 2D emotional mapping process is included as an example.

Fig. 4 shows several images of the database with their nearest label in the Whissell space after applying the proposed emotional mapping.



**Fig. 4.** Example of images from the database with their nearest label in the Whissell space after applying the 2D emotional mapping.

### 3 From Still Images to Video Sequences through 2D Emotional Kinematics Modeling

As pointed out in the introduction, humans inherently display facial emotions following a continuous temporal pattern. With this starting postulate and thanks to the use of the 2-dimensional description of affect, which supports continuous emotional input, an emotional facial video sequence can be viewed as a point (corresponding to the location of a particular affective state in time  $t$ ) moving through this space over time. In that way, the different positions taken by the point (one per frame) and its velocity over time can be related mathematically and modeled, finally obtaining an “emotional path” in the 2D space that reflects intuitively the emotional progress of the user throughout the video. In Section 3.1, a Kalman filtering technique is proposed to model the “emotional kinematics” of that point when moving along the Whissell space and thus enable to both smooth its trajectory and improve the robustness of the method by predicting its future locations (e.g. in cases of temporal facial occlusions or inaccurate tracking). Section 3.2 presents the results obtained when applying the emotional kinematics model to different complex video sequences.

#### 3.1 Modeling Emotional Kinematics with a Simple Kalman Filter

For real-time “emotional kinematics” control, the well-known Kalman filter is exploited [14]. Kalman filters are widely used in the literature for estimation problems ranging from target tracking to function approximation. Their purpose is to estimate a system’s state by combining an inexact (noisy) forecast with an inexact measurement of that state, so that the most weight is given to the value with the least uncertainty at each time  $t$ .

Analogously to classical mechanics, the “emotional kinematics” of the point in the Whissell space (x-position, y-position, x-velocity and y-velocity) are modeled as the system’s state in the Kalman framework at time  $t_k$ . The output of the 2D classification system described in Section 2 is modeled as the measurement of the system’s state. In this way, the Kalman iterative estimation process -that follows the well-known recursive equations detailed in Kalman’s work [14]- can be applied to the recorded user’s emotional video sequence, so that each iteration corresponds to a new video frame (i.e. to a new sample of the computed emotional path). For the algorithm initialization at  $t_0$ , the predicted initial condition is set equal to the measured initial state and the 2D point is assumed to have null velocity.

One of the main advantages of using Kalman filter for the 2D point emotional trajectory modeling is that it can be used to tolerate small occlusions or inaccurate tracking. As pointed out in Section 2.1, the input facial feature points of the classification method are obtained thanks to the commercial facial tracker faceAPI [11]. In general, existing facial trackers do not perform the detection with high accuracy: most of them are limited in terms of occlusions, fast movements, large head rotations, lighting, beards, glasses, etc. Although faceAPI deals with these problems quiet robustly, on some occasions its performance is poor, especially when working in real-time. For that reason, its measurements include a confidence weighting, from 0 to 1, allowing the acceptability of the tracking quality to be determined. Thanks to it,

when a low level of confidence is detected (lower than 0.5), the measurement will not be used and only the filter prediction will be taken as the 2D point position.

### 3.2 Experimental Results

In order to demonstrate the potential of the proposed “emotional kinematics” model, it has been tested with a set of emotionally complex video sequences, recorded in a natural (unsupervised) setting. These videos are complex owing to three main factors:

- An average user’s home setup was used. A VGA resolution webcam placed above the screen is used, with no special illumination, causing shadows to appear in some cases. In addition, the user placement, not covering the entire scene, reduces the actual resolution of the facial image.
- Different emotions are displayed contiguously, instead of the usual neutral→emotional-apex→neutral pattern exhibited in the databases, so emotions such as surprise and joy can be expressed without neutral periods between them.
- Some facial occlusions occur due to the user covering his/her face or looking away during a short period of time, causing the tracking program to lose the facial features. In these cases, only the prediction from the Kalman filter is used, demonstrating the potential of the “emotional kinematics” filtering technique.

15 videos from three different users were tested, ranging from 20 to 70 seconds from which a total of 127 key-frames were extracted to evaluate different key-points of the emotional path. The key-frames were selected by the user who recorded the video, looking for each of the emotional apex and neutral points.

These key-points were annotated in the Whissell space thanks to 18 volunteers. The collected evaluation data have been used to define a region where each image is considered to be correctly located. The algorithm used to compute the shape of the region is based on Minimum Volume Ellipsoids (MVE) and follows the algorithm described by Kumar and Yildirim [15]. MVE looks for the ellipsoid with the smallest volume that covers a set of data points. The obtained MVEs are used for evaluating results at four different levels:

1. *Ellipse criteria.* If the point detected by the system is inside the ellipse, it is considered a success; otherwise it is a failure.

2. *Quadrant criteria.* The output is considered to be correctly located if it is in the same quadrant of the Whissell space as the ellipse centre.

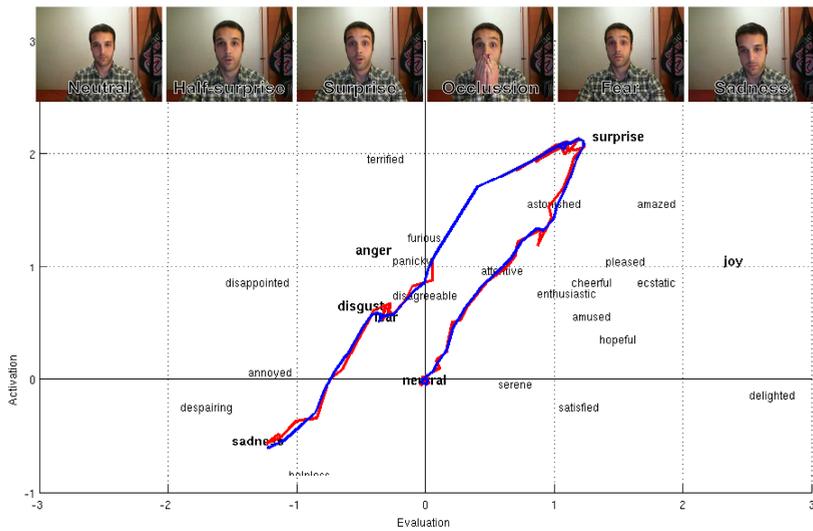
3. *Evaluation axis criteria.* The system output is a success if situated in the same semi-axis (positive or negative) of the evaluation axis as the ellipse centre. This information is especially useful for extracting the positive or negative polarity of the shown facial expression.

4. *Activation axis criteria.* The same criteria projected to the activation axis. This information is relevant for measuring whether the user is more or less likely to take an action under the emotional state.

The results obtained following the different evaluation strategies are presented in Table 2. As can be seen, the success rate is 61.90% in the most restrictive case, i.e. with ellipse criteria. It rises to 84.92% when considering the activation axis criteria.

**Table 2.** Results obtained in an uncontrolled environment.

	Ellipse criteria	Quadrant criteria	Evaluation axis criteria	Activation axis criteria
Success Rate	61.90%	74.60%	79.37%	84.92%



**Fig. 5.** “Emotional kinematics” model response during the different affective phases of the video and the occlusion period. In dashed red, emotional trajectory without Kalman filtering; In solid blue, reconstructed emotional trajectory using Kalman filter.

## 4 Conclusions and Future Work

This paper describes an effective system for continuous facial affect recognition from videos. The inputs are a set of facial parameters (angles and distances between facial points) that enable the face to be modeled in a computationally simple way without losing relevant information about the facial expression. The system makes use, frame per frame, of a classification method able to output the exact location (2D point coordinates) of a still facial image in the Whissell evaluation-activation space. The temporal consistency and robustness (to occlusions or inaccurate tracking) of the recognized affective sequence is ensured by a Kalman filtering technique that, through an “emotional kinematics” model, controls the 2D point trajectory when moving along the Whissell space.

The main distinguishing feature of our work compared to others is that the output does not simply provide a classification in terms of a set of emotionally discrete

labels, but goes further by extending the emotional information over an infinite range of intermediate emotions and by allowing a continuous dynamic emotional trajectory to be detected from complex affective video sequences. Another noteworthy feature of the work is that it has been tuned with an extensive database of 1500 images showing individuals of different races and gender, giving universal results with very promising levels of correctness.

## References

1. Keltner, D., Ekman, P.: Facial Expression Of Emotion. Handbook of emotions. pp. 236-249. New York: Guilford Publications, Inc. (2000).
2. Hammal, Z., Couvreur, L., Caplier, A., Rombaut, M.: Facial expression classification: An approach based on the fusion of facial deformations using the transferable belief model. *International Journal of Approximate Reasoning*. 46, 542-567 (2007).
3. Soyel, H., Demirel, H.: Facial Expression Recognition Using 3D Facial Feature Distances. *Image Analysis and Recognition*. pp. 831-838. Springer Berlin / Heidelberg (2007).
4. Hupont, I., Cerezo, E., Baldassarri, S.: Sensing facial emotions in a continuous 2D affective space. Presented at the Systems Man and Cybernetics (SMC) , Istanbul Octobre 10 (2010).
5. Kapoor, A., Burleson, W., Picard, R.W.: Automatic prediction of frustration. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 65, 724-736 (2007).
6. Yeasin, M., Bullo, B., Sharma, R.: Recognition of facial expressions and measurement of levels of interest from video, (2006).
7. Whissell, C.M.: *The Dictionary of Affect in Language, Emotion: Theory, Research and Experience*. New York Academic (1989).
8. Plutchik, R.: *Emotion: a Psychoevolutionary Synthesis*. Harper & Row (1980).
9. Petridis, S., Gunes, H., Kaltwang, S., Pantic, M.: Static vs. dynamic modeling of human nonverbal behavior from multiple cues and modalities. *Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces*. 23-30 (2009).
10. Ellen Douglas-Cowie, Laurence Devillers, Jean-Claude Martin, Roddy Cowie, Suzie Savvidou, Sarkis Abrilian, Cate Cox: *Multimodal Databases of Everyday Emotion: Facing up to Complexity*. Ninth European Conference on Speech Communication and Technology. pp. 813-816. , Lisbon, Portugal (2005).
11. Face API technical specifications brochure, <http://www.seeingmachines.com/pdfs/brochures/faceAPI-Brochure.pdf>.
12. Facial Expressions and Emotion Database. Technische Universität München, <http://cotesys.mmk.e-technik.tu-muenchen.de/isg/content/feed-database>.
13. Pantic, M., Valstar, M., Rademaker, R., Maat, L.: Web-based database for facial expression analysis. *Proc. Int'l Conf. Muntimedia and Expo*. 317-321 (2005).
14. Kalman, R.: A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering*. 35-45 (1960).
15. Kumar, P., Yildirim, E.A.: Minimum-Volume Enclosing Ellipsoids and Core Sets. *Journal of Optimization Theory and applications*. 126, 1-21 (2005).

## **Pósteres**



## MOVE-ON: otro sistema de interacción

Agustín Linares Pedrero<sup>1</sup>, Juan Galán Páez<sup>2</sup>, J.M. Alonso Calero<sup>1</sup> y  
Jesús Marín Clavijo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. de Bellas Artes, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Málaga  
29071 Campus El Ejido Málaga, España  
{[agulinped@uma.es](mailto:agulinped@uma.es), [chato@uma.es](mailto:chato@uma.es), [jmarin@uma.es](mailto:jmarin@uma.es)}

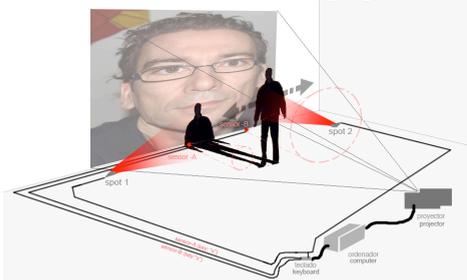
<sup>2</sup> Dept. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, E.T.S.I. de Ingeniería  
Informática, Universidad de Sevilla  
41012 Av. Reina Mercedes s/n, Sevilla, España  
{[jgalanpae@gmail.com](mailto:jgalanpae@gmail.com)}

**Resumen.** Este artículo trata de exponer un sistema alternativo (y algo rudimentario) para establecer una comunicación con el ordenador, en la que participan sensores muy simples, los cuales, mandan una señal que es interpretada por el ordenador (como pulsación de tecla) para activar un comportamiento multimedia. A su vez el ordenador produce unas salidas dependiendo de la información recibida: por medio de la salida VGA proyecta una imagen / video, y la otra salida es por medio del encendido y apagado de los LED indicadores que existen en el teclado.

La instalación establece una comunicación con el espectador a través del cuerpo, más concretamente del movimiento de su propio cuerpo.

### 1 Descripción de la obra

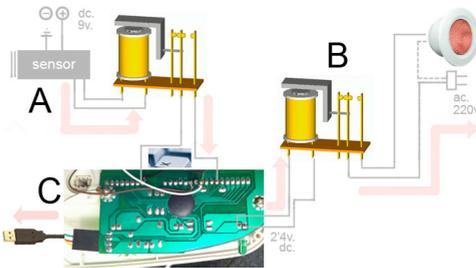
La instalación “Move-on” consiste en una proyección sobre una pared, cuando un espectador se coloca delante de la proyección si permanece inmóvil no sucede nada, continua lo antes descrito en un bucle, pero cuando el espectador se desplaza lateralmente, interviene los sensores haciendo que se apaguen los focos rojos laterales, también los rostros de las personas van cambiando paulatinamente a personas de menor edad. Cuando cesa la acción los rostros vuelven a envejecer al máximo y los focos vuelven a parpadear en señal de alarma.



**Fig. 1.** Esquema de representación de la instalación, compuesto por proyector, ordenador, circuito de teclado, 2 sensores conectados al teclado y 2 focos conectados a un relé, el cual recibe la corriente para la excitación de la bobina sustituyendo al led del teclado, al que está conectado.

## 2 Descripción técnica

Por medio de código ActionScript2 del programa Flash, conseguimos que según las ordenes recibidas se produzca un efecto u otro en el video, estas ordenes llegan al programa como pulsaciones de tecla, pero estas pulsaciones son producto de la interacción con sensores de movimiento. Luego, los efectos de salida del ordenador se producen por medio de relés que consiguen encender o apagar cualquier dispositivo.



**Fig. 2.** Esquema de conexiones del circuito del teclado con los relés y sensores.

Para conseguir una salida, lo que hacemos es que desde flash se programa la ejecución de un archivo exterior, que consigue encender o apagar los leds del teclado. Esta carga es suficiente para activar un relé y por ende activar cualquier dispositivo. El archivo está programado en c++ y puede descargarse de la siguiente dirección: <http://www.litiumlab.com/compilados/on-off.zip>; y el ActionScript y documentación extra puede verse en este otro link: [http://www.litiumlab.com/compilados/anexo-move\\_on.rar](http://www.litiumlab.com/compilados/anexo-move_on.rar)

## Referencias

1. Howard Rheingold, *Tools for Thought: The History and Future of Mind-Expanding Technology* (The MIT Press; 2 Rev Sub edition, 2000)
2. Site oficial, <http://processing.org>
3. Site especializado en ActionScript, <http://www.actionscript.org>
4. Site de la revista digital Instructables, <http://www.instructables.com/id/Hacking-a-USB-Keyboard/step2/Trace-the-letters-back-to-the-pins/>
5. Blog de "Collective Thinking", <http://thethoughttree.wordpress.com/2010/12/15/>
6. Site de electrónica, <http://www.electronic.net/other-projects/detectors/light-dark-switch-activated-relay-circuits.html>

# Propuesta de estandarización de la configuración en los magnificadores de pantalla<sup>1</sup>

Elena Ballesteros<sup>1</sup>, Mireia Ribera<sup>2</sup>, Elena Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Lleida

<sup>2</sup> Universidad de Barcelona

[ballesteros.molinero@gmail.com](mailto:ballesteros.molinero@gmail.com), [ribera@ub.edu](mailto:ribera@ub.edu), [elenasanch@hotmail.com](mailto:elenasanch@hotmail.com)

**Resumen.** La sociedad de la información tiende hacia el uso de modelos de trabajo y ocio deslocalizados. Si pensamos en el grupo de usuarios con baja visión que se apoyan en el uso de magnificadores de pantalla, esta situación provoca una continua personalización de las herramientas al acceder a un nuevo ordenador, o la necesidad de comprar una licencia de un software portable con menos capacidades. Esto desprende la necesidad de estandarizar la descripción de las preferencias del usuario con el fin de mejorar la experiencia de usuario al interactuar en distintos entornos.

**Palabras clave:** accesibilidad, estándares, ayudas técnicas, magnificadores

## 1 Introducción

La sociedad de la información tiende hacia el uso de modelos de trabajo y ocio deslocalizados [6]. Los usuarios con baja visión pueden experimentar este nuevo modelo como una dificultad ya que para adaptar la visualización en pantalla a sus necesidades dependen de la instalación y personalización de un magnificador en cada dispositivo o del uso de un software portable con menos capacidades.

Esto plantea la necesidad de un estándar de configuración que mejore la experiencia de usuario en la interacción en distintos entornos y herramientas.

## 2 Características de un magnificador de pantalla

Se han realizado dos estudios, uno a partir de las publicaciones y conferencias clave en el área de interacción [1] [2] [3] [4] [5], que revela que las características mayormente estudiadas en un magnificador son tres: aumentos, ámbito de ampliación y mejoras del color. En ningún caso se estudia el modelo de configuración.

El segundo estudio recoge el análisis de cuatro magnificadores de pantalla representativos del mercado, los tres primeros seleccionados a partir de la lista de magnificadores recomendados en la web de referencia para personas con baja visión

---

<sup>1</sup> Este estudio se ha desarrollado en el marco de un trabajo final para el Máster en Interacción Persona – Ordenador de la Universidad de Lleida

de manolo.net y un cuarto gratuito<sup>2</sup>. Este análisis pone de manifiesto que existen más características distintivas, añadiendo: mejoras del puntero del ratón, cursor de texto o marcado de la posición del teclado, suavizado o ‘antialias’ y teclas de acceso rápido.

En cuanto a la configuración, cada programa tiene sus propios ficheros, ninguno de ellos XML, con diferente información e incluso formatos de archivo distintos.

### 3 Discusión

Los resultados obtenidos de la revisión de herramientas plantean las siguientes dificultades para la estandarización: 1) algunos conceptos no están unificados, como ocurre con el “factor de aumento”, 2) los métodos de gestión de configuración son heterogéneos, y 3) cada herramienta puede hacer uso de parámetros propios.

Se propone el uso de un XML que registre los parámetros de los diferentes elementos (magnificado, color, ratón, cursor, atajos, etc.) bajo una estructura jerárquica, en un idioma común. Todos los parámetros aparecerán explícitos y se instanciarán, o no, según las preferencias definidas por el usuario. Esto, unido al uso de traductores XSL refuerza la propuesta del modelo de estandarización. Además, se sugiere la disgregación de la información con las variables propias del fabricante a un segundo fichero. El fichero XML estaría diseñado como:

```
<color_scheme>
  <highcontrast>
    <activated>true</activated>
  </highcontrast>
</color_scheme>
```

### Referencias

1. Arditi, A., & Lu, J.: Accessible web browser interface design for users with low vision. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 576-580. (2008).
2. Blenkhorn, P., & Evans, D.: A screen magnifier using high level implementation techniques. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 501-504. (2006).
3. Blenkhorn, P., Evans, G., King, A., Kurniawan, S., & Sutcliffe, A.: Screen magnifiers: Evolution and Evaluation. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 54-61. (2003)
4. Rana, M., Reynolds, T., Cirstea, M., Entecott, A., & Gregory-Jones, S.: Usability Issues of Adaptive Technologies for Visually Impaired Users to Operate Computer. *ASK-IT International Conference*. (2006)
5. Zhao, Z., Pei-Luen, R., Ting, Z., & Gavirel, S.: Visual search-based design and evaluation of screen magnifiers for older and visually impaired users. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 67 Issue 8. (2009)
6. Dearman D., Pierce, J. S.: It's on my other computer!: computing with multiple devices. *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. Florence, Italy (2008)

---

<sup>2</sup> [www.manolo.net](http://www.manolo.net)

## Guía de Especificación para el EUD

José A. Macías, Silvia T. Acuña, Miguel A. Mora, Juan de Lara y Roberto Moriyón

Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid,  
Avda. Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid  
{J.Macias, Silvia.Acunna, Miguel.Mora, Juan.delara, Roberto.Moriyon}@uam.es

**Resumen.** El objetivo de esta investigación es definir un marco de trabajo que potencie 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.

**Palabras Clave:** Desarrollo por el Usuario Final, DCU, Usabilidad.

### Introducción

El objetivo de este trabajo es crear un marco metodológico, de soporte al Desarrollo por el Usuario Final (EUD) [2], que permitirá potenciar los principios de diseño, llegando a un compromiso aceptable entre utilidad y usabilidad, potenciando técnicas relacionadas con la interacción colaborativa e inteligente 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.

### 1 Mejora del Modelo de Proceso Centrado en el Usuario

Para establecer un marco centrado en el usuario, es necesario primero realizar una comprensión del mismo en términos de sus características, necesidades y metas para lograr un sistema usable. En este marco, la técnica Personas [1] para el análisis de usuarios, se adapta bien a las necesidades comentadas anteriormente. Esta técnica permite trabajar con usuarios ficticios llamados personas, que concretan el usuario objetivo. Los esfuerzos de desarrollo están centrados en estas personas. El principal beneficio de Personas consiste en determinar quién debe ser el objetivo del desarrollo.

Por otro lado, a la hora de cubrir las distintas aplicaciones objetivo de esta metodología es necesario dar soporte a otros aspectos tecnológicos transversales, como son el desarrollo soportado por modelos, la creación de herramientas de soporte inteligentes [3] y el aspecto colaborativo, tanto en las herramientas de autor EUD

como en las aplicaciones finales. Dichos aspectos vendrán definidos del uso de la técnica Personas, mejorando y definiendo explícitamente sus actividades.

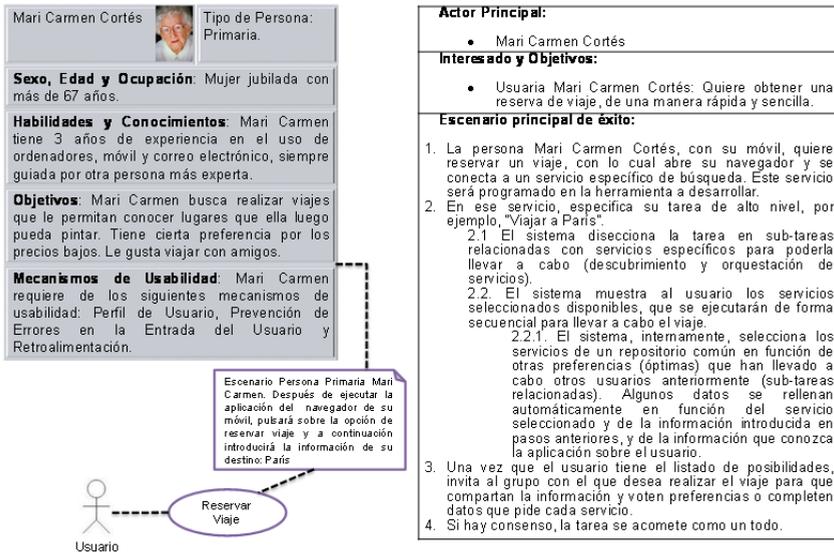


Figura 1. Diagrama de Caso de Uso con Nota "Reservar Viaje"

Para la validación de las técnicas y metodologías a adaptar en este proyecto, se desarrollará una herramienta de generación de interfaces para la orquestación de servicios web a partir de tareas de usuario de alto nivel. La idea es poder analizar tareas genéricas del usuario (por ejemplo, "reservar viaje") de forma que se puedan orquestar los servicios necesarios (por ejemplo, "reservar vuelo", "reservar hotel" y "reservar transporte"), y generar las interfaces de usuario correspondientes para que el usuario pueda tener acceso a la información a través de su móvil y completar su tarea por pasos de forma automática. Además, se desea que la herramienta permita aspectos colaborativos para realizar la reserva con un grupo de amigos o que use información aprovechable ya procesada por otros usuarios anteriormente (ver Figura 1).

**Agradecimientos.** Esta investigación está siendo subvencionada por la DGUI de la Comunidad de Madrid y la UAM a través del proyecto CCG10-UAM/TIC-5772.

## Bibliografía

- Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D. About Face 3.0: The Essentials of Interaction Design. Wiley Publishing, Indianápolis (2007).
- Lieberman, H., Paternò, F., Wulf, V.: End-User Development. Human Computer Interaction Series. Springer Verlag (2006).
- Macías, J.A. Intelligent Assistance in Authoring Dynamically-Generated Web Interfaces. WWW Journal. Springer Netherlands. Volume 11, Number 2, June, pp. 253-286 (2008).

## ÍNDICE DE AUTORES

- Abadía, David, 241  
Abascal, Julio, 145  
Acuña Castillo, Silvia Teresita, 373  
Aizpurua, Amaia, 145  
Almeida, Miguel, 337  
Alonso Calero, José M<sup>a</sup>, 303, 369  
Andreu, M. del Mar, 193  
Baars, Arthur, 67  
Baldassarri, Sandra, 219, 341, 357  
Ballano Pablo, Sergio, 357  
Ballesteros, Elena, 371  
Botella, F., 169  
Bravo, Crescencio, 169  
Brunetti Fernández, Josep Maria, 165  
Cabrera, David, 119  
Cano García, Josefa, 303  
Caracuel, Alfonso, 33  
Cardet, Xavier, 23  
Casacuberta, Judit, 209  
Cearreta, Idoia, 145, 155  
Cerezo, Eva, 219, 341, 357  
Chacón, Alejandro, 129  
Coma, Inmaculada, 347  
Conde-González, Miguel Ángel, 319  
Condori-Fernández, Nelly, 67  
Díaz, Marta, 209  
Echave Sanz, Ana de, 329  
Fernández, A., 33  
Fernández, Álvaro, 229  
Fernández, Manolo, 133  
Fernández, Marcos, 347  
Fernández de Castro, Isabel, 77  
Fernández Zumaquero, Santiago, 139  
Figuroa Martínez, José, 57  
Fons, Joan, 113  
Frías Marín, Guillermo, 329  
Galán Páez, Juan, 369  
Gallardo, Jesus, 175  
Gallego, Fernando, 175  
Gallud, Jose A., 169, 333  
Gamecho, Borja, 145  
Garay, Nestor, 145, 155  
García, Francisco J., 297  
García, Juan, 297  
García González, Roberto, 165  
García Jiménez, Arturo, 251  
García-Peñalvo, Francisco José, 319  
Garrido Navarro, Juan Enrique, 183  
Gil Iranzo, Rosa María, 163, 273  
Gimeno Illa, Juan Manuel, 165  
Gimeno, Jesús, 261, 347  
Giusti, Armando de, 341  
Gómez Aguilar, Diego Alonso, 319  
González, Carina S., 119  
González, María, 43  
González López, Pascual, 57, 139, 251  
González Sánchez, José Luis, 273  
González Villanueva, Pedro, 333  
Granollers i Saltiveri, Toni, 23, 109, 233, 293  
Guía, Elena de la, 189  
Guisen, Andrea, 339  
Gutiérrez, Melvin, 119  
Gutiérrez Vela, Francisco Luis, 57, 273  
Hoyo, Rafael del, 239  
Hupont, Isabelle, 239, 357  
Hurtado Torres, María Visitación, 33  
Iglesias, Ana, 43  
Jorge, Joaquim, 197  
Junqueira Barbosa, Simone D., 19  
Lara Jaramillo, Juan de, 373  
Latorre Andrés, Pedro M., 329  
Lazcorreta, E., 169  
Linares, Agustín, 369  
López, Álvaro, 33  
López, J. J., 169  
López Gil, Juan Miguel, 23

- López Jaquero, Víctor Manuel, 57, 99, 139  
López Muzás, Antonio, 165  
Losada, Begoña, 77  
Lozano Pérez, María Dolores, 185, 189  
Macías Iglesias, José Antonio, 89, 373  
Madrid, Jaisiel, 209  
Mansanet Benavent, Ignacio, 113  
Marco Rubio, Javier, 219, 329, 341  
Marcos, Mari-Carmen, 193  
Marín Clavijo Jesús, 303, 313, 369  
Martínez, Bibiana, 261  
Martínez, Héctor, 241  
Martínez, Jonatan, 251  
Martínez, Paloma, 43  
Martínez Plasencia, Diego, 249  
Masip Ardevol, Lluçia, 23, 283  
Miñón, Raúl, 145  
Molina, Ana Isabel, 175  
Molina Massó, José P., 249  
Montero Simarro, Francisco, 99, 139  
Mora Rincón, Miguel Ángel, 373  
Moreno, Lourdes, 43  
Moriyón Salomón, Roberto, 373  
Navarro, Elena, 99  
Olanda, Ricardo, 259  
Oliva, Marta, 283  
Ortea, César, 219  
Panach Navarrete, José Ignacio, 67  
Pascual Almenara, Afra, 23, 293  
Pastor, Óscar, 67  
Pelechano, Vicente, 113  
Peñalver, A., 169  
Pérez, Álex, 129  
Pifarré, Marc, 133  
Ponsa, Pere, 129  
Ramajo, Sandra, 33  
Reyes Lecuona, Arcadio, 303  
Ribera, Mireia, 365  
Rodríguez Almendros, María Luisa, 29, 223  
Rodríguez Fórtiz, María José, 29, 223  
Rojas, Luis A., 89  
Romão, Teresa, 339  
Romeu, Ignacio, 67  
Rubio, I., 33  
Rubio Gil, Inmaculada, 33  
Ruiz, Alexandra, 109  
Ruiz Penichet, Víctor Manuel, 183, 189  
Sagüés, Carlos, 241  
Sainz, Fausto, 209  
Sanagustín, Luis Miguel, 241  
Sánchez, Elena, 371  
Sánchez, Enriqueta, 99  
Sánchez, Fernando M., 261  
Sanz, Cecilia, 341  
Sebastián, Gabriel, 333  
Serón Arbeloa, Francisco José, 329  
Sigut, José, 119  
Silva, Miguel, 197  
Tesoriero, Ricardo, 333  
Therón, Roberto, 297, 319  
Torres, Ismael, 113  
Trigueros Sánchez, Elsa, 33  
Urretavizcaya, Maite, 77  
Van der Veer, Gerrit C., 3  
Vera, Lucia, 347  
Vilanova, Ramón, 129  
Villegas, Eva, 133  
Vos, Tanja, 67

