

Sistema para el análisis automático de modelos de navegación en hipermedia basado en agentes remotos

Martín González Rodríguez¹, Esther del Moral Pérez², Juan Manuel Cueva Lovelle¹

Grupo HCI (*Human Communication and Interaction*). Laboratorio de Tecnologías Orientadas a Objetos.
Universidad de Oviedo – www.ootlab.uniovi.es

1 Departamento de Informática, Universidad de Oviedo. C/Calvo Sotelo s/n 33007 Oviedo, Asturias
martin@lsi.uniovi.es ; cueva@lsi.uniovi.es

2 Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad de Oviedo. C/ Aniceto Sela s/n 33005 Oviedo,
Asturias
emoral@pinon.ccu.uniovi.es

Resumen

Conocer de antemano la estrategia de navegación adoptada por los usuarios de un producto hipermedia es una pieza clave en el proceso de desarrollo de calidad de estos productos, ya que la mencionada estrategia de navegación determina como los usuarios accederán a la información contenida en la base de conocimiento y por ende, cómo esta información será percibida. La adaptación de las pruebas de usabilidad clásicas al estudio de la navegación se ha revelado como una herramienta fundamental para el desarrollo de productos hipermedia de calidad. Sin embargo, esta técnica presenta numerosos inconvenientes, entre los que destacan su elevado coste, la selección previa de los voluntarios para las pruebas, el efecto negativo que la observación directa tiene sobre los voluntarios, así como la imposibilidad manifiesta que se tiene en un laboratorio para cuantificar la influencia que tiene el entorno computacional del usuario sobre la estrategia de navegación adoptada. El empleo de agentes software distribuidos, capaces de emular el comportamiento de los observadores humanos, es una alternativa barata y eficaz que permite evitar los problemas comentados, puesto que estos agentes son capaces de llevar cabo el proceso de prueba de forma automática en el mismo entorno computacional en el que se mueve el usuario y todo ello. En este artículo se comenta nuestra experiencia en el desarrollo y empleo de nuestra propia tecnología de agentes de observación autónomos

Palabras clave: Agentes, Usabilidad, Modelos de Navegación, Hipermedia.

1. Introducción

El diseño correcto de los mecanismos de navegación de un producto hipermedia es capaz de proporcionar nuevas formas de navegar, así como de mejorar el acceso a la información [1]. No debemos olvidar que un buen sistema de navegación es de

importancia crítica para el éxito de un producto hipermedia, tanto o más que la utilidad que éste tiene o la potencia de su sistema de hipertexto.

El principal objetivo de la fase de pruebas de un producto hipermedia consiste en evaluar la calidad de los mecanismos de navegación definidos durante el diseño. En esta fase se determinan cual de los

mecanismos diseñados se adapta mejor a las necesidades de los usuarios, obteniendo así una idea clara de la utilidad real que pueden tener estos mecanismos para la audiencia. Desgraciadamente, el proceso de navegación no es una tarea sencilla, pues los usuarios se pierden. Este proceso de búsqueda erróneo de información crea frustraciones que pueden afectar a la visión global que dichos usuarios tienen acerca de la calidad del producto [2].

2. La Navegación en Hipermedia

La navegación es un proceso donde las decisiones se toman de forma continua, eligiendo entre las distintas estrategias que pueden conducir al objetivo final. Este proceso requiere la evaluación del entorno para determinar si el objetivo inicial ha sido alcanzado. En ocasiones, estas estrategias siguen un plan y en son respuestas al propio entorno [3] pudiéndose agrupar dentro de dos categorías:

- **Navegación por Ubicación:** El usuario navega empleando conocimiento específico del entorno que está percibiendo, haciendo uso por tanto de información incompleta.
- **Navegación por Planes Predeterminados:** La navegación se realiza haciendo uso del conocimiento de los mapas mentales que se tiene del entorno, para obtener por adelantado un plan completo que permita alcanzar el lugar deseado.

Las diferencias individuales entre los usuarios determinarán la estrategia a emplear, dependiendo de la experiencia del navegante, de sus propias habilidades espaciales o del conocimiento que posee sobre el entorno de navegación. Con respecto a este último punto, la información que el usuario extrae está compuesta por los siguientes ítems [3]:

- **Hitos:** Representan perceptiva y conceptualmente los distintos puntos geográficos del entorno navegable.
- **Rutas o Caminos:** Representa la concepción del entorno descrito en términos de las conexiones entre los distintos hitos.

El conocimiento extraído del entorno de navegación se puede organizar en forma de una colección ordenada de hitos y rutas (un grafo), lo cual permite la recreación mapas mentales por parte de los navegantes.

3. Diseño de Modelos de Navegación

Durante la fase de diseño y siguiendo una estrategia de tipo *divide y vencerás*, se estructura la base de conocimiento del futuro producto hipermedia para obtener una colección de nodos enlazados entre sí, creando una estructura en forma de grafo dirigido a la que generalmente se le conoce como modelo de navegación [4].

3.1 Metáforas de Navegación

En esta tarea de agrupación de nodos en bloques semánticos juegan un papel especialmente importante las metáforas de navegación. Las metáforas pueden definirse como simulaciones de espacios conocidos que ayudan a clarificar la naturaleza de los elementos de información que contiene el sistema y expresando claramente la relación entre ellos. Básicamente se trata de la utilización de conceptos y modelos del mundo real, de fácil identificación por parte de los usuarios (un viaje, un libro, una máquina, etc.), facilitando a los usuarios la vía de acceso a las herramientas que ya le son conocidas [22][23].

Así pues, al presuponer que el usuario ya conoce determinados contenidos se descarga la acumulación de información innecesaria. Y al utilizar representaciones mentales que se asemejan a su realidad, el entorno se hace más comprensible y atractivo, rebajando el índice de dificultad, mejorando así la navegación [24].

Las metáforas integradas en el diseño de la interfaz de usuario pueden servir para un doble propósito: organizar y estructurar las tareas llevadas a cabo por el diseñador; y contribuir al aprendizaje del usuario [27]. Con respecto a este último propósito, Gary y Mazur [25] señalan que las metáforas deben ser fácilmente comprensibles, para no producir una carga cognitiva adicional a la vez que debe propiciar un aprendizaje significativo e intuitivo del entorno transfiriendo de aprendizajes anteriores a las situaciones nuevas.

3.2 Adaptabilidad del Modelo de Navegación

La naturaleza de cierto tipo de productos (quioscos multimedia, sitios web corporativos, etc.), abiertos a una amplia variedad de usuarios, implica la necesidad de diseños que abarquen las expectativas de navegación de diferentes entornos culturales [5]. Dado que un único modelo de navegación es incapaz de satisfacer las necesidades de todos los usuarios, en ocasiones es necesario incluir varios en una única aplicación. En el ejemplo de la Figura 1, aunque la base de conocimiento es la misma para

los dos tipos de usuario (novato y experto), la cantidad y tipo de información facilitada por cada uno es distinta. El paso de una categoría a la otra se realiza a través de un proceso de evaluación.

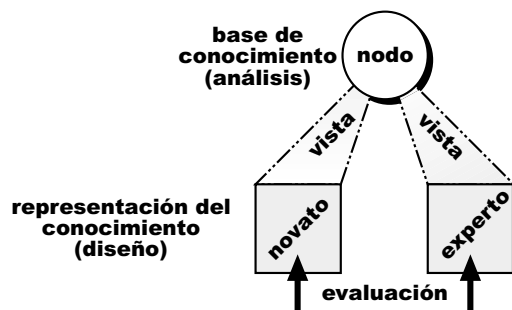


Figura 1. Distintas vistas de un nodo.

Para terminar de complicar las cosas, la navegación se ve afectada también por aspectos técnicos. Por ejemplo, varios autores [6], [7], [8] [9] y [10] han detectado importantes cambios en la estrategia de navegación practicada por los usuarios cuando estos exploran un sitio web que se encuentra colapsado y en donde los tiempos de respuesta son moderadamente altos. En estos casos, los usuarios suelen abrir más de una sesión de navegación o se dedican a seleccionar de forma compulsiva cada enlace disponible, con el objeto de mantener la máquina ocupada descargando datos de Internet. En el caso de usuarios expertos, éstos hacen uso de estrategias avanzadas como por ejemplo, incrementar la memoria caché del navegador o grabar todo el sitio web en un disco local para un análisis fuera de línea.

Como se puede apreciar, no existe una manera cien por cien fiable de predecir cómo se moverá un usuario a lo largo de los nodos de un modelo de navegación ya que existen demasiados factores involucrados. Como resultado, los diseñadores han de exponer sus modelos de navegación al escrutinio de los usuarios para su validación y verificación.

4. Verificación de Entornos Navegables

Esta exposición es realizada normalmente aplicando técnicas de usabilidad. Estas técnicas consisten en el desarrollo de versiones preliminares de cada modelo de navegación para verificar su facilidad de uso [11].

Las pruebas de usabilidad son una técnica de utilidad probada en la mejora del comportamiento de las interfaces de usuario de muchas aplicaciones y dispositivos hardware y permite revelar el comportamiento del usuario, así como identificar

sus metáforas internas de navegación [12]. Estimando los costes asociados con la ingeniería de usabilidad, un estudio [13] determinó que los beneficios derivados del uso de esta técnica pueden superar hasta en 5.000 veces los costes.

Aunque potente, la aplicación directa de las pruebas de usabilidad a la verificación de la calidad de los modelos de navegación presenta serias deficiencias que pueden convertir el proceso en una serie de tareas imprecisas, lentas y por lo tanto costosas y poco fiables.

Entre sus desventajas más notables podemos citar las siguientes:

1. Requiere la observación permanente de los usuarios.
2. Dado que el tiempo de observación es elevado, el coste de las pruebas es muy alto.
3. Las pruebas suelen realizarse empleando un número de voluntarios muy reducido.
4. Al trabajar con muestras pequeñas, la precisión de los resultados obtenidos disminuye notablemente.
5. Para las pruebas se eligen voluntarios con un perfil cercano al del usuario medio para el que fue diseñado el modelo de navegación. Así, es prácticamente imposible descubrir nuevos tipos de usuarios.
6. El conocimiento que el usuario tiene acerca del experimento influye negativamente en su comportamiento. Al saberse observado, el usuario cambia perceptiblemente su comportamiento. Al conocer o, al menos, inferir lo que se espera de él, adapta sus propias metáforas de navegación al modelo de navegación proporcionado.
7. Las pruebas son realizadas en ordenadores que cumplen las especificaciones técnicas necesarias para ejecutar el producto. Este puede no ser el caso del ordenador del usuario final. Es imposible detectar si el entorno informático del usuario afecta a la navegación.

5. Validación Remota

Con el objeto de evitar las desventajas comentadas hemos definido las características de un entorno ideal para las pruebas. Estas características son las siguientes:

1. Aumento del tamaño de las muestras mediante la automatización del proceso de observación, incrementando así la rentabilidad de las pruebas.

2. Concentración de los esfuerzos de verificación en una sola tarea: la navegación.
3. Distribución libre de los prototipos a probar entre todos los usuarios interesados.
4. Desconocimiento de la naturaleza del experimento por parte del usuario.
5. Realización de las pruebas en el entorno informático del usuario.

En esta situación ideal, las pruebas se realizan bajo las mismas condiciones en las que se va a utilizar el producto final, esto es, distribuyendo los prototipos entre los usuarios interesados, quienes los probarán en su propio entorno de computación y sin la presencia física de los diseñadores. Los usuarios se sienten libres para explorar los modelos de navegación proporcionados, ya que no se encuentran bajo presión, de tal modo que los factores externos del tipo del nerviosismo, confusión, etc., no afectarán a los resultados obtenidos. Como las pruebas de navegación se realizan en el entorno de trabajo del usuario, es posible obtener información acerca de cómo dicho entorno afecta a la navegación. Esta situación ideal permite detectar nuevos tipos de usuario de forma natural.

Hay que destacar que para utilizar este tipo de pruebas, los voluntarios deberían ser advertidos de su participación en una prueba de usabilidad desde el mismo inicio del experimento. El único factor que deben ignorar es la técnica de observación que los investigadores van a emplear. Esta es una práctica común en la realización de estudios de mercado [14].

Dado que en esta situación las pruebas se realizan lejos del laboratorio, hemos decidido bautizar a las pruebas realizadas bajo estas condiciones con el nombre de Verificación Remota o Remote Testing [15]. Para poder llevar a cabo la experimentación en estas condiciones, es necesario el uso de herramientas capaces de garantizar pruebas de usabilidad en situaciones que no se encuentran bajo el control del observador. Para resolver este problema, hemos desarrollado una herramienta de verificación remota basada en agentes, los cuales se trasladan a la máquina del usuario para reemplazar al observador humano en sus tareas de recopilación de información.

6. ANTS

Nuestra herramienta de verificación automática recibe el nombre de ANTS (*Automatic Navigability Testing System* o *Sistema de Pruebas de Navegación Automático*) y está desarrollada íntegramente en la

plataforma Java. Esta característica permite verificar los modelos de navegación de cualquier tipo de producto hipermedia disponible en el mercado (tanto aplicaciones hipermedia dependientes de una plataforma concreta, como sitios web en Internet).

6.1 El Diseño

El diseño de ANTS está basado en el paradigma cliente-servidor, siguiendo una metáfora de diseño basada en la vida de una comunidad de hormigas (ants). Las hormigas (agentes de pequeño tamaño para facilitar su transmisión por cualquier tipo de red) salen de su hormiguero (el servidor central) para buscar comida (la información) en todo picnic disponible (cada sesión de navegación). Una vez que la hormiga ha conseguido su comida, ésta vuelve al hormiguero y almacena cuidadosamente la información conseguida en alguna de sus galerías o almacenes (los ficheros o las bases de datos del servidor).

En la figura 2 se puede ver el diseño general de ANTS. Los agentes-hormiga están en contacto con las hormigas remotas (izquierda) por medio de un canal de comunicación bidireccional. La información recibida por los agentes-hormiga (sistema de comunicación) es enviada al sistema de almacenamiento, donde ésta es organizada y guardada en un fichero o en una base de datos.

Cuando el usuario visita un nodo de información durante su sesión de navegación, la hormiga es descargada del hormiguero (el servidor ANTS), junto con el resto de los recursos multimedia que conforman el nodo. (ver figura 2). Una vez que la hormiga llega a la máquina del usuario, ésta establece un canal de comunicación con el hormiguero (vía *socket* o vía *RMI*), a través de un asistente de hormiga, el cual se encarga de almacenar los datos recibidos en el servidor.

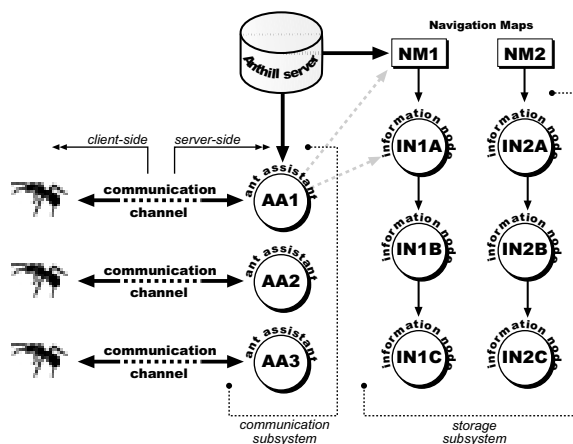


Figura 2. Diseño General de ANTS

6.2 Información Recolectada

La información recogida por los agentes consiste en una relación completa de los nodos identificados por los usuarios en sus sesiones de navegación, incluyendo el tiempo de permanencia en ellos y las rutas entre los mismos. Esta información permite determinar que nodos de un modelo son usados como hitos y cuales son usados como fuentes de información. También es posible detectar el tipo de estrategia navegación practicada.

Las hormigas observan el comportamiento del usuario incluso cuando éste realiza una tarea distinta a la de navegar (cuando el usuario trabaja concurrentemente en otra aplicación), una practica corriente en plataformas de trabajo multitarea. Esto permite determinar no sólo el tiempo empleado por el usuario en cada nodo, sino también el efecto que el entorno de computación pueda tener sobre la tarea de navegación. Con respecto a este último aspecto, si el gestor de seguridad de la máquina virtual de Java lo permite, ANTS es capaz de obtener una especificación bastante completa del entorno de trabajo del usuario, indicando su nombre, la plataforma empleada e incluso la versión de su sistema operativo [16].

Este modelo se puede extender para realizar otro tipo de pruebas, como por ejemplo, verificar aspectos relacionados con la interacción humana (HCI) y la calidad de las interfaces de usuario desarrolladas. Los agentes-hormiga pueden trabajar en combinación con otros componentes especialmente diseñados para este tipo de pruebas, como por ejemplo, aquellos destinados a medir la habilidad del usuario al usar el teclado [17], o sus habilidades en el reconocimiento de formas visuales [18] y [19].

El siguiente informe, ha sido obtenido empleando ANTS para probar el modelo de navegación de un sitio web identificado como *Tirsus*. Como se puede apreciar, el usuario llegó al sitio web a las 19:35:22 Hrs. (hora local del servidor) empleando un ordenador localizado dentro de la zona horaria ECT. El código empleado para la sesión de navegación se corresponde con la dirección IP empleada por el cliente (156.35.14.1), así como el nombre de su máquina (dana.si.uniovi.es).

```
DATE: October 14Th 1999 (Thursday)
TIME: 19H35' GMT+00:00
```

```
IP ADDRESS: 156.35.14.1 (dana.si.uniovi.es)
TIME ZONE: ECT (-2)
```

```
LOGS: (All dates are local to server)
```

```
19:35:22 - 19:38:42 [00:03:20]-> User
visits <Portal>
6 seconds out.
19:38:48 - 19:40:01 [00:01:13]-> User
visits <History>
8 seconds out.
19:40:09 - 19:45:22 [00:05:13]-> User
visits <Roman Army>
22 seconds out.
19:45:44 - 19:46:03 [00:00:19]-> User
visits <Roman Cities>
19:46:03 -> Log out.
```

```
Nodes Visited: 4.
Different nodes visited: 4.
```

```
Total Time: 00:10:41 seconds. AVG: 00:02:40
seconds.
Trans Time: 00:00:36 seconds. AVG: 00:00:09
seconds.
Real Time: 00:10:05 seconds. AVG: 00:02:31
seconds.
```

Como se puede observar, el comportamiento del usuario, así como el tiempo empleado en cada nodo, está perfectamente registrado. En el ejemplo, el usuario llega al nodo *Portal* a las 19:35:22 y lo abandona a las 19:38:42, de tal modo que el usuario permanece en él por espacio de 3 minutos y 20 segundos. A continuación el usuario se mueve al nodo *History*, llegando a él a las 19:38:48 (la hormiga asociada al nodo *History* ha empleado 6 segundos en ser descargada desde el hormiguero y establecer su canal de comunicación). Por último, el informe muestra algunas estadísticas acerca del tiempo empleado por el usuario en todo el modelo de navegación. En el ejemplo, el usuario visitó 4 nodos distintos, empleando un tiempo promedio de 2 minutos y 31 segundos en cada uno de ellos.

7. Verificación Remota: Casos de Estudio

Para cuantificar la potencia y flexibilidad del análisis remoto y la versión actual de ANTS, hemos probado la herramienta con varios problemas de análisis de exploración relacionados con modelos de navegación para páginas web, dos de los cuales vamos a reseñar brevemente aquí, indicando las referencias a los artículos en donde se describe en detalle la elaboración de tales experimentos.

7.1 Ubicación Adecuada de una Barra de Navegación en un sitio Web

En este experimento se analizó el proceso de exploración empleado en 342 sesiones de navegación (capturadas por ANTS a lo largo de tres semanas) en un sitio web provisto de dos barras de navegación paralelas situadas en el plano horizontal. Los resultados permitieron demostrar que la

ubicación de las barras en este plano no afectan al rendimiento para este tipo de tareas ya que los tiempos de reacción del usuario obtenidos para las dos localizaciones (izquierda y derecha) fueron los mismos. La preferencia de los usuarios se decantó por la zona izquierda, aunque no de una forma significativa (la barra izquierda se empleó en el 52,5% de los casos). La descripción detallada del experimento y los resultados obtenidos se encuentra en [20].

7.2 Análisis de un Sitio Web Educativo con Soporte Internacional

En este caso, ANTS fue empleado para analizar el proceso de exploración del prototipo de sitio web del Museo Arqueológico de Asturias que estamos desarrollando actualmente. La característica principal de este sitio web es el soporte internacional dado a cada uno de sus nodos, cuyos contenidos están escritos en tres idiomas: asturiano, castellano e inglés.

En el prototipo inicial, el usuario tenía la opción de seleccionar un idioma distinto para cada nodo. Tras analizar las 518 sesiones de navegación capturadas por ANTS en tres semanas, se detectó un alto número de sesiones (13,89%) en las que el usuario cambiaba el idioma de la página simplemente por curiosidad (para ver como lucía la página en otro idioma), volviendo al idioma inicial tras un breve lapso de tiempo. Como consecuencia de ello, se decidió eliminar esta opción ya que distraía al visitante del objetivo pedagógico del sitio web: enseñar Historia. Este experimento permitió detectar la proporción de usuarios de cada idioma, lo cual redundó en una mejora en la asignación de recursos para el diseño y construcción del prototipo en cada uno de los idiomas previstos. La descripción detallada de este experimento se puede consultar en [21].

8. Conclusiones

Las técnicas de Verificación Remota mejoran notablemente la calidad y la productividad de la fase de pruebas de un proceso de desarrollo para hipermmedia. Al emplear herramientas de prueba automática y remota del tipo de ANTS, los datos fluyen desde su origen (la sesión de navegación) hasta el sistema de almacenamiento en el servidor. Los diseñadores se liberan así de la aburrida tarea de recolectar información, de modo que pueden concentrar sus esfuerzos en analizar los resultados obtenidos, mejorando la calidad de sus modelos de navegación.

Dado que el proceso de navegación tiene lugar en el propio entorno de computación de usuario, no hay necesidad de asignar costosos recursos de laboratorio para la fase de pruebas y por lo tanto su coste disminuye notablemente.

Por medio de esta técnica podemos registrar un número mayor de sesiones de navegación con el mismo número de recursos humanos. En los experimentos comentados en este artículo, hemos analizado un total de 860 sesiones de navegación. Esta cifra hubiese sido completamente imposible de alcanzar por medio de sesiones de pruebas de usabilidad clásicas, dado el número limitado de recursos humanos y de hardware del que disponemos. Sin embargo, por medio de las técnicas de prueba remota, somos capaces de afrontar la realización de experimentos de tal envergadura con la única ayuda de un PC obsoleto. En realidad, el servidor-hormiguero utilizado en las pruebas recogidas aquí era un antiguo PC i486 con 16 Mb de RAM, Linux, JDK 1.1.6.

Otra ventaja importante de las pruebas de navegación remotas, radica en que la fase de pruebas se puede extender a toda la vida útil del producto. Una vez que la versión final haya sido terminada y publicada, es posible obtener información acerca del comportamiento de los usuarios reales de forma automática, de modo que ésta puede ser empleada para mejorar la calidad de la próxima versión del producto. Obviamente, para ello necesitamos el consentimiento de los usuarios finales, de modo que los mecanismos de transmisión de información puedan ser activados en sus máquinas.

9. Referencias

- [1] Nielsen, Jakob; (1993) Hypertext and Hypermedia. Academic Press, Cambridge. ISBN 0-12-5118410-7.
- [2] Furnas, G. W.; (1997) Effective View-Navigation. Human Factors in Computing Systems CHI97 Conference Proceedings, New York, NY: ACM Press.
- [3] Jul, Sussane; Furnas, George W.; (1997). Navigation in Electronic Worlds: a CHI97 Workshop. SIGCHI Bulletin Vol. 29, No. 4, October 1997, ACM Press.
- [4] Schwabe, Daniel; Rossi, Gustavo; (1995) Abstraction, Composition and Lay-Out Definition Mechanism in OOHD. Proceedings of the ACM Workshop on Effective.

- [5] Olsina, Luis Antonio; (1997) El Modelo de Procesos en el Desarrollo de Productos Hipermedia. Conferencias de la EUITIO, Universidad de Oviedo.
- [6] Johnson, Chris; (1997) What's the Web Worth? The Impact of Retrieval Delays on the Value of Distributed Information. Ponencia presentada al Time and the Web Workshop, Staffordshire University, 19 de junio de 1997. <http://www.soc.staffs.ac.uk/seminars/web97>.
- [7] Johnson, Chris; Gray, Philip; (1996). Temporal Aspects of Usability: Assessing the Impact of Time on User Interface Design. SIGCHI Bulletin Vol. 28, No. 2, April 1996, ACM Press.
- [8] Thomas, Richard C.; (1996). Temporal Aspects of Usability: Long-term Variation in User Actions. SIGCHI Bulletin Vol. 28, No. 2, April 1996, ACM Press.
- [9] O'Donnell, Paddy; Draper, Stephen W.; (1996). Temporal Aspects of Usability: How Machine Delays Change User Strategies. SIGCHI Bulletin Vol. 28, No. 2, April 1996, ACM Press.
- [10] Byrne, Anthony; Picking, Richard; (1997) Is time out to be the big issue? Ponencia presentada en el Time and the Web Workshop, Staffordshire University, 19th June 1997. <http://www.soc.staffs.ac.uk/seminars/web97>.
- [11] Apple Computer Inc; (1992): Macintosh Human Interface Guidelines. Addison-Wesley Publishing Company. ISBN 0-201-62216-562216.
- [12] Shulz, Erin; Van Alphen Maarten, Rasnake William (1997); Discovering user-generated metaphors through usability Testing. Proceedings of the Second International Conference on Cognitive Technology. Aizu, Japan.
- [13] Nielsen, Jakob; (1993) A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems. Proceedings of the INTERCHI'93: Human Factors in Computing Systems, Amsterdam, The Netherlands, April 1993.
- [14] Masson, J. E.; Wellhoff, A.; (1990) El Merchandising: rentabilidad y gestión del punto de venta. Deusto, Madrid. ISBN 8423405117.
- [15] González Rodríguez, Martín (1999): Automatic Usability Testing for Hypermedia Navigational Graphs. Proceedings of the Third International Quality Week Europe: Lessons Learned, Brussels, Belgium. Software Research Institute.
- [16] Weber, Joseph; (1997) Special Edition Using Java 1.1; Third Edition. ISBN 0-7897-1094.
- [17] Salthouse, T.; (1986). Perceptual, Cognitive and Motoric Aspects of Transcription Typing. Psychological Bulletin.
- [18] Sternberg, Saul; (1969). The discovery of processing Stages: Extensions of Donder's method. In W. G. Koster (ed.), Attention and Performance. Amsterdam: North-Holland.
- [19] Sternberg, Saul; (1975). Memory Scanning: New Findings and Current Controversies. Quarterly Journal of Experimental Psychology.
- [20] González Rodríguez, Martín (2000) Remote Navigation Testing for Hypermedia with Java. Proceedings of the PA Java'2000, Manchester, Inglaterra. A ser publicado por The Practical Application Company, Londres (ed.).
- [21] González Rodríguez, Martín (2000): ANTS: An Automatic Navigability Testing Tool for Hypermedia. Proceedings of the Eurographics Multimedia'99 Workshop, Milan, Italy. Multimedia'99 Springer-Verlag, Wien, Austria (ed.) ISBN-3-211-83437-0.
- [22] Barker, P. (1991): "Interactive Electronic Books". Interactive Multimedia 2 (1), pp. 11-28.
- [23] Hammond, N. (1993): "Learning with Hypertext: Problems, Principles and Prospects". Eds. Mcknight, C., Dillon, A. Y Richardson, J. Hypertext a psychological perspective. Ellis Horwood, New York.
- [24] Hammond, N; Allison, L.. (1987): "The travel metaphor as a Design Principle and Training Aid for Navigating around Complex Systems". Eds. Diaper, D. & Winder, R. People and Computers III. Cambridge University Press. Gran Bretaña, pp. 75-90.
- [25] Gary, G; Mazur, J; (1991): "Navigating Hypermedia". Eds. Berk, E. & Devlin, J. Hypertext/Hypermedia Handbook. Intertext Publications. McGraw-Hill (New York).
- [27] Barker, P. & Manji, K; (1991): "Designing Electronic Books". Educational and Learning Technology International (ETLI), 28 (4), pp. 273-280.