

# **Análisis de la adquisición del conocimiento en sistemas hipertexto a partir de las estrategias de navegación del usuario**

Ladislao Salmerón<sup>1</sup>, José J. Cañas<sup>1</sup>, Miguel Gea<sup>2</sup>,  
Inmaculada Fajardo<sup>3</sup>, Adoración Antolí<sup>1</sup> y Julio Abascal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept de Psicología Experimental,, Universidad de Granada  
salmero@fedro.ugr.es, delagado@ugr.es, antoli@ugr.es

<sup>2</sup> Dept. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada  
mgea@ugr.es

<sup>3</sup> Dept. de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad del País Vasco  
acfabri@si.ehu.es, julio@si.ehu.es

**Resumen.** Las actuales medidas de adquisición del conocimiento poseen ciertas limitaciones que las hacen inadecuadas para su utilización en los Sistemas Hipertexto Adaptativos o los Tutores Inteligentes. En este trabajo se propone una nueva medida que supere los problemas de las anteriores. Concretamente se presenta el análisis de las estrategias de navegación de los usuarios como índice *on-line* de la adquisición del conocimiento. Finalmente, se exponen los distintos tipos de sistemas y de poblaciones en los que se está validando la medida.

## **1 Introducción**

Durante la navegación en un sistema hipertexto los usuarios adquieren conocimiento tanto de los contenidos que proporciona el sistema como de la estructura de dicha información. En un periódico digital, por ejemplo, el usuario puede aprender la información presentada en las noticias y/o la manera en que éstas están organizadas en apartados. El diseñador de un sistema hipertexto puede evaluar el grado en el que los usuarios adquieren ambos tipos de conocimiento, y de esta forma obtener medidas objetivas sobre la interacción real de los usuarios con el sistema.

En el presente trabajo se propone el análisis de las estrategias de navegación como medida *on-line* de adquisición del conocimiento. Para ello, en primer lugar se analizan las limitaciones de las actuales medidas de adquisición del conocimiento. En segundo lugar se presenta la unidad de medida que se propone (estrategias de navegación) para predecir el conocimiento adquirido durante la navegación. Por último, se exponen los pasos que se están desarrollando en la actualidad para validar la medida propuesta.

## **2 Problemas de las actuales medidas de adquisición del conocimiento**

### **2.1 Medidas post-navegación vs medidas on-line**

Muchas de las actuales medidas de aprendizaje se toman después de que el usuario haya navegado por el sistema hipertexto. Este es el caso de las técnicas de elicitación más utilizadas, como los *juicios de relación* o el *card sorting* [1]. Sin embargo, el aprendizaje de los contenidos de un sistema hipertexto es un proceso que se desarrolla constantemente durante la navegación. A medida que un usuario procesa la información de un determinado texto del sistema, debe integrar esos datos en la estructura de conocimiento que ya posee sobre el resto de contenidos del sistema [3]. Con la incorporación de esos nuevos datos, el conocimiento de un usuario puede cambiar tanto cuantitativa como cualitativamente. Por tanto, el orden en la adquisición de la nueva información, determinará en parte la forma final en la que se almacene el conocimiento adquirido durante la navegación.

El principal problema de estas medidas es que tan sólo aportan información sobre el conocimiento final adquirido, y no de los cambios y la evolución que se han producido en aquél hasta llegar a su forma final.

Este hecho impide que dichas medidas puedan ser utilizadas en sistemas donde se requieran datos del aprendizaje a lo largo de la interacción con el sistema, como en los Tutores Inteligentes (TI) o los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA).

### **2.2 Medidas de conocimiento global vs medidas de conocimiento del texto y de la estructura**

Los sistemas hipermedia que adaptan la presentación de contenidos al aprendizaje del usuario, como los TI o los SHA, utilizan evaluaciones *on-line* de adquisición del conocimiento con las que evitan los problemas asociados a las evaluaciones post-navegación. Para ello se utilizan medidas como los modelos bayesianos, aproximaciones probabilísticas o redes de petri [4]. Una de las principales limitaciones de estas medidas es que proporcionan un valor global de la adquisición del conocimiento, sin distinguir entre el aprendizaje del texto y de la estructura del mismo [3]. Kintsch propone que el usuario aprende el contenido de un hipertexto a partir de la adquisición del texto base (la mera secuencia de palabras) y su combinación con el modelo de la estructura (el modelo sobre las relaciones entre las diferentes ideas expresadas en el texto). Ambos tipos de conocimiento son relativamente independientes. Un usuario puede aprender tan sólo el texto base del contenido (p.e. es capaz de repetir el texto, pero no llega a entenderlo) sin adquirir una comprensión profunda del mismo (modelo de la estructura), y viceversa.

Esta distinción es especialmente relevante en el aprendizaje a través de sistemas hipertexto, donde la estructura de enlaces entre los distintos textos ayuda a la integración del contenido del sistema. Esa es una de las mayores ventajas de estos sistemas con respecto al texto lineal presentado en papel. En esta línea, se ha comprobado que los sistemas hipertexto facilitan la adquisición de un mejor modelo de la estructura que los sistemas tradicionales en papel, aunque no se encuentren diferencias en la adquisición del texto base [5].

### **3 Propuesta de una nueva medida de adquisición del conocimiento: las Estrategias de Navegación**

Como se ha argumentado en el apartado anterior, las medidas de adquisición del conocimiento existentes son insuficientes, por una u otra razón, para evaluar la evolución del aprendizaje de textos a través de la navegación en un hipertexto. Una medida alternativa debe ser capaz de superar estos inconvenientes y medir los cambios en el aprendizaje de los contenidos a medida que el usuario navega por el sistema. Y por otro lado, debe proporcionar información tanto del aprendizaje del texto base, como de la estructura del texto.

Una posible alternativa consiste en el análisis de las estrategias o patrones de navegación [2]. Los usuarios de un sistema hipertexto pueden acceder a los textos<sup>1</sup> del sistema con diferentes estrategias de navegación. Por ejemplo, una persona puede visitar en primer lugar los textos que considere principales, para así formarse una idea de la estructura del contenido global y del mejor recorrido para visitar los textos. Otro usuario, sin embargo, puede optar por visitar los distintos textos a medida que el sistema le vaya presentando los posibles enlaces. Las distintas estrategias de navegación determinan que cada usuario visite distintos textos y en distinto orden, lo que puede conllevar diferencias en la adquisición de conocimiento sobre el texto base y la estructura del mismo.

Por tanto, pensamos que a partir de los patrones de navegación es posible inferir, al menos en parte, el conocimiento adquirido por los usuarios. Para poder analizar las estrategias, éstas se deben descomponer en unidades de análisis concretas que puedan ser evaluadas durante la navegación.

#### **3.1 Unidad de análisis durante la navegación**

La acción básica del usuario en la navegación en sistemas de hipertexto es el acceso a los diferentes textos. Pero una medida muy simplificada, como el número de veces que se accede a un texto, resulta poco útil ya que con ella se pierde información de

---

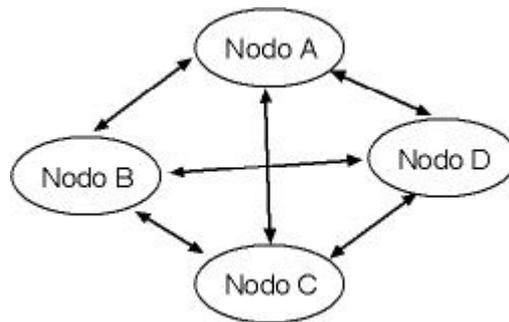
<sup>1</sup> En el presente apartado se utilizan las palabras “texto” y “nodo” como sinónimos para facilitar la comprensión del análisis de las estrategias de navegación. El lector puede asumir que en cada nodo se presenta un sólo texto.

más alto nivel sobre las estrategias de navegación. Howie y Vicente [2] sugieren que debemos partir, por el contrario, de un análisis de las transiciones entre acciones (en este caso el acceso a textos). Las transiciones reflejan tanto el número de veces que un texto ha sido visitado como las direcciones que el usuario ha seguido antes y después de visitarlos. De esta forma la navegación de un usuario se puede analizar mediante una matriz de transiciones de  $n \times n$  textos. La distinción entre ambos tipos de medidas se hace evidente con un ejemplo sencillo. Los usuarios 1 y 2 podrían navegar por un sistema como el de la figura 1, con las siguientes secuencias de acceso a textos:

*Patrón 1* =  $\langle A, B, C, D, A, B, C, D, A, B, C, D \rangle$

*Patrón 2* =  $\langle A, C, A, D, B, C, B, D, A, D, B, C \rangle$

Con la medida de número total de acceso a textos, se obtienen para ambos usuarios 1 y 2 las mismas puntuaciones:  $A = 3$ ,  $B = 3$ ,  $C = 3$  y  $D = 3$ . Sin embargo, con el uso de la matriz de transiciones, se encuentran diferencias importantes entre los dos usuarios (Tabla 1 y Fig. 2).



**Fig. 1.** Esquema de un sistema hipertexto

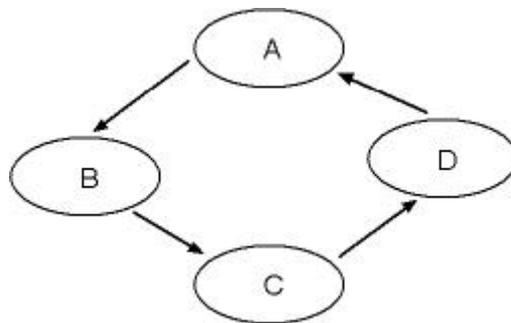
**Tabla 1.** Matrices de transiciones para los patrones 1 y 2 correspondientes a la navegación de dos usuarios sobre el sistema ilustrado en la figura 1 (Ver texto).

(a) Patrón 1				
<i>a</i>				
<i>de</i>	A	B	C	D
A	0	3	0	0
B	0	0	3	0
C	0	0	0	3
D	2	0	0	0

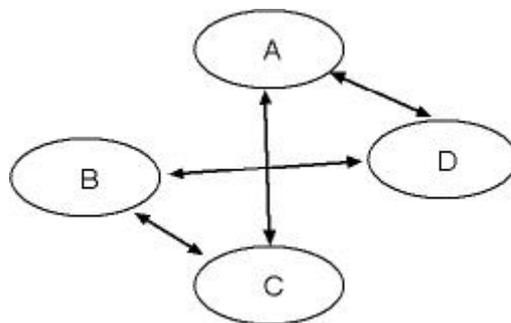
(b) Patrón 2

		<i>a</i>			
<i>de</i>	A	B	C	D	
A	0	0	1	2	
B	0	0	2	1	
C	1	1	0	0	
D	1	2	0	0	

(a) Patrón 1



(b) Patrón 2



**Fig. 2.** Representación gráfica de los patrones de navegación 1 (a) y 2 (b). (Ver texto)

El usuario 1 presenta un patrón de navegación fijo que repite en varias ocasiones. En este caso, es posible que el usuario esté accediendo a los contenidos del hipertexto de un modo prefijado (p.e. siguiendo las sugerencias del propio sistema). Además, la repetición del mismo patrón de forma continuada, puede indicar que el usuario está repasando los contenidos del hipertexto. A partir de este análisis superficial de la matriz de transición y su representación gráfica es posible aventurar, por ejemplo, que

el aprendizaje del texto base será adecuado, pero no necesariamente lo será el de la estructura.

Por su parte, el usuario 2 presenta un patrón de navegación irregular que refleja continuos accesos de ida y vuelta entre diferentes nodos. Por el contrario, el usuario no repite en exceso las transiciones entre los textos. A primera vista, este patrón puede indicar que el usuario ha explorado los textos en busca de las relaciones estructurales entre los contenidos, lo que se debería reflejar en una buena adquisición del modelo de estructura.

También es posible que el usuario 2 sencillamente estuviera desorientado. En cualquier caso, el ejemplo de ambas matrices permite observar claramente la influencia del patrón de navegación en la adquisición del conocimiento tanto de los textos como de los modelos de estructura.

### **3.2 Análisis de las matrices de transición**

Las matrices de transición pueden ser sometidas a diversos análisis matemáticos, lo que enriquece aún más la información aportada por las mismas. Es posible analizar las matrices tanto a partir de modelos teóricos como de modelos empíricos. Un ejemplo del primero consiste en comparar las matrices de un usuario con varias matrices prediseñadas a partir de un análisis teórico de los contenidos del sistema hipertexto. Por ejemplo, el profesor de una asignatura puede determinar de antemano la secuencia adecuada de acceso a los textos para el aprendizaje de los contenidos de un tema en particular. Con la matriz teórica construida a partir de esas premisas es posible analizar la desviación de un usuario con respecto a la misma, y con ello predecir el grado de aprendizaje del usuario.

Otro ejemplo de análisis, a partir de un modelo empírico, consiste en la comparación de la matriz de transiciones con la de un grupo de usuarios reales. Como en el anterior caso, se puede analizar la desviación del usuario con respecto a la matriz de los usuarios con mayor aprendizaje. Además, con técnicas de agrupación como el análisis multidimensional o el análisis cluster, es posible determinar “el grupo” (p.e. de mayor aprendizaje de la estructura, de menor aprendizaje del texto, ...) al que pertenece el usuario.

## **4 Validación de la medida de adquisición del conocimiento**

Nuestra propuesta de las matrices de transición como medida de adquisición del conocimiento está siendo validada empíricamente en la actualidad. El objetivo que se persigue es determinar si la nueva medida es capaz de reflejar la adquisición de conocimiento. Para ello se van a comparar los resultados que proporcionen las matrices de transición con los datos obtenidos con medidas ya consolidadas en la literatura experimental sobre adquisición de conocimiento.

Concretamente, se pretende comparar la nueva medida con un test de preguntas objetivas sobre el contenido del hipertexto para la evaluación del texto base, y de una tarea de elicitación del conocimiento para la medición de la estructura del texto. Estas medidas post-test son utilizadas frecuentemente en la literatura sobre adquisición del conocimiento en hipertexto [5].

Por otro lado, la validación se está llevando a cabo en diferentes sistemas, para comprobar la eficacia de la medida independientemente del tipo de hipertexto. Entre ellos, se está trabajando con distintos tipos de estructura de hipertexto (superficial vs. profunda; estrecha vs. ancha), con diferentes contenidos (para novatos vs. para expertos), y con diversas poblaciones (estudiantes universitarios, personas con discapacidad cognitiva).

## 5 Conclusiones

En el presente trabajo se describen los distintos pasos que se han llevado a cabo para obtener una medida *on-line* de adquisición del conocimiento en sistemas hipertexto. Para ello se parte de un análisis de las estrategias de navegación de los usuarios, y de un modelo cognitivo de aprendizaje de contenidos en los sistemas hipertexto. Por otro lado, se han esbozado las distintas situaciones experimentales para validar la medida.

La posterior validación de la misma en sistemas hipermedia con diferentes estructuras, contenidos y diferentes poblaciones de usuarios proporcionará datos útiles para el diseño de sistemas que requieran información continua sobre la adquisición de conocimiento de los usuarios, como los TI o los SHA. Por ejemplo, se podrá observar si existen patrones de navegación óptimos para cualquier sistema hipertexto, o si por el contrario cada tipo de estrategia se adapta mejor a un determinado tipo de estructura. En cualquiera de los casos, los patrones se podrían implementar en la estructura del sistema para que éste captara la estrategia del usuario. Con ello, se podrían presentar únicamente aquellos contenidos que mejor se adaptaran al nivel actual de aprendizaje de cada usuario.

## 6 Referencias

1. Cooke, N.J.: Varieties of knowledge elicitation techniques. *International Journal of Human-Computer Studies*, 41 (1994) 801-849.
2. Howie, D. y Vicente, K.J.: Measures of operator performance in complex, dynamic, microworlds: advancing the state of the art. *Ergonomics*, (1998) 81, 485-500.
3. Kintsch, W.: The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95(2) (1988). 163-182.

4. Medina-Medina, N., García-Cabrera, L., Rodríguez-Fortiz, M.J., Parets-Llorca, J. : Adaptation in an Evolutionary Hypermedia System: Using Semantic and Petri Nets. AH 2002: 284-295
5. Shapiro, A.M.: Promoting Active Learning: The Role of System Structure in Learning from Hypertext. Human-Computer Interaction v.13 n.1 (1998) p.1-35