

## Construyendo un Sistema de Educación Adaptativo e Inteligente en Web para aprendizaje de Diseño de Bases de Datos

Ana Iglesias, Paloma Martínez y Elena Castro

Universidad Carlos III de Madrid  
Avda. de la Universidad, 30 28911-Leganés (Madrid) España  
Tel: 34-91-624(9421, 9454, 9917) Fax: 34-91-6249430  
e-mail: {aiglesia, pmf, ecastro}@inf.uc3m.es

**Abstract.** En este artículo se presenta la arquitectura de un Sistema de Educación Adaptativo e Inteligente en web (SEAI en web) para la enseñanza de Diseño de Bases de Datos. Este sistema se enmarca dentro del proyecto de investigación PANDORA<sup>1</sup>, cuyo objetivo principal es definir métodos y técnicas para el desarrollo de bases de datos implementadas en una herramienta CASE, donde uno de los módulos del proyecto se centra en la enseñanza de esta materia vía web. Además se proporciona una breve descripción de los módulos del dominio y del módulo del interfaz del SEAI.

### 1 Introducción

Los Sistemas de Educación Adaptativos e Inteligentes en Web (*Web-based Adaptive and Intelligent Educational Systems: Web-based AIES*) son sistemas de enseñanza que se adaptan de forma inteligente a las necesidades de aprendizaje de cada estudiante en cada instante de interacción con el sistema. En el caso ideal de adaptación, el sistema se ha de comportar como si fuera un tutor humano enseñando a un único alumno en cada momento, donde el proceso de enseñanza es mucho más efectivo que al enseñar un temario a un conjunto de alumnos como suele ocurrir en una clase. Este tipo de adaptación a los estudiantes tiene varias ventajas con respecto a sistemas anteriores de educación a distancia, y es que, al adaptar el curso a cada estudiante de forma individual, éste mejorará su aprendizaje obteniendo mejores resultados en un tiempo menor de enseñanza.

Los AIES no son sistemas totalmente nuevos, ya que se derivan históricamente de los *Tutores Inteligentes en Web* [10] (*Internet-based Intelligent Learning Systems: IILS*) y de los *Sistemas Hipermedia Adaptativos* (*Adaptive Hipermedia Systems: AHS*). Estos sistemas son los más completos hasta el momento, ya que se estudia por la parte de IILS el conocimiento sobre el dominio, el estudiante y sobre las estrategias

---

<sup>1</sup> Este trabajo es parte del proyecto de investigación PANDORA (Plataforma CASE para el Desarrollo de Bases de Datos y Aprendizaje via Internet), proyecto CICYT (TIC99-0215).

de enseñanza que soporten la individualización de la enseñanza y la flexibilidad; y por la parte de AHS, la aplicación de las diferentes formas de modelos de usuarios para adaptar el contenido y los enlaces de las páginas hipermedia que se han de mostrar al usuario (presentación adaptativa y soporte a la navegación adaptativa).

Los primeros sistemas AIES basados en Web aparecieron por primera vez en 1995 y surgieron a partir de Tutores Inteligentes, como por ejemplo, ELM-ART [1], CALAT [9] o WITS [10]. Posteriormente surgieron varios filones de investigación, como la adaptación del contenido de las páginas a cada usuario (Adaptación Hipermedia)[3][10] y adaptación colaborativa en web [8], entre otros.

A continuación se muestra la arquitectura propuesta del sistema y se describirán brevemente los módulos del dominio y del interfaz.

## 2 Estructura del Sistema de Educación Adaptativo e Inteligente en Web

La estructura típica de un tutor inteligente, y, por tanto, de un sistema de educación adaptativo e inteligente en web, se compone de cuatro módulos bien diferenciados [2]. El *módulo de estudiante* contiene toda la información importante sobre el usuario en su proceso de aprendizaje: conocimiento sobre el dominio del ITS, características personales, comportamiento histórico, etc. El *módulo pedagógico* decide *qué* material mostrar, *cómo* mostrarlo y *cuándo* enseñar los contenidos del tutor, adaptando sus decisiones pedagógicas a las necesidades del estudiante en cada instante, agrupando las estrategias pedagógicas del sistema en clases de estudiantes (dependiendo de sus características de aprendizaje). El *modelo del dominio* contiene todas las características del conocimiento que se va a enseñar (en el siguiente apartado (apartado 3) se detalla el almacenamiento del contenido del tutor de forma jerárquica). Finalmente, el *módulo interfaz* facilita la comunicación entre el sistema y el estudiante, adaptando el contenido del sistema dependiendo de las necesidades del estudiante en cada momento. En el capítulo 4 se estudian los detalles de adaptación al usuario que se aplican en el SEAI de PANDORA.

Este artículo se centra en la descripción de los módulos del dominio y del interfaz, ya que artículos anteriores [6] han demostrado que la aplicación del modelo de aprendizaje por refuerzo en el módulo pedagógico permite que el sistema aprenda a adaptar la enseñanza del contenido del sistema dependiendo de cada estudiante en cada momento, únicamente a partir de información de la interacción con otros estudiantes con las mismas características de aprendizaje. Además, se ha probado el buen funcionamiento del sistema en el dominio de bases de datos [4], demostrando posteriormente que el SEAI es capaz de converger a políticas de enseñanza óptimas interaccionando con un número no muy elevado de estudiantes [5].

En la Fig. 1 se observa cómo tanto los módulos del dominio, del estudiante, y el módulo pedagógico trabajan con bases de datos (que en el sistema PANDORA se han implementado en el Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) Oracle 9i). Estas bases de datos almacenan todo el conocimiento necesario para la gestión de cada uno de los módulos, y, a su vez, estos módulos interaccionan entre sí para conseguir la máxima adaptación a cada estudiante por parte del sistema.

### 3 Módulo del dominio

El conocimiento del SEAI se almacena en el módulo del dominio. La tradicional estructura jerárquica (temas, subtemas, etc.) podría ser una ventaja en la definición de los objetivos del sistema y de la estrategia pedagógica a seguir, donde cada nodo del árbol puede contener varios elementos del tema (definiciones, ejemplos, problemas, ejercicios, etc.) en distintos formatos (imagen, texto, vídeo, etc.) (ver Fig. 2).

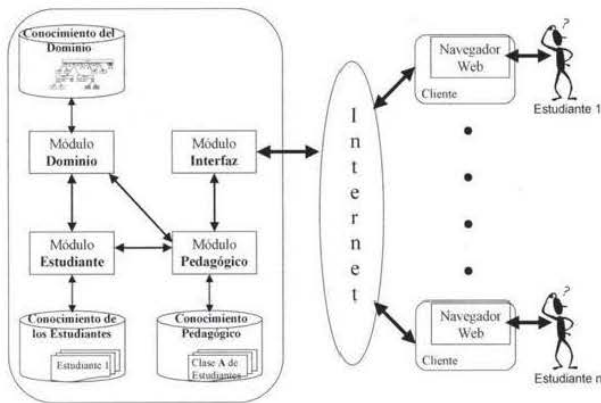


Fig. 1. Estructura del Sistema de Educación Adaptativo e Inteligente en Web

Por otro lado, es muy importante para un sistema de educación tener una forma de evaluar al estudiante. En nuestro sistema, la evaluación se realizará mediante pequeños exámenes (tests), que aparecen en la Fig. 2 como elementos de los temas, de forma, que, tras haberle mostrado a un usuario algún elemento del tema, el estudiante tiene la posibilidad de realizar un examen para que el sistema le evalúe su conocimiento sobre ese tema y así pueda guiarle a través del contenido del curso con más fiabilidad.

El prototipo disponible cuenta por el momento de conocimiento sobre el *modelo conceptual (entidad-interrelación)* en dominio del diseño de bases de datos, tanto del modelo *entidad-interrelación básico* como del modelo *entidad-interrelación extendido*. En general, el sistema consta de más o menos 55 ítems de conocimiento (entre temas y subtemas) y de dos *introducciones, definiciones, ejercicios, problemas y exámenes* por cada ítem, de forma que el sistema se pueda adaptar eligiendo el elemento del tema a enseñar dependiendo de las características de aprendizaje del estudiante.

#### 4 Módulo del interfaz

El módulo del interfaz se construye a partir de las tecnologías estudiadas en los Sistemas Hipermedia Adaptativos (AHS) aplicados a la enseñanza. Una de las tareas principales de estos sistemas es proporcionar una progresión no lineal a través del material de estudio. En los sistemas hipermedia anteriores, esta propiedad implicaba un problema, y era que los estudiantes se solían perder en el hiperespacio sin saber qué estudiar a continuación y cómo recordar dónde había estado [6]. Los nuevos Sistemas Hipermedia Adaptativos se diferencian de los anteriores en que añaden un componente inteligente para adaptarse a los usuarios y ayudarlos. Su principal dominio de investigación se basa en la adaptación de los **contenidos** de las páginas web según el usuario que interacciona en cada momento (utilizando técnicas de texto condicional, variantes, texto estirado, generación de lenguaje natural, etc.) y de la **navegación** a través de los elementos hipermedia (por ejemplo, cambiando la apariencia de los enlaces, ocultándolos, ordenándolos, añadir enlaces de forma dinámica o guiando al usuario mediante una guía directa).

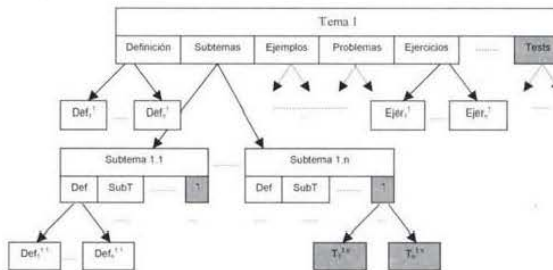


Fig. 2. Estructura Jerárquica de Conocimiento

En nuestro sistema nos centramos en la adaptación en la navegación al usuario, aunque también se incluye adaptación del contenido aplicando la técnica de variantes al mostrar el contenido dependiendo del formato que prefiera el estudiante en cada instante.

En cuanto a la adaptación de la navegación, se utilizan todas las técnicas citadas anteriormente, donde (ver Fig. 3):

1. Se cambia el aspecto del enlace (mediante el color) indicando el ítem de conocimiento que estamos visitando actualmente, si se ha visitado o no el ítem de conocimiento anteriormente y sí, en el caso de haberlo visitado anteriormente, se ha superado el temario (mediante la realización de un examen) o no.
2. Se ocultan los enlaces de los sub-temas que no se están visitando en ese instante para evitar que el árbol de conocimiento que aparece en el marco izquierdo de la pantalla sea demasiado extenso.

3. Se ordenan los items de conocimiento según el árbol de conocimiento del temario para que el estudiante siempre sepa dónde se enmarca el material que está estudiando.
4. Se ofrece una guía directa por el curso, decidiendo en cada momento qué mostrar a continuación al estudiante y en qué formato. Esta guía directa se implementa con modelo de aprendizaje por refuerzo descrito en [6] (aplicándose en este momento la técnica de *variante* mostrando el contenido de la materia a enseñar en el formato que más se ajuste a las necesidades del estudiante en ese instante)
5. Se añaden enlaces dinámicamente (las pestañas que aparecen en el marco derecho de la página), donde se mostrarán más o menos elementos del tema actual dependiendo del contenido del módulo del dominio.

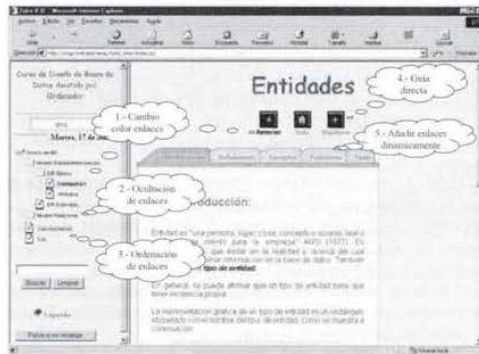


Fig. 3. Aplicación de técnicas de adaptación a la navegación en el módulo del interfaz

Para la implementación del sistema se han utilizado páginas JSP (*Java Server Pages*) que acceden a las bases de datos implementadas en Oracle 9i a través del ODBC (*Object Data Base Connection*), y el lenguaje de programación Java para la implementación de JavaBeans que nos permiten encapsular el código y mantener datos en memoria.

## 5 Conclusiones

En este artículo se propone la arquitectura de un Sistema de Educación Adaptativo e Inteligente (SEAI) en Web en cuatro módulos fundamentales: el módulo del estudiante, el módulo de pedagógico, el módulo del dominio y el módulo del interfaz.

Al mismo tiempo, se detalla la construcción del módulo del dominio, con una representación estructurada del conocimiento del sistema en forma jerárquica (en temas, sub-temas, elementos de los temas, etc.) y la generación del módulo del interfaz adaptándose a las necesidades de aprendizaje del estudiante en cada instante, aplicando varias técnicas de adaptación de navegación y del contenido. Del módulo

pedagógico, del que se habla en [4] y [6] se realizaron experimentos con estudiantes simulados sobre la convergencia al aprender las políticas pedagógicas en [5], demostrando que el sistema es capaz de enseñar de forma óptima cuando interacciona con relativamente pocos estudiantes.

Esta propuesta es portable a cualquier SEAI en web, independientemente del dominio que trate, actualmente está siendo implementada en uno de los módulos del proyecto de investigación PANDORA: el módulo de enseñanza via web aplicado al dominio del "Diseño de Bases de Datos" y posteriormente será validado por estudiantes reales.

## 6 Referencias

1. Brusilovsky, Peter, Schwarz, Elmar and Weber, Gerhard. *ELM-ART: An Intelligent tutoring system on World Wide Web*. Intelligent Tutoring Systems, Springer Verlag, Ed. Claude Frasson and Gilles Gauthier and Alan Lesgold, pp. 261-269 (1086), 1996.
2. Burns, Hugh and Capps, Charles. *Foundations of Intelligent Tutoring Systems: An Introduction*. Foundations of Intelligent Tutoring Systems, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1-19, 1988.
3. De Bra, P. and Calvi, L. *An open Adaptive Hypermedia Architecture*. The New Review of Hypermedia and Multimedia, pp. 115-139 (4), 1998.
4. Iglesias, A., Martínez, P., Cuadra, D., Castro, E. and Fernández, F. *Learning to Teach Database Design by Trial and Error*. 4th International Conference on Enterprise Information Systems, Ciudad Real (España). Pp. 500-505, 2002.
5. Iglesias, Ana, Martínez, Paloma and Fernández, Fernando. *An experience applying Reinforcement Learning in a Web-based Adaptive and Intelligent Educational System*. Informatics in Education International Journal. To appear.
6. Iglesias, Ana, Martínez, Paloma and Fernández, Fernando. *Applying Reinforcement Learning in Intelligent Tutoring Systems*. 4th International Conference on New Educational Environments, Lugano (Switzerland), Pp. 11-14, 2002.
7. Ito, J., Watanabe, Y., Kondo, K. and Okamoto, M. *Pen Based User Interface for an ITS on WWW client*. Proceedings of International Conference on Computers in Education ICCE98, pp. 324-327, 1998.
8. Leigh, J., Johnson, A.E. and DeFanti, T.A. Issues in the Design of a Flexible Distributed Architecture for Supporting Persistence and Interoperability in Collaborative Virtual Environments. Proceedings of the 1997 ACM/IEEE conference on Supercomputing (CDROM). Conference on High Performance Networking and Computing, San Jose, CA, pp. 1-14, 1997.
9. Nakabayashi, K., Maruyama, M., Koike, Y., Touhei H. and Fukuhara, Y. *Architecture of an Intelligent Tutoring System on the WWW*. Proceedings of the 8th World Conference of the AIED Society, pp. 18-22, 1997.
10. Okazaki, Y., Watanabe, K., and Kondo, H.: *An Implementation of an Intelligent Tutoring System (ITS) on the World Wide Web (WWW)*. Educational Technology Research 19. 1, pp. 35-44, 1996.
11. Sison, R. *Framework for Intelligent Internet-Based Learning Support*. Proceedings of the Ninth International Conference on Computers in Education, pp. 926-931, 2001.
12. Stern, Mia Keryn. *Using Adaptive Hypermedia and Machine Learning to Create Intelligent Web-based Courses*. PhD. Directed by: Professor Beverly Park Woolf. University of Massachusetts, Amherst. 2001