

Sistemas de hipermedia adaptativa en un entorno educativo: generalidades y tendencias

Inés María González Vidal¹ y Lázaro J. Blanco Encinosa²

¹ Facultad de Contabilidad y Finanzas, Universidad de La Habana. Contacto: gonzvidal@fcf.uh.cu.

² Centro de Estudios de Técnicas de Dirección (CETED), Universidad de La Habana.
Contacto: jlazaroj@ceted.uh.cu.

Resumen

En este trabajo se expone la evolución que han tenido los sistemas educacionales virtuales y, en particular, los sistemas de hipermedia adaptativa en un entorno educativo (SHAE); se realiza un acercamiento a las características esenciales, y a las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas, siguiendo un orden lógico-histórico. Sobre los SHAE se profundiza en aspectos tales como: arquitectura general, criterios de clasificación atendiendo a diferentes perspectivas, aplicabilidad de sus modelos, métodos de adaptación, objeto de la adaptación, prerrequisitos de utilización, integración de la información, integración alumno-adaptación, creación de hiperdocumentos, historia de navegación, información contextual, modelo del alumno (MA), construcción del MA, ejemplos de MA en diferentes propuestas y ciclo de vida de un SHAE. Este artículo puede ser de ayuda para los docentes y desarrolladores de cursos virtuales, pues presenta una fundamentación teórica de los elementos más importantes que caracterizan un SHAE.

PALABRAS CLAVE: hipermedia adaptativa, sistemas e-learning.

Abstract

Virtual educational systems evolution is shown in this paper, particularly the adaptable hypermedia systems within an educational environment (SHAE). Following a historical and logical order, an approach to the essential characteristics and to the advantages and disadvantages of the different systems is carried out. Regarding the adaptable hypermedia systems within an educational environment (SHAE), the paper deepens on some aspects, as for example general architecture, classification criteria of SHAE according to different perspectives, applicability of their models, adaptation methods, adaptation object, prerequisites for usage, information integration, student-adaptation integration, creation of hyper-documents, navigation history, contextual information, student model (MA), construction of the (MA), examples of (MA) in different proposals and the life cycle of a SHAE.

KEYWORD: adaptable hypermedia, e-learning systems.

Introducción

Las nuevas situaciones de enseñanza y aprendizaje promueven la participación en experiencias educativas altamente interactivas, para lo cual se utilizan diferentes espacios de comunicación. Aparece la llamada Web 2.0, que no constituye precisamente una tecnología, sino una nueva actitud con la que se debe trabajar para desarrollar nuevos proyectos en Internet. El desarrollo y evolución de la web como un espacio global común, donde todos los participantes interactúan, se comunican e intercambian información, propicia una nueva etapa en el diseño y desarrollo de materiales didácticos para la red.

La personalización de la enseñanza es otra característica de esta nueva etapa, con el aumento del papel activo de los estudiantes y el cambio de concepto del aprendizaje. El alumno adquiere metacimientos, o sea, desarrolla habilidades sobre cómo y dónde se puede buscar, encontrar, recuperar y emplear la información y el conocimiento, dentro de una biblioteca mundial en línea (Internet).

Sistemas *e-learning*

Con el desarrollo acelerado de la industria, la educación a distancia basada en las tecnologías de la información y el conocimiento (TIC) surge como una nueva forma para facilitar la especialización de las personas. En la medida en que ha avanzado el tiempo, la tecnología siempre ha presentado diferentes opciones para compartir información y facilitar este tipo de enseñanza.

El término *e-learning* en inglés hace referencia al aprendizaje electrónico, es decir, aprendizaje a través de un medio tecnológico-digital (ordenadores, Internet, intranet, PDA, teléfonos móviles, entre otros). Un sistema *e-learning* incluye contenidos relevantes y la ayuda necesaria para que los estudiantes puedan alcanzar los objetivos del aprendizaje. Utiliza elementos de comunicación audiovisuales y puede ser dirigido por un profesor (*e-learning* sincrónica) o diseñado para el autoaprendizaje (*e-learning* asincrónico).

Las ventajas principales que ofrece la educación virtual es la reducción de los costos para impartir cursos a un mayor número de participantes que lo

tradicional en un aula de clases. Otra interesante ventaja es la interacción que generan los cursos, ya que despiertan el interés del estudiante por medio de los foros y otros medios de participación.

Sistemas de hipermedia (SH)

El término hipermedia es la combinación de hipertexto y multimedia. El hipertexto provee una estructura de navegación a través de los datos textuales; mientras que la multimedia ofrece esta estructura de navegación no solo a través de datos textuales, sino también de una gran variedad de tipos de datos. Si en el hipertexto se habla de datos, en la multimedia es corriente hablar de componentes. Es una red hipertextual en la que se incluye no solo texto, sino también otros medios: imágenes, audio, vídeo, etcétera. Podríamos representarla gráficamente de la siguiente forma como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Representación gráfica de la estructura hipermedial.

Fuente: Elaboración propia.

El hipertexto organiza la información en bloques discretos de contenido, llamados nodos –en su mínimo nivel, por lo general agrupados en forma de páginas, muy asociadas a la pantalla del ordenador– conectados a través de enlaces cuya selección genera distintas formas de recuperar la información de la base; la multimedia utiliza la tecnología que soporta la información almacenada en diferentes formatos y medios, controlados por un usuario (interactividad).

Desde los nodos el usuario puede saltar de una página a otra siguiendo un enlace. Esta acción se conoce como navegación. Si existen muchos enla-

ces, el usuario tiene gran libertad de navegación, pero también puede conllevar que los usuarios inexpertos se desorienten: es lo que se conoce como estar «perdidos en el hiperespacio», que es todo el universo de información contenida en la red. Esto puede provocar pérdida del interés. Cada vez hay mayor cantidad de información, por lo que es difícil distinguir qué material seleccionar en el momento adecuado, qué fuente considerar como confiable y cuál se ajusta mejor al caso particular que está siendo objeto de estudio.

Ventajas y desventajas de los SH

Los SH son capaces de almacenar documentos y permitir su lectura en forma no convencional; combinan videos, gráficos y sonidos, lo que enriquece la información presentada, deja libre al usuario para seleccionar sus materiales de estudio y le permite interactuar con otros de manera relativamente sencilla. Desde el punto de vista educativo, no facilita la visualización ni la evaluación de la instrucción; delega en el usuario del sistema toda la responsabilidad del proceso, al permitirle que él mismo seleccione sus materiales de estudio.

Estos sistemas tienen como principal desventaja que usuarios inexpertos terminen perdidos en el hiperespacio y pierdan el interés en el estudio. La propuesta de los mismos enlaces a todos los contenidos y además a todos los usuarios constituye otra limitación de los SH.

Sistemas tutoriales inteligentes (STI)

La aparición de la inteligencia artificial (IA) es el resultado de la investigación en psicología cognitiva y lógica matemática, enfocada en la explicación del trabajo mental y la construcción de algoritmos de solución a problemas de propósito general. La IA trata de conseguir que los ordenadores simulen, de cierta manera, la inteligencia humana. Se acude a sus técnicas cuando es necesario incorporar, en un sistema informático, conocimiento o características propias del ser humano.

Las definiciones de IA han evolucionado; es así que autores como Rich y Knight (1994) y Stuart (1996) la definen como la capacidad que tienen las máquinas para hacer tareas que en ese momento son realizadas por seres humanos. Nebendah (1988)

y Delgado (1998), de una manera más completa, la definen como el campo de estudio que se enfoca en la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales basados en la experiencia y el conocimiento continuo del ambiente.

En la educación, la IA está fundamentalmente enfocada a crear sistemas que funcionen como tutores personalizados, con el objetivo de abordar un dominio de conocimientos bien definidos. Estos surgen en la década del setenta y vuelven a retomarse en los noventa debido al auge de los ordenadores. Un ejemplo de aplicación de las técnicas de IA está en los STI, herramientas muy populares de apoyo al aprendizaje, que representan una evolución a la tradicional enseñanza asistida por el ordenador (EAO).

En la figura 2 se muestran las tres disciplinas en las que se basan los STI: la ingeniería informática (en particular la IA), la psicología y la educación. Todas se relacionan y complementan para cubrir el campo de la IA. Según Woolf (2009), la IA (perteneciente a la ingeniería informática) se complementa con la ciencia cognoscitiva de la psicología —que estudia la forma en la que las personas piensan y aprenden— y con la educación, que se enfoca en cómo proporcionar la mejor enseñanza.

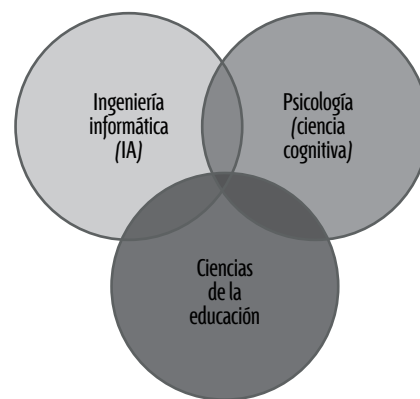


Figura 2. Disciplinas relacionadas en los STI.

Fuente: Elaboración propia.

Los STI son sistemas capaces de enseñar a un estudiante, a través de la evaluación frecuente. Presentan tres características que denotan inteligencia: ser capaces de hacer inferencias sobre el dominio

de aplicación y resolver problemas que estén en su esfera de actuación, así como ser capaces de ayudar al alumno y favorecer estrategias pedagógicas que minimicen la diferencia entre el aprendiz y el especialista.

La enseñanza a través de los STI tiene la desventaja de utilizar solamente un dominio de conocimiento bien definido, lo cual convierte la tarea educacional en excesivamente rígida y restringida a las órdenes del tutorial.

Sistemas de hipermedia adaptativa (SHA): su relación con los SH y STI

El objetivo de los SH y los STI es proporcionar la información del grado de conocimiento e intereses del usuario, para poder guiarlo a través de una adaptación del material presentado. Para solucionar estos problemas, se introduce el concepto de personalización de la enseñanza.

A principio de los años noventa, las investigaciones se centraban en la hipermedia y el modelo del usuario, que es el proceso de construcción y representación de sus características. De acuerdo con lo anterior, la adaptación debe entenderse como la capacidad del sistema para que ajuste dinámicamente su conducta a los requerimientos de la interacción estudiante-sistema. Una aplicación adaptativa puede determinar qué información muestra a un experto en la materia, y cuál muestra a un novato.

Para que un sistema se considere adaptativo, primero debe ser un sistema de hipermedia, tener un modelo del alumno (usuario de estos sistemas) y, a partir de este, ser capaz de adaptar la navega-

ción teniendo en cuenta los contenidos mostrados. Estos sistemas son el resultado de la necesidad de desarrollar mecanismos que guíen al alumno en su búsqueda por el hiperespacio.

Sistemas hipermedia adaptativa en la educación (SHAE)

Los SHAE son herramientas que ofrecen al estudiante recursos que facilitan su trabajo personalizado y cooperativo. Aplican su capacidad de acceso a nuevas informaciones y ofrecen mecanismos para adaptar el hiperespacio, con el ajuste de los materiales relacionados a los conceptos contenidos en el curso. La heterogeneidad de información disponible en Internet se reduce si se utilizan los SHAE, los cuales ayudan a limitar el universo de información, y adaptan los contenidos y la forma de presentar los materiales al estudiante en concordancia con sus características.

En la figura 3 se observa que en la intersección entre los sistemas *e-learning* y los SHA se encuentran los STI; por tanto todos los SHAE constituyen una expresión de los sistemas *e-learning*, STI y SHA.

En los planteamientos teóricos que justifican la inclusión de estos sistemas en el contexto educacional está, en primer lugar, la reducción del tiempo dedicado a las tareas mecánicas de ordenamiento y almacenamiento de la información, en función de los intereses de los alumnos y de los profesores, apoyado en nuevas estructuras para la organización y nuevas estrategias de actuación.

Estos sistemas tienen la capacidad de personalizar dinámicamente su conducta, es decir, ajustar

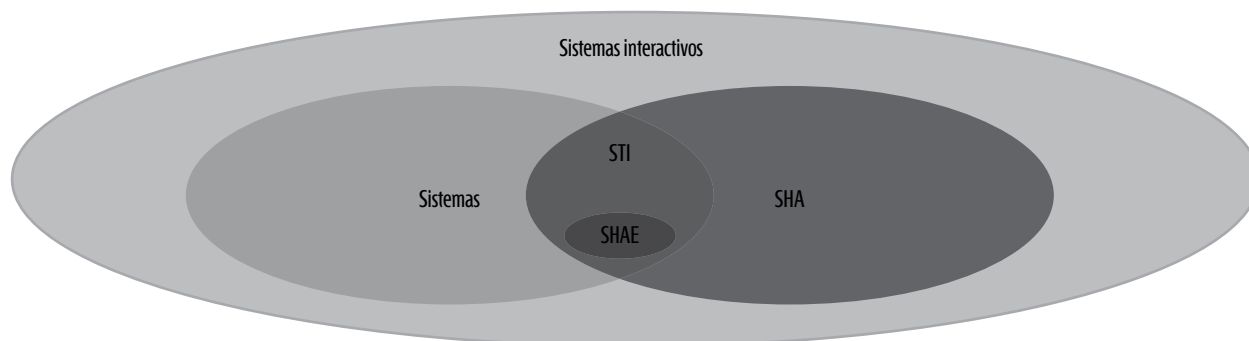
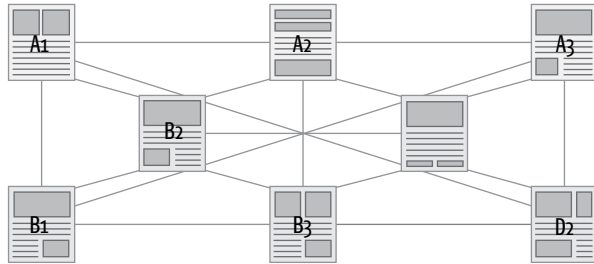


Figura 3. Relación de los SHAE con el resto de los sistemas predecesores.

Fuente: Elaboración propia.

los contenidos presentados en cada página y guía de navegación a las características individuales del estudiante, y se basan en la interacción usuario-sistema. Constituyen nuevos canales para el aprendizaje y la colaboración, y ofrecen mecanismos de estudios teóricos y prácticos, adaptados a las nuevas necesidades de la docencia y su gestión (figura 4).



El SHAE propone caminos a seguir: María: A1-A2-A3-D2
José: A1-B1-A2-A3-D2
Pedro: B1-B3-D1-B3

Figura 4. Sistema de hipermedia adaptativa para la educación que introduce el concepto de personalización.

Fuente: Elaboración propia.

Característica principal de los SHAE

La característica principal de los SHAE es que tienen la capacidad de proveer al estudiante de información actualizada y adecuada al contexto, subjetivamente interesante y en correspondencia directa con un modelo del alumno; o sea, un único sistema genera dinámicamente distintas interfaces adaptadas y personaliza la enseñanza a las características de cada alumno.

Los SHAE basados en las informaciones de cada alumno consideran que los datos brindados y capturados son esenciales, desde el punto de vista pedagógico, para la adaptación del contenido a cada uno. Entonces se crea un modelo del alumno a partir de datos que recoge de este y del estado de cada una de las características capturadas. La aplicación debe procesar y causar un efecto de adaptación, representado en los aspectos de navegación, contenidos y presentación, que son mostrados al estudiante a través de una interfaz adaptada.

En la figura 5 se muestran los elementos que representan una arquitectura simplificada de los SHAE, los principales componentes del sistema y cómo se relacionan entre sí. Se explica algunos más adelante.

Los SHAE surgen con el objetivo de mejorar el uso de los SHA tradicionales, o sea, facilitar la actividad del estudiante, al hacer ajustes ante determinadas características de este. Para el diseño de un SHAE debemos plantearnos cuatro cuestiones relativas a la adaptación:

- ¿Qué se va a adaptar?: relativo a la funcionalidad del sistema susceptible a adaptar.
- ¿A qué adaptar?: las características de a quién se ajusta el sistema.
- ¿Cómo adaptar?: qué técnicas y cuáles métodos utiliza el sistema para producir la adaptación.

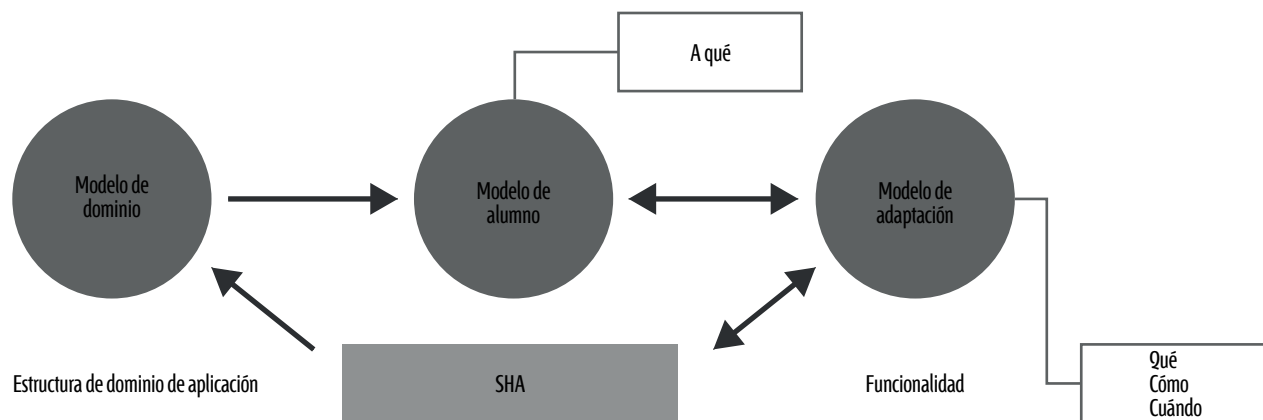


Figura 5. Representación de los elementos de un SHAE.

Fuente: Elaboración propia.

- ¿Cuándo adaptar?: en qué momento durante el funcionamiento del sistema se produce la adaptación

Como se aprecia, un SHAE presenta una arquitectura bien definida, constituida fundamentalmente por tres módulos fundamentales: modelo del dominio (MD), de adaptación o del tutor (MAT) y del alumno (MA).

En el MD aparecen almacenados la información y las herramientas que envuelven el aprendizaje. Estas son todo el material útil para el proceso de enseñanza al alumno. El módulo describe la estructura del dominio de aplicación en términos de conceptos y relaciones entre ellos.

El MA es el encargado de almacenar las diferentes características de alumnos que considera el SHAE para realizar la adaptación. Tiene una interacción directa con el MAT y el MD, concerniente a los perfiles de estudiantes, es decir, la información que contendría cada modelo del alumno y el conocimiento de los alumnos suele almacenarse en un modelo de dominio.

Es una representación almacenada y confeccionada por el sistema, que tiene el objetivo de propiciar la adaptación a cada estudiante, permitirle a este la navegación y la representación de la información que necesita. El estado actual del alumno se representa a través de sus intereses, conocimientos, metas, preferencias y experiencias previas, tanto en la materia como en el uso del sistema. Este tipo de modelo es común a la mayoría de los SHAE. Se puede mencionar como ejemplo el modelo confeccionado por G. Houben (2000) y sus colaboradores; este plantea que para cada usuario se debe mantener una estructura similar a una tabla (archivo), en la que se asocia a cada concepto del MD una lista de parejas «atributos/valor». En otro aspecto de la tabla, las preferencias, metas, experiencias y antecedentes del usuario son expresados mediante el uso de concepto.

Un caso particular del MA es el modelo de un grupo de alumnos. En estos sistemas, para llevar a cabo la adaptación se tiene en cuenta un conjunto de individuos, en lugar de un único estudiante; sin embargo, las recomendaciones realizadas por el sistema podrán ser personalizadas (a

un individuo) o colectivas (al conjunto de individuos). Esta forma de modelo puede ser representada de diversas formas. Por ejemplo, el sistema propuesto por J. Bollen (2000) reestructura su red de hipertexto mientras que está siendo navegado, para que esta converja hacia la representación de los modelos mentales que tiene el grupo de usuarios sobre el contenido del sistema. De esta forma se utiliza el conocimiento del grupo para facilitar la navegación de un individuo.

El MA es un factor común en las plataformas de educación virtual y su principal característica está dada por el modelado del estudiante. Algunos sistemas utilizan ciertas características psicológicas y pedagógicas que son capturadas por medio de formularios que se presentan al inicio de su proceso de aprendizaje; se define así un MA, el cual puede o no ser actualizado durante el proceso. Representa los conocimientos, metas, intereses, y otras características que permiten al sistema distinguir entre los diferentes alumnos, lo que garantiza la personalización de su funcionamiento.

Las características a tener en cuenta por este tipo de modelo pueden ser propias del proceso educativo, como son el nivel de comprensión de un tema, los estilos de aprendizaje, los gustos a la hora de aprender, las características psicológicas como el estado de ánimo, las metas y, por último, su entorno.

Todas estas características permiten construir un perfil para acomodar el sistema a las necesidades del estudiante. El MAT es la parte encargada de decidir qué, cuándo y cómo presentar el contenido mediante el acceso directo a la base del conocimiento. Se definen uno o varios modelos de adaptación, así como también el diseño de instrucción, el que constituye una guía y un medio para el proceso de aprendizaje e incluye actividades tales como la definición de las competencias, la instrumentación y la evaluación.

Criterios de clasificación de los SHAE atendiendo a diferentes perspectivas

Existen muchos trabajos que hacen referencia a una clasificación de los SHAE, a pesar de la relativa juventud de este campo de investigación. El diseño de todo SHA debe responder a algunas preguntas relativas a la adaptación ya mencionada: ¿qué?

¿cómo? ¿cuándo? y ¿a qué adaptar? En la tabla 1 se recogen algunos criterios utilizados que detallan las preguntas.

Tabla 1. Criterios de clasificación y preguntas de diseño.

	QUÉ	A QUÉ	CÓMO	CUÁNDO
Aplicabilidad del modelo	X			
Métodos de adaptación	X		X	
Objeto de la adaptación		X		
Tipo de prerequisites			X	
Integración de información	X			
Interacción alumno-adaptación			X	X
Creación de hiperdocumentos			X	X
Información contextual		X		

Fuente: Elaboración propia.

Se definen además las seis áreas básicas de aplicación los SHA:

- Los sistemas de información.
- Los sistemas de ayuda *on-line*.
- Los sistemas de recuperación de datos basados en hipermedia.
- Los sistemas de información institucional.
- Los sistemas para gestionar vistas personalizadas
- Los sistemas educativos.

Todos son en principio similares, pero con diferentes parámetros y criterios de adaptación. Los sistemas educativos –que son los que interesan en este estudio– tienen como objetivo general guiar al estudiante durante el proceso de aprendizaje, y adaptar los contenidos y la guía de navegación a las características y necesidades de cada usuario.

El diseño de una herramienta para el desarrollo de un SHA se aplica a un dominio concreto, aunque existen sistemas que admiten diferentes

dominios y campos de aplicación. Estos son los denominados SHA generales, que ofrecen documentos sobre temas muy diversos.

En particular, los SHAE tienen como característica fundamental que su campo de aplicación queda bien definido y especificado, por lo que la aplicabilidad del sistema se define como muy concreta, y persigue fines educativos y didácticos. Los hiperdocumentos explicarían conceptos de un dominio de información uniforme. A estos SHAE se les llama específicos.

Por ejemplo, ADAPTS es un SHAE específico que ofrece soporte técnico personalizado, ELM-ART es un curso de Lisp, y el sistema PUSH reorganiza un manual sobre métodos de desarrollo de software orientado a objeto.

Ciclo de vida de un SHAE

El secreto de la adaptabilidad en todo SHAE es el conocimiento que existe dentro de sus páginas. El SHAE explícitamente modela el conocimiento del dominio a ser representado en páginas particulares o fragmentos de páginas en forma de elementos de conocimientos o conceptos que forman el espacio de conocimiento. Además se especifican los enlaces creados entre espacio de conocimiento y el hiperespacio del material educativo.

Como resultado, el diseño de un SHAE es más complicado que el de un SH regular. El diseñador debe estructurar el hiperespacio y las páginas con el contenido del material educativo. Por otro lado, además se necesita estructurar el espacio del conocimiento con el hiperespacio del material educativo.

El ciclo de vida de un SHAE se pudiera dividir en tres etapas fundamentales:

1. Construcción del curso: el profesor construye el curso. Es el encargado de montarlo y proporciona toda la información, tanto de contenido como de estructura necesaria para el curso.
2. Ejecución del curso: mientras los alumnos ejecutan el curso, de forma transparente se recoge información de utilización que se va almacenando en el servidor.

- Mejora del curso: utiliza como entrada los datos de uso del curso por los alumnos del sistema y aplica un algoritmo de minería sobre los datos para detectar posibles problemas. Los resultados de este proceso se muestran al profesor en forma de recomendaciones, para que modifique la estructura o el contenido del curso.

Los primeros SHAE fueron relativamente pequeños, con hiperespacios que raramente excedían los 100 nodos. El centro de atención fue el desarrollo del MA y las adaptaciones tecnológicas. A medida que fueron evolucionando las adaptaciones tecnológicas de hipertexto adaptativa establecidas y evaluadas, las investigaciones en este campo intentaron construir hiperespacios más grandes.

Esta tendencia fue causada por dos factores: disponibilidad de tecnología para ser usada y creciente necesidad de la educación virtual. Como resultado, durante los últimos años el centro de atención de la investigación se ha movido a la creación de nuevas tecnologías, para el diseño de autor de SHAE (figura 6).

Conclusiones

La universidad cubana se enfrenta a nuevas exigencias, la sociedad demanda un cambio en las funciones y las tareas de los docentes. El desarrollo vertiginoso de las TIC y su uso inminente en todos los procesos de la sociedad exigen del docente su aplicación en el ámbito educacional. Estas nuevas

tendencias contribuyen al actual proceso de innovación en la educación y provocan avances significativos en la forma de comunicación, en la distribución de recursos educativos y en el desarrollo de las comunidades de aprendizaje.

Vivimos en una sociedad basada en el conocimiento. La manera de aprender y enseñar está cambiando, por eso se plantea un nuevo paradigma de la educación superior, que coloca al estudiante en el centro del proceso. Se trata esencialmente de poner en práctica nuevos métodos y estilos de trabajo, aprovechando al máximo las potencialidades de los recursos materiales tecnológicos y humanos. Para ello es necesario cambiar la forma de actuar y de pensar profesionalmente.

La educación superior cubana se ha propuesto hacer modificaciones significativas en los procesos sustantivos en la enseñanza y el aprendizaje. Esto ha favorecido el desarrollo de los procesos de virtualización en la educación superior. Comienza a emerger una comunidad de docentes que realiza sus investigaciones y dirigen sus publicaciones a los temas relacionados con la educación virtual, pero aún es insuficiente.

En la Universidad de La Habana se trabaja por incorporar cursos virtuales con la finalidad de mejorar la calidad del proceso en las modalidades de estudio a distancia y en la presencialidad, como apoyo a la docencia. Por estas razones, se ha considerado importante realizar este estudio teórico sobre estos sistemas y profundizar en los SHAE, a los efectos de difundir sus posibilidades en la enseñanza.

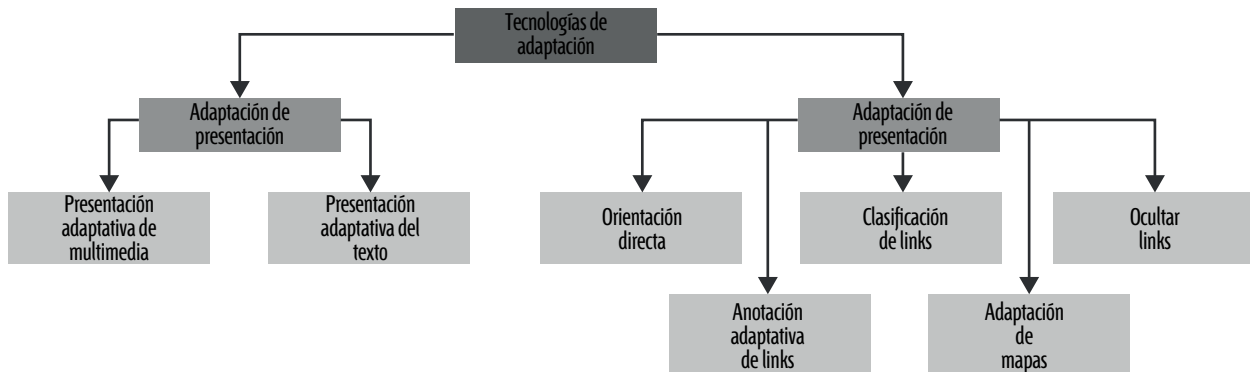


Figura 6. Tecnologías de adaptación.
Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- ALATALO T. y J.A. PERÄÄHO (2001): *Modelling method for designing adaptive hipermedia*, Technical University Eindhoven, Sonthofen, Germany.
- ALTHOFF, K.D. y W. WILKE (1997): *Potential uses of case-based reasoning in the experience-based construction of software systems*, University of Kaiserslautern, Germany.
- BAILEY, C.; S.R. EL-BELTAGY y W. HALL (2002): «Link augmentation: a context-based approach to support adaptive hipermedia» (ponencia presentada en Twelfth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Aarhus, Denmark, August 14-18, 2001), en S. Reich, M.M. Tzagarakis y P.M.E. De Bra (eds.), *Hypermedia: openness, structural awareness, and adaptivity*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2266, pp 239-251.
- BOLLEN, J. (2000): «Group user models for personalized hyperlink recommendations», en P. Brusilovsky, O. Stock y C. Strapparava (eds.), *Adaptive hipermedia and adaptive Web-based systems : international conference, AH 2000, Trento, Italy, August 28-30, 2000 : proceedings*, Springer, Berlin/ New York, pp. 38-50.
- BRAVO, J. (2010): «Propuesta de una metodología para la evaluación de cursos hipermedia adaptativos», Tesis Doctoral, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco.
- BRUSILOVSKY, P.; J. EKLUND y E. SCHWARZ (1998): «Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware», en *Computer Networks and ISDN Systems* (Proceedings of Seventh International World Wide Web Conference, 14-18 April, 1998), vol. 30, n.º 1-7, pp. 291-300.
- BRUSILOVSKY, P. (1998): «Methods and techniques of adaptive hipermedia», en P. Brusilovsky, A. Kobsa y J. Vassileva (eds.), *Adaptive hypertext and hipermedia*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 1-43.
- BRUSILOVSKY, P. y D.W. COOPER (1999): «Adaptive hipermedia for a web-based performance support system», en P. Brusilovsky y P. De Bra (eds.), *Proceedings of Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on WWW at 8th International World Wide Web Conference and 7-th International Conference on User Modeling* (Toronto and Banff, Canada, May 11 and June 23-24, 1999), *Computer Science Report*, n.º 99-07, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, pp. 41-47.
- BRUSILOVSKY, P. (2003): «Developing adaptive educational systems: from design models to authoring tools», en T. Murray, S. Blessing y S. Ainsworth (eds.), *Authoring tools for advanced technology learning environments: toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 377-409.
- CARRO R.M. et al. (2001): «Creación de cursos adaptativos en TANGOW mediante tareas, reglas y elementos multimedia», *Revista de Enseñanza y Tecnología*, septiembre-diciembre, pp. 20-28.
- _____ (2001): «Un mecanismo basado en tareas y reglas para la creación de sistemas hipermedia adaptativos: aplicación a la educación a través de Internet», Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Informática, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).
- CONKLIN, J. (1987): «Hypertext: an introduction and survey», *IEEE Computer*, septiembre, pp. 17-41.
- DELGADO, A. (1998): *Inteligencia artificial y mini robots*, Ecoe, Bogotá.
- ESPIÑOZA, F. y K. HÖÖK (1996): «A WWW interface to an adaptive hipermedia system», ponencia presentada en PAAM (Practical Applications of Agent Methodology), London, abril.
- GIL, J. (2010): «Estrategia de gestión de recursos educativos abiertos en forma de objetos de aprendizaje en la UH», Tesis Doctoral, Universidad de La Habana.
- GONZÁLEZ, H.M. (2000): *Adaptive system of virtual education*, GAIG Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- HIJIKATA, Y.; T. YOSHIDA y S. NISHIDA (2001): «Adaptive hipermedia system for supporting information providers in directing users through hyperspace», (ponencia presentada en Twelfth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Aarhus, Denmark, August 14-18, 2001), en S. Reich, M.M. Tzagarakis y P.M.E. De Bra (eds.), *Hypermedia: openness, structural awareness, and adaptivity*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2266, pp 322-326.
- HOUBEN, G. (2000): «Adaptation control in adaptive hipermedia systems», en P. Brusilovsky, O. Stock y C.

- Strapparava (eds.), *Adaptive hypermedia and adaptive Web-based systems : international conference, AH 2000, Trento, Italy, August 28-30, 2000 : proceedings*, Springer, Berlin/New York, pp. 384-398.
- IYOSHI, T. y V. KUMAR (2004): «Introduction: An invitation to open up the future of education», en *Opening up education*, The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching/The MIT Press Cambridge, Massachusetts/ London/ England, pp. 1-10.
- MEDINA-MEDINA, N. *et al.* (2004): «Taxonomía de sistemas hipermedia adaptativos», Departamento de LSI de la Universidad de Granada y Departamento de Informática de la Universidad de Jaén.
- _____ (2010): «Adaptación al usuario en sistemas hipermedia: el modelo SEM-HP E.T.S.», Ingeniería Informática, Universidad de Granada.
- NEBENDAH, D. (1998): *Sistemas expertos. Ingeniería y comunicación*, Editores Marcombo, Barcelona.
- NOT, E. y M. ZANCANARO (2000): «The macronode approach: mediating between adaptive and dynamic hypermedia», en P. Brusilovsky, O. Stock y C. Strapparava (eds.), *Adaptive hypermedia and adaptive Web-based systems : international conference, AH 2000, Trento, Italy, August 28-30, 2000 : proceedings*, Springer, Berlin/New York, pp. 148-160.
- OVALLE, C.D. *et al.* (2006): «Millenium: a learning frammwork based on intelligent model or intelligent tutoring systems and computer supported collaborative learning», pp. 35-49.
- PÉREZ, A. (2002): «Nuevas estrategias didácticas en entornos digitales para la enseñanza superior», *Didáctica y Tecnología Educativa para una Universidad en un mundo digital*, n.º 19, pp. 49-61.
- RIBEIRO, M.B. *et al.* (1988): «Um ambiente de apendizaje cooperativo para Web», en *Anais Congresso RIBIE*, Brasilia D.F., 4, pp. 67-78.
- RICH, E. y K. KNIGHT (1994): *Inteligencia artificial*, McGraw-Hill/ Interamericana de España, Madrid.
- STUART, R.N. (1996): «Inteligencia artificial: un enfoque moderno», University of California, pp. 20-26, <<http://www.amazon.co.uk/Artificial-Intelligence-Modern-Approach-Prentice/dp/0136042597>>, [5/5/2011].
- WOOLF, B. (2009): *Building intelligent interactive tutors–Student. Centered strategies for revolutionizing e-learning*, Morgan Kaufmann Publisher-Elsevier, San Francisco, EE. UU.