

# **El problema de la heterogeneidad en los Sistemas Hipermedia Adaptativos**

Ramón Fabregat

Institut d'Informàtica i Aplicacions, Universitat de Girona, 17070 Girona, España  
ramon.fabregat@udg.edu

**Abstract.** El propósito principal de esta contribución es presentar los avances que ha tenido el grupo de investigación de Comunicaciones y Sistemes Distribuïts (BCDS) de la Universitat de Girona en los procesos de mediación de procesos de formación a través del uso de tecnología. En particular, se describirán los principales proyectos en los cuales el grupo aborda procesos de modelado de usuario utilizando técnicas de aprendizaje automático, procesos de adaptación sobre plataformas de E-learning y Modelado del contexto del usuario entre otros. Para finalizar se describen las principales líneas de investigación que están siendo desarrolladas por estudiantes de doctorado en el grupo BCDS.

**Keywords:** Sistemas Hipermedia Adaptativos, Realidad aumentada, e-learning, accesibilidad.

## **1 Introducción**

A lo largo de los años la utilización cada vez más masiva de Internet ha provocado un aumento de la heterogeneidad en términos de las preferencias y las características del usuario tanto individuales como colaborativas, y de las características tecnológicas de los dispositivos de acceso y del tipo de red utilizada. Un problema con el que nos encontramos independientemente del dominio en el que trabajemos es como considerar toda esta heterogeneidad para que los sistemas se adapten de la mejor manera posible y en el caso de los entornos de aprendizaje los estudiantes consigan un mejor rendimiento académico.

Una solución planteada en muchos trabajos ha sido la adaptación. Brusilovsky en [1] ha definido los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) como: “Cualquier sistema hipertexto o hipermedia que refleja algunas características del usuario en un modelo y que aplica este modelo para adaptar varios aspectos del sistema”. La idea fundamental en los SHA es la necesidad de conocer las particularidades de quien usa el sistema y de esta manera poder ofrecerle un material acorde a sus

características en un dominio específico. Esto implica determinar qué características se tendrán en cuenta para el modelo, cómo se representarán dichas características, cómo se actualiza el modelo de usuario y qué adaptación se aplicará de acuerdo al modelo del usuario y al dominio en el que se está trabajando.

Desde mediados de los años 90 en el grupo de Investigación de “Comunicacions i Sistemes Distribuïts” (BCDS) de la Universitat de Girona (UdG) se han desarrollado diversos trabajos en el ámbito de los entornos de aprendizaje adaptativo. En este artículo se van a comentar brevemente algunos de estos trabajos. En el capítulo 2 se explicarán algunos proyectos y trabajos de investigación ya realizados. Posteriormente en el capítulo 3 se presenta el proyecto A2UNA y en el capítulo 4 diversas tesis de doctorado que se están realizando dentro del grupo de investigación. Finalmente el capítulo 5 cierra el documento con algunas conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Proyectos y trabajos previos

El proyecto **PLANG** (CICYT - TEL98-0408-C02-01) planteó como objetivo principal la obtención de un sistema integral en el que los diferentes niveles de comunicación existentes colaboraran entre ellos. Este sistema [2] y [3] incluye los aspectos de adaptatividad y adaptabilidad, presentados por Oppermann en [4], a través de un nivel de gestión de red y un nivel de aplicación. El nivel de aplicación del PLAN-G se concretó en el diseño de una plataforma educativa virtual denominada USD (Unidades de Soporte a la Docencia).

La aplicación USD fue el punto de partida de otros trabajos en el grupo BCDS en los que se consideran los aspectos del usuario relacionados con el problema de la heterogeneidad considerado desde el punto de vista más amplio posible. Posteriormente en el proyecto **MAS-PLANG** se mejoraron aspectos adaptativos de la plataforma USD relacionados con los estilos de aprendizaje [2]. Para el desarrollo de este sistema multiagente fue utilizada una arquitectura con dos niveles: los agentes de soporte que ayudan al estudiante mientras trabaja con el material didáctico de los cursos y los agentes de información que se encargan de mantener el modelo del estudiante y de evaluar las reglas pedagógicas que forman el curso.

Para solucionar el problema de la heterogeneidad comentado previamente se propuso la arquitectura **SHAAD** [5] que tiene en cuenta las características tecnológicas del dispositivo de acceso, el tipo de acceso a la Web, el estado de la red y el estado de carga del servidor. En [6] y en [7] se realizó una implementación de SHAAD basada en un sistema multiagente que fue denominada **MAS-SHAAD** que utiliza tecnologías como XML, Java, MySQL, Apache Tomcat, Jade, RDF y perfiles CC/PP (para la caracterización de los dispositivos,) sesame (repositorio rdf para el almacenamiento de perfiles cc/pp), Xindice (almacén de documentos xml), hojas de estilo XSLT y Xalan-java para su procesamiento, hojas de estilo CSS (para dar apariencia a los contenidos HTML) y Xpath (para la localización de elementos en documentos xml).

En [8] se presenta la integración que se llevó a término de MAS-SHAAD y dotLRN donde el sistema multiagente proporciona los agentes para monitorizar, evaluar e inferir el contexto de usuario mientras que desde dotLRN se adapta el entorno y los recursos de aprendizaje al contexto que le indican los agentes a través de las variables de adaptación definidas en tiempo de diseño en la unidad de aprendizaje y actualizadas en tiempo de ejecución por el sistema multiagente.

El proyecto **ADAPTAPlan** (“Adaptación basada en aprendizaje, modelado y planificación para tareas complejas orientadas al usuario” TIN2005-08945-C06-00) en el que participaron seis universidades españolas tenía dos objetivos. El primero era analizar la capacidad de resolver automáticamente tareas que conjuguen planificación, aprendizaje e interacción con diversos agentes (humanos y de software) para adaptarse, ubicua y dinámicamente, a las necesidades cambiantes del contexto. Para ello, se plantearon un conjunto de objetivos científicos relacionados con las áreas de modelado de usuario, aprendizaje automático, planificación de tareas, sistemas multiagente y computación ubicua. Por otro lado, aprovechando la experiencia de los miembros del proyecto como usuarios y desarrolladores, en un campo de aplicación (la educación de ámbito universitario) en el que se necesitan herramientas que integren los aspectos científicos señalados, se planteó el segundo objetivo que consistía en diseñar y desarrollar una arquitectura que dé servicio a alumnos y profesores en las nuevas tareas que se plantean con el Espacio Europeo de Educación Superior.

En el proyecto ADAPTAPlan, el grupo BCDS ha desarrollado un proceso de modelado de usuario [9] identificando tres tipos de características como base para las tareas de adaptación: estilos de aprendizaje de Felder, nivel de competencias y nivel de colaboración. El modelo construido constituye la ontología del proceso de aprendizaje. Los elementos mínimos del modelado del curso son: competencias, objetivos de aprendizaje (taxonomía de Bloom), cuestionarios de evaluación para cada tipo de objetivo educativo, objetos de aprendizaje y su caracterización con metadatos considerando explícitamente el tipo de estilo de aprendizaje al que está dirigido y el nivel de conocimiento asociado a este recurso, servicios usados (foros, chats, wiki, ...), actividades que no puedan faltar en la estructura del curso. Este proceso de modelado está soportado en el uso de estándares (IEEE LOM, IMS Learner Information Profile; IMS Question and Test Interoperability; IMS Reusable Definition of competency and Educational Objectives; IMS Learning Design).

El desarrollo del proceso de modelado soporta el proceso de generación de caminos adaptados de acuerdo a los niveles de competencias de los usuarios. De esta manera, se define un procedimiento de extracción automática del conocimiento [10] para la generación del problema de planificación HTN a partir de la información contenida en la definición de las competencias, en particular del IMS-RDCEO, así como de los metadatos de los objetos de aprendizaje etiquetados por el instructor. El dominio de planificación es de carácter estático y ha sido creado en particular para dirigir en el plan cada una de las características de los usuarios. Con este problema y dominio de planificación se genera un plan en PDDL haciendo uso de un planificador jerárquico JSHOP2. Después de generado el plan, éste se traduce a un IMS-LD realizando un mapeo de las acciones del plan a actividades en el diseño instruccional.

Como mecanismo de ampliación conceptual de los modelos propuestos en [11] se define un **Modelo de Usuario Integral** y se valida una instancia del mismo denominada Modelo de Estudiante Integral. La instancia es utilizada para la adaptación de contenidos y el objetivo de la misma es hacer un aporte a la construcción de entornos de aprendizaje virtual más efectivos, eficientes y acordes con los nuevos retos de la educación moderna. Además, para promover la reflexión y autonomía en el proceso de aprendizaje de cada estudiante el modelo se ha abierto siguiendo el framework SMILI presentado en

[12] y se ha validado la implementación realizada de un primer prototipo.

### **3 A2UNA**

Desde principios del 2009, conjuntamente con el grupo ADENU de la UNED, se está trabajando en el proyecto A2UNA (“Accesibilidad y Adaptación para Tod@s en la Educación Superior” - TIN2008-06862-C04-00/TSI) que tiene como principal objetivo analizar la posibilidad de desarrollar un marco genérico, basado en estándares y modelado de usuario, de soporte TIC al desarrollo de los servicios requeridos para atender las demandas de accesibilidad y adaptación requeridas en una universidad para todas y todos que aborde la atención a la diversidad de necesidades del individuo, incluyendo los condicionamientos asociados a las personas mayores y a la llamada discapacidad en el marco de una educación permanente.

Para ello, se plantean un conjunto de objetivos científicos interrelacionados en las áreas de estándares y metadatos, modelado de usuario, diseño para todos, psicopedagogía, accesibilidad de interfaces de usuario, productos de apoyo y ayudas técnicas, aprendizaje automático, sistemas multiagente y computación ubicua.

La evaluación científica de dicho marco genérico, desde el punto de vista aplicado, deberá permitir contrastar un marco de soporte a los procesos de adaptación requeridos y a la interoperabilidad ahora inexistente entre usuarios, servicios, contenidos y dispositivos, basado en estándares y considerando específicamente las condiciones de accesibilidad.

La evaluación de la operatividad del marco en la provisión de servicios ahora demandados requerirá la participación de usuarios de los principales sectores afectados: estudiantes, profesores, personal especializado en discapacidad y personal de administración y servicios.

Para garantizar la generalidad del marco y de las adaptaciones proporcionadas se contará con un número significativo de usuarios que debe cubrir la diversidad funcional existente en este ámbito: discapacidad visual, auditiva, motora y afectación ligera de funciones cognitivas propias de este nivel educativo (p.ej., dislexia y discalculia).

## **4 Tesis de doctorado en curso**

En esta sección se van a presentar brevemente algunas de las líneas de investigación que se están realizando en estos momentos en el grupo BCDS y que esperamos que den lugar cada una de ellas a una tesis doctoral.

El desarrollo de estas líneas de investigación nos ha permitido avanzar en temas de modelado de características especiales de acceso a tecnologías en la diversidad.

### **4.1 Diseño instruccional semi-automático basado en modelado dinámico del usuario y técnicas de planificación instruccional.**

A través del tiempo han sido numerosas las aportaciones realizadas en el tema de generación de cursos automáticamente, sin embargo, son pocas aquellas aproximaciones que incluyen el proceso de modelado dinámico del usuario como un elemento fundamental en el proceso de adaptación de los caminos instructionales.

En esta línea de investigación se consideran desde una visión dinámica diferentes características del estudiante y preferencias del docente que afecten los diseños de caminos de aprendizaje y también su ejecución [9], [10]. Se definen procesos específicos para actualizar cada una de las variables de los modelos y se establecen mecanismos matemáticos para conciliar variables de adaptación cuyos intereses puedan entrar en conflicto [13].

El mantenimiento del modelo de usuario está unido estrechamente con los mecanismos de adaptación que se alimentan de las actualizaciones de los modelos. Tanto el modelo de adaptación como el modelo de usuario se soportan en el uso de estándares tecnológicos, lo que facilita el intercambio e interoperabilidad de productos y procesos de la investigación a través de diferentes sistemas de gestión de aprendizaje que son los escenarios de prueba de nuestros procesos de investigación.

## **4.2 Modelado de estrategias lúdicas adaptativas para soportar los procesos de formación virtual de personas adultas con trastorno por déficit de atención e hiperactividad**

El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos neurobiológicos y neuropsicológicos más común en la infancia que a menudo persiste hasta la edad adulta. Es un trastorno caracterizado por síntomas de inatención, hiperactividad e impulsividad pero que, como han declarado recientes investigaciones, en las personas adultas permanecen presentes e inclusive en mayor escala los síntomas de inatención. Los adultos con problemas de atención, particularmente adultos que padecen el TDAH, tienen serias complicaciones en la vida, entre las que se incluyen deficientes resultados académicos e insatisfactorio desempeño laboral.

El número de estudiantes en ambientes virtuales con problemas como los que presentan las personas adultas con TDAH (Déficits cognitivos, Déficits emocionales y Déficits de la conducta) ha crecido considerablemente durante los últimos años. Pero son muy pocos los que pueden finalizar con éxito el proceso de formación al que se inscribieron porque encuentran muy difícil seguir las obligaciones requeridas.

En este contexto, este proyecto de investigación tiene como objetivo ayudar a las personas con problemas de atención, especialmente adultos con el TDAH que están incluidos en procesos largos de formación virtual, integrando espacios lúdicos personalizados que les permitan cambiar del ambiente a menudo angustioso que puede representar para ellos el proceso de formación.

Se propone un enfoque que comienza con un proceso de modelado del usuario con el que se recoge información de las características y necesidades particulares de cada estudiante para definir perfiles únicos. Seguidamente, se modelan diferentes escenarios de las estrategias lúdicas considerando las necesidades que demanda el TDAH y los posibles perfiles de los estudiantes. Y finalmente, teniendo en cuenta el perfil del estudiante, se crea un proceso de adaptación que decide qué escenario de la estrategia lúdica es el más adecuado para serle entregado al estudiante.

En [14] y [15] se presenta con mas detalle esta propuesta y los avances que se han realizado relacionados con la misma.

#### **4.3 Procesos de Adaptación para Estudiantes con Dificultades de Aprendizaje en Lectura y Escritura en un Sistema de Gestión de Aprendizaje**

El objetivo general de esta línea de investigación es incluir las características de los estudiantes con Dificultades de Aprendizaje (DA) en el contexto de un Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS) con el fin de generar procesos de adaptación que faciliten el aprendizaje de estudiantes universitarios con DA en lectura y escritura. Para identificar estas características se diseña y construye un instrumento de detección automática en el LMS que permite conocer si el estudiante presenta ó no una DA, el tipo de DA que presenta y los procesos cognitivos que están fallando. Para almacenar esta información de los estudiantes se ha definido un modelo de usuario formado por cuatro submodelos: el perfil del estudiante, las preferencias de aprendizaje, la interacción en el LMS y el contexto de trabajo. Con esta información almacenada se construyen procesos de adaptación tanto a nivel de contenidos, evaluación y flujo de aprendizaje en el LMS que logran la personalización del aprendizaje para estos estudiantes.

En esta tesis también se analiza como el perfil del usuario es usado para incluir las variables que soportan el aprendizaje de los estudiantes con dificultades. Se están considerado cuatro fases en el diseño del modelo del usuario: tomar un modelo de usuario existente como punto de partida, analizar e identificar diferentes tipos de DA, incluir variables relacionadas con las DA y crear mecanismos para detectar estas dificultades usando un LMS. Diversos procesos de adaptación en el LMS se han propuesto para personalizar el aprendizaje de estos estudiantes.

Algunas de las líneas de investigación que se cubren son: 1) Estilos de aprendizaje, como primer alcance para soportar preferencias de estudiantes con DA, 2) Estándares de e-learning, especialmente los relacionados con la definición de necesidades del estudiante (IMS-LIP / ISO-PNP), 3) Modelado del estudiante y modelado de las dificultades de aprendizaje dentro del perfil del estudiante, 4) Accesibilidad y adaptación de contenidos (W3C WAI / IEEE LOM), 5) Interfaces adaptativas y tecnologías asistivas, 6) Flujos de aprendizaje adaptativo y soporte psicopedagógico, 7) Instrumentos para la detección de DA mediado por computador, 8) Arquitecturas orientadas a servicios y soporte de técnicas de inteligencia artificial.

En [16] y [17] se presenta con mas detalle esta propuesta y los avances que se han realizado relacionados con la misma.

#### **4.4 Learning design implementation in context-aware adaptive mobile learning**

El aprendizaje móvil se está convirtiendo en una tendencia aplicada por docentes y estudiantes en los métodos de aprendizaje mixto (presencial y mediado por computador). Por medio del aprendizaje móvil, docentes y estudiantes pueden realizar diferentes actividades pedagógicas utilizando sus dispositivos móviles tanto en centros académicos como fuera de ellos.

En entornos de aprendizaje virtuales los estudiantes realizan actividades que han sido definidas por un profesor o un pedagogo con el fin de lograr los objetivos de aprendizaje relacionados a una asignatura en particular. La definición de estos objetivos y actividades se puede realizar mediante la estructura de un diseño instruccional utilizando por ejemplo la especificación IMS-LD o la de SCORM.

El objetivo principal de esta tesis es implementar la estructura de un estándar LD que se pueda ejecutar sobre dispositivos móviles mediante la extensión del estándar actual o adaptando externamente la capa a través de la cual se ejecuta este estándar. Para la implementación se considera el contexto en entornos móviles y el desarrollo de procesos de adaptación que permitan entregar los contenidos y las herramientas de aprendizaje más apropiadas o que mejor se adecuen para la realización de las actividades y el logro de los objetivos definidos en la estructura del estándar LD del curso que se está estudiando.

En [18], [19] y [20] se presenta con mas detalle esta propuesta y los avances que se han realizado relacionados con la misma.

### **5. Líneas de investigación de interés del Grupo BCDS**

Fruto del desarrollo y avance en cada una de las líneas de investigación antes mencionadas, el grupo de investigación BCDS tiene intereses en avanzar en los siguientes ámbitos de investigación:

- El análisis de la efectividad de los procesos de formación mediados por tecnologías de la información en poblaciones con necesidades especiales.
- La atención de problemas de aprendizaje en poblaciones especiales como son los niños y niñas con el uso de tecnología asistiva especializada.
- La incursión en temas de realidad aumentada para incluirla en los procesos de aprendizaje y para soportar la atención a los adultos mayores en sus ambientes cotidianos.

**Agradecimientos.** El autor de este artículo agradece a Silvia Baldiris, Beatriz Florian, Sergio Gomez, David Huerva, Laura Mancera, Germán Moreno, Carolina Mejía, David Mérida y Jeimy Velez el compromiso y apoyo para sacar adelante las propuestas presentadas en este documento. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto A2UNA (TIN2008-06862-C04-02/TSI).

## Referencias

1. Brusilovsky, P.: "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia: User Modeling and User-Adapted Interaction". Kluwer academic publishers Vol. 6, pp. 87–129. (1996).
2. Peña, C.I. Marzo, J.L. de la Rosa, P.L. Fabregat, R.: "Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje." IE2002. Vigo España. (2002).
3. Peña, C.I. Fabregat, R. Urra, A. Vallès, M. and Marzo, J.L.: "Shared Whiteboard Manager and Student Notebook for the PLAN-G Telematic Platform". Proceedings of Kluwer Academic Publishers 2001: Computers and Education, Towards an Interconnected Society, ISBN 0-7923-7188-7. (2001).
4. Oppermann, R. Rashev, R. and Kinshuk: "Adaptability and Adaptativity in Learning Systems". Knowledge Transfer (Volume II) (Ed. A. Behrooz) pAce London UK pp173-179, (1997).
5. Mérida, D. Fabregat. R. Marzo, J.L.: "SHAAD: Adaptable, Adaptive and Dynamic Hypermedia System for content delivery". Workshop on Adaptive Systems for Web Based Education. WASWE2002. Málaga España (2002).
6. Mérida, D. Huerva, D. Fabregat, R. Vélez, J. and Jové, T.: "Adaptación de contenidos web considerando las características de los dispositivos de acceso". Quinta Edición Revista Enlace Informático - Universidad del Cauca. Diciembre (2006).
7. Huerva, D.; Merida, D.: "Diseño e Implementación de un Sistema Multi-Agente para la Adaptación y Presentación de Contenido Web". Proyecto Final de Carrera. Universidad de Girona. (2006)
8. Hueva, D. y Fabregat R.: "Integración del Sistema MAS-SHAAD con la Plataforma dotLRN". Tesis de Fin de Master. Master en Automática y . Universidad de Girona. (2008)
9. Baldiris, S., Santos, O., Barrera, C., Gonzalez, J., Velez, J., and Fabregat, R.: "Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive Learning Scenarios in ADAPTAPlan". Special Issue on New Trends on AI techniques for Educational

- Technologies. International Journal of Computer Science and Applications - IJCSA. Vol. 5, No. 1, pp. 88-107. (2008).
10. Hernández, J., Baldiris, S., Santos, O., Huerva, D., Fabregat R., Boticario J.G.: "Conditional IMS LD Generation using user modeling and planning techniques". Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.Riga. 14-18. July 2009.
  11. Velez, J.: "Entorno de aprendizaje virtual adaptativo soportado por un Modelo de Usuario Integral". Phd Thesis. Universitat de Girona (2009)
  12. Bull, S. and Kay, J.: "Student Models that Invite the Learner in the SMILIJ Open Learner Modelling Framework", International Journal of Artificial Intelligence in Education 17(2), 89-120. (2007).
  13. Baldiris, S., Santos, O., Huerva, D., Fabregat, R., Boticario, J.G.: "Multidimensional Adaptations for Open Learning Management Systems". Proceedings of the TUMAS-A 2008 workshop held in conjunciton with the WI/AIT 2008 Conference.2008.
  14. Mancera, L., Ramirez, D., Segura, N., Guevara, J.C., Baldiris, S., and Fabregat, R.: "Cognitive Performance Model in Virtual Learning Environments." II Congreso Internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles (CAVA 2010). Cartagena de Indias (Colombia), 2010.
  15. Mancera, L., Muñoz, C., Galvis, L., Guevara, J.C., Baldiris, S., and Fabregat, R.: "Modeling emotions in Virtual Learning Environments". II congreso Internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles (CAVA 2010). Cartagena de Indias (Colombia), 2010.
  16. Mejía, C., Fabregat, R., Marzo, J.L., "Including Student's Learning Difficulties in the User Model of a Learning Management System", XXXVI Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2010), Asunción (Paraguay), 2010.
  17. Mejía, C., Fabregat, R., "Towards a Learning Management System that Supports Learning Difficulties of the Students," XI Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (CEDI2010), Valencia (Spain), 2010.
  18. Gómez, S., Fabregat, R.: "Context-Aware Content Adaptation in mLearning", 9th World Conference on Mobile and Contextual Learning MLEARN2010, Valletta, Malta. October 2010.
  19. Gómez, S., Mejía, C., Huerva, D., Fabregat, R.: "Context-Aware Adaptation Process to Build Units of Learning Based on IMS-LD Standard", International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2009) Conference. Barcelona, España. 6 - 8. July 2009.
  20. Gómez, S., Huerva, D., Mejía, C., Baldiris, S., Fabregat, R.: "Designing Context-Aware Adaptive Units of Learning Based on IMS-LD Standard". EAEEIE 2009 Conference. Valencia, España. 22 - 24. June 2009.