

Aplicabilidad de los Estándares de E-learning en los Sistemas de Aprendizaje Adaptativos

Juan M. Santos

Dept. Enxeñería Telemática
Universidade de Vigo
Vigo, Pontevedra, España
Juan.Santos@det.uvigo.es

Luis Anido

Dept. Enxeñería Telemática
Universidade de Vigo
Vigo, Pontevedra, España
Luis.Anido@det.uvigo.es

Martín Llamas

Dept. Enxeñería Telemática
Universidade de Vigo
Vigo, Pontevedra, España
Martin.Llamas@det.uvigo.es

Abstract

Currently, many institutions take advantage of advances in Information and Communication Technologies to offer training products and services at all levels. However, in spite of the progressive evolution of the Web-based e-learning systems during the last decade, current commercial platforms do not completely make use of all the potential that can be provided by new technologies. Just a few experimental platforms, called Adaptive Learning Systems, deal with personalization and adaptation techniques in order to maximize the effectiveness of learning. A critical factor that will determine the popularization of this kind of e-learning systems is the possibility of using standardized data model for exchanging and reusing learning resources among heterogeneous systems. This paper analyses that possibility, identifying some existent problems, and discusses on the use of the upcoming Semantic Web techniques in order to solve these problems.

Palabras clave

E-learning, Sistemas Adaptativos, Estandarización, Web Semántica

INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de experiencias de aprendizaje electrónico llevadas a cabo durante los últimos años por multitud de instituciones, tanto de carácter público como privado, en sus departamentos educativos, ha puesto de manifiesto y demostrado la “ideoneidad” del aprendizaje soportado, bien completamente o parcialmente, por las tecnologías Web. Hoy en día prácticamente nadie pone en duda la conveniencia de la utilización de sistemas de teleenseñanza en muchos (aunque no todos) contextos educativos. Esto es cierto aún a pesar del hecho de que los actuales sistemas de teleenseñanza no explotan todo el potencial que pueden ofrecer las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC).

Durante los últimos años, los sistemas de teleenseñanza comerciales han evolucionado progresivamente desde los primitivos almacenes de documentos HTML educativos accesibles vía HTTP hasta los modernos y sofisticados entornos Web de aprendizaje que pueden incluir complejos simuladores pedagógicos, herramientas de comunicación avanzadas o complejas facilidades de monitorización de alumnos. Sin embargo, ninguno de estos sistemas comerciales incluye, de forma satisfactoria, capacidades de adaptación dinámica (o

meramente las ofrecen de un modo muy limitado). Únicamente algunas plataformas experimentales, que todavía no han alcanzado el “mundo real”, incorporan técnicas de personalización y adaptación de forma adecuada. Estas plataformas (de las que ELM-ART [23] o REDEEM [13] son buenos ejemplos), denominadas Sistemas de Tutorización Inteligentes (*Intelligent Tutor Systems*) o, en un sentido más amplio, Sistemas de Aprendizaje Adaptativos (*Adaptive Learning Systems*), ofrecen a los estudiantes experiencias educativas que son únicas y hechas a medida de sus necesidades, intereses, preferencias, estilos de aprendizaje y entornos de trabajo utilizados con el fin de maximizar la eficiencia del aprendizaje.

Muchas han sido las ventajas señaladas por la comunidad investigadora que, combinando técnicas propias de la Ciencia Computacional y la Ciencia Pedagógica, desarrolla estos sistemas adaptativos. A pesar de esto, en el presente, los Sistemas de Aprendizaje Adaptativo no han obtenido una amplia aceptación más allá de los laboratorios. Entre las varias razones aducidas por los científicos, una es ampliamente citada y reconocida: los cursos para este tipo de sistemas son muy difíciles de desarrollar.

Ciertamente esta es una poderosa razón que dificulta la proliferación de este tipo de sistemas. Así, la obtención de herramientas de autor más fáciles de utilizar y que alivien esta dificultad será un enorme adelanto en el campo del Aprendizaje Adaptativo. Sin embargo, queremos destacar otro factor crítico que determinará la aceptación final de estos sistemas. Recientemente, varias organizaciones e instituciones han trabajado intensamente para la consecución de estándares y recomendaciones destinadas a resolver los problemas de interoperabilidad que actualmente podemos encontrar en el campo del e-learning. Es predecible que las plataformas de e-learning del futuro próximo sean desarrolladas teniendo en cuenta los resultados de este proceso de estandarización (de hecho ya está ocurriendo). Así, es fundamental, por un lado, que los investigadores y desarrolladores de los sistemas adaptativos tengan en cuenta los resultados de este proceso y, por otro, que los organismos de estandarización consideren las particularidades y funcionalidades involucradas en los sistemas adaptativos con el fin de garantizar la utilización de técnicas adaptativas en las plataformas comerciales de e-learning del futuro.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es contribuir a la simbiosis entre los modelos de datos propietarios, desarrollados “ad hoc” en los diferentes Sistemas de Aprendizaje Adaptativos, y los estándares propuestos por instituciones como el consorcio IMS o la iniciativa ADL del Departamento de Defensa Norteamericano.

En la sección 2 del presente artículo se describen varias de las técnicas comúnmente disponibles en los Sistemas de Aprendizaje Adaptativos y en la sección 3 se tratan los modelos de datos propietarios que permiten la implementación de tales técnicas. La sección 4 describe brevemente el proceso de estandarización actualmente en curso y se incluyen algunos de los resultados más relevantes obtenidos. La sección 5 identifica varios de los problemas que impiden la correcta utilización de los estándares de e-learning en los sistemas adaptativos. En la sección 6 se discute la utilización de técnicas semánticas para solventar estos problemas. Finalmente, en la sección 7 se presentan algunas conclusiones.

TÉCNICAS ADAPTATIVAS EN LOS SISTEMAS DE APRENDIZAJE

Según varios autores, tales como Weber [22], una de las principales razones para proporcionar adaptación en los sistemas de teleenseñanza basados en Web es la potencial gran heterogeneidad entre los estudiantes involucrados en un curso on-line. Este hecho condujo a los investigadores, ya desde los años 60, a aplicar mecanismos propios del campo de la Inteligencia Artificial con el fin de desarrollar herramientas que “inteligentemente” reproducen comportamientos pedagógicos humanos utilizando representaciones computacionales de técnicas educativas.

Actualmente varias otras razones motivan la utilización de técnicas adaptativas (tales como los mecanismos del Hipermedia Adaptativo [3]). Facilidad de uso de las herramientas de aprendizaje, requisitos especiales para personas discapacitadas o el acceso ubicuo al entorno de aprendizaje son algunos de estos factores motivadores.

Así, muchas y diferentes técnicas adaptativas pueden identificarse en los distintos Sistemas de Aprendizaje Adaptativos existentes. A continuación se describen brevemente algunas de estas técnicas, las más comunes y relevantes [16]:

- *Secuenciado de Actividades en un Curso.* El objetivo de esta técnica es encontrar una ruta óptima, para cada estudiante, a través de la agregación de contenidos educativos que constituyen un curso completo, con el fin de que el alumno aprenda lo más rápido y de la forma más completa posible. Para satisfacer esta meta, el sistema debe “calcular”, de forma dinámica, la secuencia de entrega de unidades didácticas más apropiada para cada alumno según su estado de conocimiento actual y sus características personales.

- *Guiado en la Navegación.* Esta puede ser considerada una extensión de la técnica anterior. En este caso, el sistema no decide la “siguiente” unidad de aprendizaje que debe ser presentada al alumno, sino que anota convenientemente (normalmente de forma visual) el índice del curso con el fin de guiar al estudiante en su navegación a través de los contenidos del curso. Habitualmente se utilizan, para realizar estas anotaciones, extensiones y variaciones del modelo de los semáforos de tráfico. Por ejemplo, uno de los Sistemas de Aprendizaje Adaptativo más conocidos, ELM-ART, utiliza bolas verdes, rojas, blancas y naranjas para anotar visualmente los enlaces en el índice de un curso de acuerdo al estado de aprendizaje que el alumno ha alcanzado en cada una de las unidades didácticas. Una bola verde se entiende como que el sistema recomienda el acceso a la unidad correspondiente a ese enlace, las bolas rojas marcan unidades que no están preparadas para ser visitadas, una bola blanca indica que esa unidad ha sido ya realizada satisfactoriamente por el alumno y una bola naranja indica que el sistema “considera”, por la realización de otras actividades, que los contenidos incluidos en esa unidad son ya conocidos por el alumno, pero no tiene suficiente evidencia como para “asegararlo”.

- *Generación Inteligente de Problemas.* Esta funcionalidad atañe a la generación automática de materiales de evaluación (cuestionarios o cualquier otro tipo de problemas de trabajo más complejos) según las particularidades del estudiante. La obtención de una información correcta sobre el grado de conocimientos adquiridos por el alumno es una de las tareas más importantes de cualquier sistema de aprendizaje, pero es de especial importancia en los sistemas adaptativos. Esto se debe a que basan fuertemente su funcionamiento en esta información. Por esta razón, los Sistemas de Aprendizaje Adaptativos suelen utilizar complejos y sofisticados algoritmos para generar dinámicamente cuestionarios (u otro tipo de material de evaluación) con el fin de adquirir, del modo más preciso posible, esa información.

- *Análisis de las Soluciones de los Estudiantes.* Esta técnica consiste en la inspección inteligente de las respuestas de los alumnos a los problemas propuestos con el fin de detectar posibles errores de concepto. Habitualmente este análisis está acompañado con la provisión de útiles mensajes a los alumnos, tratando de explicar las razones que han causado la aparición de fallos en sus respuestas.

- *Interfaces Adaptables según Preferencias Personales.* Los estudiantes pueden configurar la apariencia de la interfaz del sistema según sus gustos. Estas técnicas son de gran utilidad para aumentar la confortabilidad en la

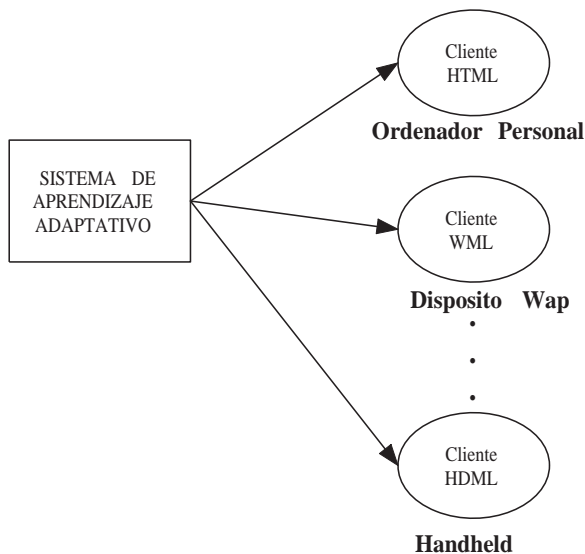


Figura 1. Acceso Ubicuo al Sistema

utilización del sistema. Debido a la relativa facilidad de implementación de estas funcionalidades, muchas plataformas de e-learning las incluyen, incluso aquellas que no suelen englobarse dentro de las adaptativas (puesto que suelen ser configuradas expresamente por el usuario, no autónomamente por parte del sistema, aunque esto puede considerarse un caso particular de adaptación).

- *Acceso Independiente del Dispositivo.* Por mediación de esta técnica, el sistema ofrece una interfaz de usuario diferente dependiendo de las características y prestaciones particulares del dispositivo con el que se accede al sistema, el software concreto utilizado e incluso a las propiedades y estado del canal de comunicación empleado (cf. Figura 1). Se puede hacer adaptación tanto de la propia interfaz del sistema de aprendizaje como de los formatos de los contenidos educativos presentados al alumno. Estas técnicas están siendo estudiadas con especial profusión últimamente debido al auge experimentado por los dispositivos móviles, tales como ordenares de mano, agendas electrónicas avanzadas, móviles de tercera generación, tablet PCs, etc.

MODELOS DE DATOS INVOLUCRADOS

Todos los Sistemas de Aprendizaje Adaptativo de los que tenemos constancia utilizan modelos de datos propietarios para su funcionamiento, siendo muy difícil (o incluso imposible) la reutilización de los recursos educativos desarrollados para un sistema específico en otro diferente. Sin embargo, desde un punto de vista conceptual, todos estos sistemas se componen de los mismos elementos (cf. Figura 2):

- *Modelo del Estudiante.* El Modelo del Estudiante almacena información relevante sobre un alumno determinado. Puede incluir (dependiendo del sistema específico) sus datos personales, preferencias individuales, estilo de aprendizaje, aspectos socio-culturales, posibles discapacidades, conocimientos previos en un determinado dominio y, principalmente, el estado del alumno en los cursos en los que participa. Este modelo es actualizado dinámicamente por el sistema de aprendizaje (conceptualmente por el *Motor de Adaptación* tal como aparece en la Figura 2) a partir de información observable que se produce en la interacción del estudiante con el sistema. Para llevar a cabo esta actualización, el sistema debe tratar con la incertidumbre que conlleva la realización cálculos inferenciales. Por esta razón, los modelos estadísticos como las Redes Neuronales, las Redes Bayesianas o los Modelos de Lógica Difusa son, con mucha frecuencia, parte intrínseca de los Modelos de Estudiante.
- *Modelo del Dominio.* Este consiste en la representación del conocimiento sobre un determinado dominio (en este caso la temática de un curso concreto). Es el almacén donde se guardan y estructuran los contenidos educativos y el conocimiento semántico del dominio: descripciones de los conceptos involucrados, propiedades relevantes desde un punto de vista pedagógico, descripción de los prerrequisitos de cada unidad de aprendizaje, etc.
- *Modelo del Entorno.* El Modelo del Entorno incluye una descripción de las capacidades de los dispositivos (hardware) y aplicaciones (software) empleados por el estudiante en una sesión de aprendizaje concreta. Se utiliza para determinar el formato más apropiado de un recurso en el momento de su entrega al equipo del alumno. Únicamente algunos sistemas de aprendizaje modernos incluyen este tipo de modelos con el fin de proporcionar acceso ubicuo. En estos casos sí suelen utilizarse modelos de datos estandarizados como el CC/PP (*Composite Capability Preferences Profile*) [8], desarrollado por el W3C para la negociación de contenidos.
- *Modelo de Adaptación.* El Modelo de Adaptación contiene las reglas de inferencia específicas que definen cómo la información del Modelo de Estudiante, Modelo de Dominio y Modelo de Entorno debe ser combinada para proporcionar adaptación. En algunas ocasiones, este modelo no está explícitamente definido, sino que forma parte del código que implementa el *Motor de Adaptación* (cf. Figura 2). Sin embargo, sistemas más versátiles, como los que se basan en el modelo AHAM (*Adaptive Hypermedia Application Model*) [4], los mantienen separados del mecanismo de control

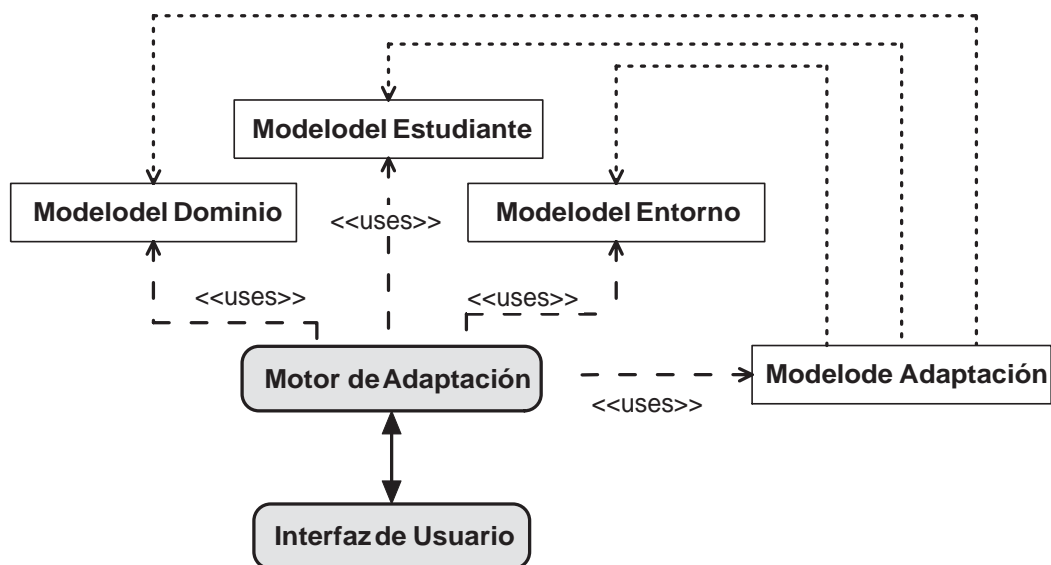


Figura 2. Modelo Conceptual de un Sistema de Aprendizaje Adaptativo

con el fin de aumentar la flexibilidad y facilitar su manipulación.

Estos cuatro modelos son utilizados por un *Motor de Adaptación* con el fin de personalizar el proceso de aprendizaje. En esencia se trata de un mecanismo de control inferencial que aplica el conocimiento axiomático presente en la base de conocimiento para producir comportamientos “inteligentes”.

ESTÁNDARES DE E-LEARNING

El proceso de estandarización de las tecnologías aplicadas al aprendizaje es, en la actualidad, una actividad dinámica y en continua evolución llevada a cabo por organizaciones como el *IEEE Learning Technology Standardization Committee* (LTSC), el *IMS Global Learning Consortium*, el *Aviation Industry CBT Committee* (AICC), o la iniciativa *Advanced Distributed Learning* (ADL) del Departamento de Defensa Norteamericano, entre muchos otros (en la Tabla 11 se muestran los URLs de algunas de las instituciones involucradas). El objetivo de este proceso es la definición de especificaciones y recomendaciones que posibiliten el intercambio de recursos educativos (incluyendo contenidos pedagógicos, agregaciones de ellos, información sobre estudiantes, etc.) entre sistemas de aprendizaje heterogéneos.

Los resultados de este proceso son modelos de datos ¹ comúnmente aceptados que facilitan el diseño y desarrollo de facilidades de importación/exportación, en los actuales y los futuros sistemas de e-learning, que transformen automáticamente recursos “independientes del sistema” en los posiblemente más eficientes formatos propietarios existentes en

¹También forma parte de este proceso de estandarización la definición de protocolos, interfaces de programación, arquitecturas, etc.

cada sistema particular (cf. Figura 3).

La amplia adopción de estas propuestas por parte de los desarrolladores de plataformas de e-learning asegurará, en un futuro próximo, el desarrollo de recursos educativos que podrán ser explotados por una extensa variedad de plataformas compatibles. Este hecho reducirá significativamente el tiempo y coste de desarrollo de cursos on-line.

Varios son los campos cubiertos por este esfuerzo de estandarización. En las siguientes subsecciones se describen brevemente algunos de ellos (en [17] puede consultar una lista más amplia).

Metadatos para Recursos Educativos

Este es uno de los campos más prolíficos en el proceso de estandarización del e-learning. Básicamente, los metadatos son “datos sobre datos”. Los metadatos educativos proporcionan descripciones, propiedades y otra información relevante sobre recursos educativos con el fin de caracterizarlos y simplificar su uso y gestión. Todas las organizaciones mencionadas anteriormente han hecho propuestas en esta área y un consenso preliminar ha sido ya alcanzado. La especificación *Learning Object Metadata* (LOM) [9] del IEEE’s LTSC es el primer estándar oficial de e-learning. LOM está orientado hacia el mínimo conjunto de atributos necesarios para la gestión, localización y evaluación de recursos educativos. Incluye atributos como: tipo de recurso, autor, propietario, términos de distribución, formato, etc. En los casos donde sea aplicable, también se incluyen atributos de carácter pedagógico tales como: nivel de dificultad, estilo de interacción, prerrequisitos, etc.

Table 1. Principales Instituciones Involucradas en el Proceso de Estandarización

INSTITUCIÓN	PÁGINA WEB
IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC)	http://ltsc.ieee.org
IMS Global Learning Consortium	http://www.imsproject.org
Aviation Industry CBT Committee (AICC)	http://www.aicc.org
Advanced Distributed Learning (ADL)	http://www.adlnet.org
Comité Européen de Normalisation / Information Society Standardization System / Workshop for Learning Technologies (CEN/ISSS/LT)	http://www.cenorm.be/iss/Workshop/Lt
International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. Joint Technical Committee 1. Subcommittee 36 (ISO/IEC JTC1 SC36)	http://www.jtc1sc36.org



Figura 3. Conversión de Formatos

Organización y Empaquetado de Recursos Educativos

Un factor clave a la hora de trasladar agregaciones de contenidos pedagógicos entre diferentes sistemas es la preservación de las relaciones existentes entre las diferentes unidades que componen la agregación. Así, es indispensable la definición de modelos de datos que permitan el almacenamiento de la estructura de las agregaciones de recursos con el fin de facilitar el intercambio de cursos completos o partes de los mismos.

La especificación más relevante en este campo es la propuesta por la iniciativa ADL, el *SCORM Content Aggregation Model (CAM)* [6]. CAM es una extensión de la especificación *Content Packaging (IMS-CP)* [1] desarrollada por el consorcio IMS, que incluye algunos resultados previos obtenidos por el comité de la industria de la aviación (*AICC CMI Guidelines for Interoperability* [10]). Un Paquete CAM se compone de dos elementos: el Manifiesto, un fichero XML que describe los recursos agregados y su estructura, y la Colección de Recursos, es decir, los ficheros físicos que almacenan los recursos.

Debido a la falta de versatilidad en la descripción de la estructura y secuenciado de los recursos agregados, actualmente se están desarrollando modelos de datos más flexibles, como la especificación *Learning Design (IMS-LD)* [11] o la especificación *Simple Sequencing (IMS-SS)* [12], propuestos por el consorcio IMS.

Material de Evaluación

Las propuestas en este campo tratan la definición de formatos que permitan el intercambio tanto de material de evaluación (tests y cuestionarios) como informes de los resultados asociados. La propuesta más relevante es la especificación *Question & Test Interoperability (IMS-QTI)* [18], del consorcio IMS. Esta especificación facilita el intercambio de material de evaluación como cuestiones individuales o agrupaciones de ellas en forma de cuestionarios. Incluye también el formato de un conjunto de estructuras para describir el material de evaluación, detalles sobre qué cuestiones y en que orden deberían ser presentadas al alumno, y toda la información necesaria para procesar los resultados de los alumnos. Por último incluye estructuras para el intercambio de los correspondientes informes de resultados.

La especificación IMS-QTI es muy versátil e incluye un extenso conjunto de estructuras que soportan la representación de material de evaluación complejo. Además, la posibilidad de incorporar extensiones propietarias sin comprometer la integridad de la especificación también ha sido considerada. Esto facilitará la adopción de IMS-QTI en las herramientas ya existentes. Debido a su complejidad, una versión más simple, IMS-QTILite, ha sido también publicada. Esta última versión soporta únicamente un subconjunto de las estructuras definidas en la versión completa.

Perfiles de Estudiantes

Como sucede en los entornos convencionales, los sistemas de e-learning deben tratar con información sobre estudiantes.

Habitualmente esta información viene de tres fuentes diferentes: información personal (e.g. nombre, número de teléfono, dirección postal, etc.), información de preferencias (e.g. sistema operativo utilizado, tipos de letra preferidos, etc.) e información académica (e.g. calificaciones, cursos realizados, etc.).

Una de las primeras propuestas en este campo es la desarrollada por el IEEE's LTSC, la *Public and Private Information for Learners* (PAPI) [7]. Esta propuesta incluye un conjunto de elementos o atributos organizados en cinco categorías: *Personal, Preference, Performance, Portfolio, Relations y Security*. El consorcio IMS ha hecho su propia propuesta partiendo del trabajo del LTSC. La recomendación *Learner Information Package* (IMS-LIP) [19], identifica once categorías para describir la información pertinente de un alumno: *Identification, Security, Transcript, Goal, Qcl, Activity, Interest, Competency, Relationship, Affiliation y Accesibility*.

NOTAS SOBRE EL EMPLEO DE LOS ESTÁNDARES EN EL APRENDIZAJE ADAPTATIVO

Como se puede deducir de las secciones anteriores, el proceso de estandarización ha desarrollado modelos de datos que "a priori" pueden ser automáticamente transformados, mediante un mecanismo de importación/exportación, en los modelos de datos propietarios utilizados por los *Motores de Adaptación* (descritos en la sección 3) con el fin de obtener comportamientos adaptativos como los presentados en la sección 2. Así, existen propuestas estandarizadas para la representación de *Modelos de Estudiantes* (tales como PAPI o IMS-LIP) y útiles modelos estandarizados (como LOM, IMS-CP, IMS-QTI) que, en conjunción, pueden interpretarse como un *Modelo de Dominio*. Incluso existen modelos (IMS-LD y IMS-SS) que podrían encajar como *Modelos de Adaptación*². Debe destacarse aquí (aunque ya ha sido mencionado anteriormente) que la utilización de formatos estandarizados es ya habitual para los Modelos de Entorno en los Sistemas Adaptativos, aunque estos formatos no son específicos del campo del e-learning.

De este modo, parece factible el desarrollo de Sistemas de Aprendizaje Adaptativos compatibles con los estándares existentes. Sin embargo, un estudio más exhaustivo pone en evidencia algunos de los problemas que surgen al intentar utilizar los formatos estandarizados para implementar muchas de las técnicas adaptativas. Los principales problemas encontrados son los siguientes [15]:

1. La poca versatilidad en la definición del comportamiento dinámico de los cursos. Los modelos relacionados con la estructuración y organización de recursos educativos (o de actividades educativas) solamente tienen

²Mediante los modelos IMS-SS (*Simple Sequencing*) e IMS-LD (*Learning Design*) se establece cómo debe secuenciarse una agregación de actividades pedagógicas en función del estado del alumno en el curso.

en cuenta, para decidir cual es la siguiente unidad pedagógica a entregar al alumno, el grado de conocimiento que ha alcanzado el alumno en las otras unidades que conforman el curso (este grado de conocimiento se infiere a partir de las calificaciones que obtiene el alumno en los "exámenes" asociados a las unidades). Sin embargo no se tienen en cuenta otros factores tales como el estilo de aprendizaje de cada alumno o los conocimientos que ya posee sobre la temática del curso y que han podido ser adquiridos durante su etapa de formación previa (mediante cualquier tipo de modalidad educativa, no necesariamente on-line, ni en la misma institución).

2. La ambigüedad y la pobreza de los vocabularios propuestos para muchos de los diferentes elementos que constituyen los distintos modelos de datos estandarizados. Por ejemplo, los formatos como PAPI o IMS-LIP, desarrollados para representar las particularidades de los alumnos, están principalmente enfocados hacia propósitos administrativos y de gestión. Esto provoca que, a partir de ellos, un hipotético mecanismo de control automático (un *Motor de Adaptación*) sea incapaz de "inferir" correctamente diversos aspectos de carácter pedagógico que pueden ser muy interesantes para la realización de funciones de personalización inteligente, tales como el nivel de preparación de un alumno en un determinado área de conocimiento o el estilo de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico, pragmático) característico del alumno.
3. La carencia de relaciones explícitas entre las diferentes propuestas. Al ser desarrollados los distintos estándares por equipos de trabajo diferentes (o incluso por instituciones diferentes) surgen problemas de uniformidad, tanto de carácter léxico como (sobre todo) de carácter semántico. Esto provoca que elementos conceptualmente relacionados de dos propuestas diferentes no sean directamente compatibles. A modo de ejemplo, no existe un método predefinido de establecer correspondencias entre algunos de los elementos de la especificación IMS-LIP con los elementos de metadatos en formato LOM. Así, no es completamente directo cómo, a partir de la información que podría incluirse en la categoría *Goal* (objetivos de alumno) de un registro IMS-LIP, encontrar el curso más conveniente para el alumno de un conjunto de cursos etiquetados con los elementos de LOM.

Debido a esta situación, donde múltiples especificaciones relacionadas existen, pero no están bien definidas las conexiones entre ellas, algunas instituciones lanzaron proyectos con el fin de integrar (y modificar cuando sea oportuno) los actuales formatos para obtener modelos de referencia más generales, completos y fáciles de implementar. El más nota-

ble de estos esfuerzos es el llevado a cabo por el Departamento de Defensa Norteamericano en su iniciativa *Advanced Distributed Learning* (ADL). El modelo SCORM (*Sharable Content Object Referente Model*) [5], fruto del trabajo del ADL, resuelve parcialmente los problemas mencionados. Sin embargo éste dista de ser un modelo de referencia completo listo para ser utilizado en un Sistema de Aprendizaje Adaptativo. Esto se debe principalmente a que únicamente tiene en cuenta algunos de los muchos estándares existentes (por ejemplo, no incluye, hasta la fecha, los modelos relacionados con los perfiles de alumnos y los formatos de cuestionarios), centrándose principalmente en las plataformas de aprendizaje que dominan el mercado actual, aquellas que no disponen de capacidades adaptativas avanzadas. Conscientes de estas limitaciones en el SCORM, algunas instituciones han propuesto extensiones parciales al modelo de referencia. Por ejemplo, el *Learning Network Test Lab*, del Departamento de Defensa Canadiense propone, en su *SCORM Dynamic Appearance Model* [20], una extensión a SCORM con un mecanismo que posibilita la adaptación sencilla de contenidos, pero no se considera ningún otro tipo de adaptación.

EXTENSIONES SEMÁNTICAS A LOS ESTÁNDARES

Con el fin de construir Sistemas de Aprendizaje Adaptativos compatibles con los estándares existentes en el campo del e-learning ³ es necesario preestablecer una serie de conjeturas de carácter semántico, tanto en los vocabularios como en las relaciones entre los elementos de los modelos de datos estandarizados. Estas suposiciones pueden comprometer seriamente la capacidad de reutilización de los recursos educativos entre sistemas adaptativos heterogéneos.

Para resolver este problema es imprescindible hacer públicas las posibles extensiones semánticas a los modelos existentes, de modo que puedan ser reutilizadas por la comunidad de desarrolladores. En este sentido son muy útiles los lenguajes de definición de ontologías, como aquellos que están siendo desarrollados para la naciente Web Semántica [2].

La Web Semántica

Actualmente, la Web es un enorme y descentralizado almacén de información destinada principalmente para el “uso” humano. La naciente Web Semántica es una extensión de la Web actual donde información en un formato “procesable por las máquinas” (*machine-processable information*) puede convivir y complementar la existente información inteligible únicamente para las personas (*human-readable information*), mejorando de este modo el trabajo cooperativo entre humanos y ordenadores. Así, la Web Semántica proporcionará un entorno donde agentes software puedan desempeñar sofisticadas operaciones en representación de sus usuarios, haciendo

³Siendo estrictos habría que hablar de incorporar, a los Sistemas de Aprendizaje Adaptativos, facilidades de importación/exportación de recursos externos desarrollados según modelos estandarizados. Internamente los sistemas pueden utilizar formatos más eficientes que pueden depender de la tecnología de desarrollo utilizada.

la Web más útil para los humanos.

Para lograr que la Web Semántica sea una realidad, es imprescindible la definición y el desarrollo de mecanismos que faciliten la elaboración de recursos que contengan información en un formato “inteligible” por los agentes software. Las Ontologías figuran de forma predominante en la Web Semántica como el modo de explicitar el significado de los recursos Web y permitir que ese significado sea utilizado por los agentes (cf. Figura 4). Una ontología proporciona la terminología y el vocabulario que se puede emplear para describir los elementos de un dominio concreto, incluyendo tanto definiciones interpretables por aplicaciones software de los conceptos involucrados en ese campo como las posibles relaciones que se pueden establecer entre los elementos del dominio.

Debe quedar claro que una ontología no se utiliza únicamente para declarar categorías jerárquicas de conceptos o taxonomías (relaciones del tipo *sub-class-of*), sino que permiten establecer relaciones entre elementos más complejas, tales como relaciones de igualdad, disjunción, simetría, o cualquier otra que defina el desarrollador de la ontología utilizando reglas lógicas. Esta capacidad de definir tipos de relaciones arbitrarios entre elementos puede ser utilizada por mecanismos inferenciales para realizar deducciones, y por tanto incrementar el conocimiento global, a partir de la información existente. Para ilustrar esta potencialidad vamos a describir un ejemplo muy simple.

Una ontología particular sobre Ciencias Naturales puede incluir las siguientes definiciones mediante relaciones taxonómicas:

- CARNIVORO “sub-class-of” ANIMAL
- ZORRO “sub-class-of” CARNIVORO
- HERVIVORO “sub-class-of” ANIMAL
- CONEJO “sub-class-of” HERVIVORO

Posteriormente podría incluirse la definición de la relación “come”, aplicable a los conceptos CARNIVORO y ANIMAL:

- CARNIVORO “come” ANIMAL

De estas declaraciones, un motor inferencial puede deducir (aunque realmente no lo entendiese tal como lo haría un ser humano) que un ZORRO come CONEJOS (siempre y cuando no se declare ninguna otra regla que lo contradiga), a pesar de que esta información no está presente en ningún sitio. Este tipo de deducciones, que parecen tan simples para un humano, no lo son para las aplicaciones software. Una

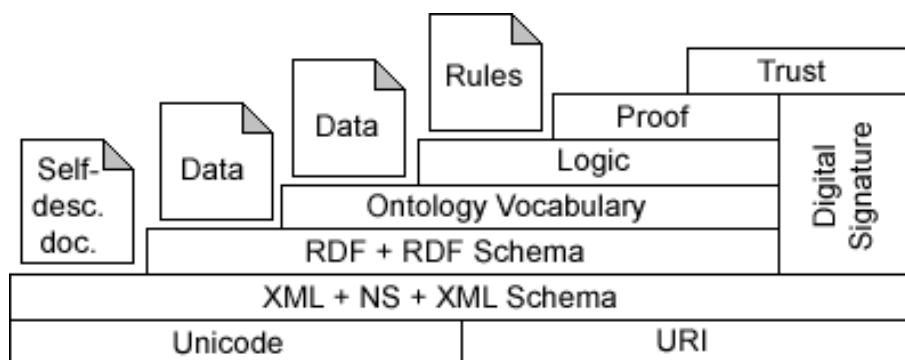


Figura 4. Estructura de la Web Semántica

aplicación que no utilice técnicas propias de la inteligencia artificial nunca adquiriría este nuevo “conocimiento” a menos que fuese reprogramada.

Actualmente, varios organismos, de entre los que destaca el W3C (World Wide Web Consortium), están desarrollando lenguajes como DAML+OIL [21] o OWL [14] que permitan la elaboración y el tratamiento de estas ontologías.

Empleo de Técnicas Semánticas en el campo del e-learning

Actualmente las instancias de los modelos de datos estandarizados se intercambian (prácticamente sin excepción) en formato XML. Este formato permite la estructuración sintáctica de los elementos del modelo, sin embargo no permite la imposición explícita de restricciones semánticas en los elementos. El significado de estos elementos se explicita en documentos adicionales (que conforman el “grueso” de cualquier especificación) utilizando el lenguaje natural.

La utilización de lenguajes ontológicos facilitaría, por un lado, la descripción semántica explícita de los elementos del modelo puesto que estos lenguajes permiten definir, de un modo más entendible por las aplicaciones software (a diferencia del lenguaje natural), las propiedades de los elementos y así establecer parcialmente su significado. Conscientes de este hecho, el comité LTSC del IEEE ya está trabajando en la representación ontológica (utilizando RDF, lenguaje éste en el que se basan DAML+OIL y OWL, siendo compatibles en gran medida hacia atrás. cf. Figura 4), de su estándar oficial para metadatos educativos (LOM).

Por otro lado, la representación utilizando técnicas ontológicas de las demás propuestas y recomendaciones facilitaría enormemente la tarea de explicitar las relaciones entre los distintos modelos existentes, puesto que los lenguajes de definición de ontologías ya incluyen mecanismos para establecer estas relaciones.

De este modo, sería posible la elaboración de múltiples ontologías intermedias, desarrolladas por los diferentes actores

involucrados, que, tomando como base los términos definidos en los estándares, extendiesen la semántica de los mismos con propiedades particulares para un dominio determinado. La disposición pública de estas ontologías especializadas facilitaría el intercambio y la reutilización de la semántica y el conocimiento incluido en cada una de ellas, tal como se pretende que suceda en la futura Web Semántica, donde los agentes software podrán explorar la red en busca de información útil, no conocida de antemano y localizada en diferentes fuentes, para interpretarla, procesarla y dar respuesta a una operación solicitada por su propietario.

CONCLUSIONES

En un futuro próximo, cualquier plataforma Web de aprendizaje deberá, para tener una mínima garantía de éxito, soportar los estándares de e-learning que están siendo desarrollados en la actualidad por organizaciones tales como el consorcio IMS o la iniciativa ADL del Departamento de Defensa Norteamericano. La razón principal por la que una plataforma debe ser compatible con estos estándares, es la de facilitar la reutilización de los recursos educativos ya creados (posiblemente con diferentes herramientas) y, de este modo, reducir el elevado coste que supone, tanto en tiempo como en dinero, el desarrollo de nuevos cursos.

Sin embargo, esta necesidad de compatibilidad no debe comprometer la evolución de las capacidades de las plataformas de aprendizaje.

En este artículo se han identificado una serie de problemas que surgen al utilizar modelos de datos estandarizados en el desarrollo de funcionalidades adaptativas en los sistemas de aprendizaje.

La utilización de técnicas de anotación semántica, tales como las que están siendo desarrolladas para la nueva Web Semántica, promete ser de gran utilidad en este sentido. Estas técnicas permiten el establecimiento explícito, así como su extensión, de la semántica presente en cualquier modelo de datos estandarizado, lo cual es una condición necesaria

para permitir el desarrollo de funcionalidades adaptativas e inteligentes avanzadas.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al “Ministerio de Ciencia y Tecnología” su apoyo parcial a este trabajo bajo el proyecto “COR-BALearn: Interfaz de Dominio guiada por Estándares para Aprendizaje Electrónico” (TIC2001-3767).

REFERENCIAS

- [1] ANDERSON, T., MCKELL, M. *IMS Content Packaging Information Model. Version 1.1.2 Final Specification*. IMS Global Learning Consortium Technical Report, 2001.
- [2] BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., LASSILA, O. *The Semantic Web*. Scientific American, May Issue, 2001.
- [3] BRUSILOVSKY P. *Adaptive Hypermedia*. User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 11, Num. 1-2, pp. 87-110, 2001.
- [4] DE BRA, P., HOUBENT, G., HONGJING, W. *AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia*. Proceedings of the 10th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Darmstadt, Germany, ACM Press, 1999.
- [5] DODDS, P. *The SCORM Overview*. Advanced Distributed Learning initiative Technical Report, 2001.
- [6] DODDS, P. *The SCORM Content Aggregation Model*. Advanced Distributed Learning initiative Technical Report, 2001.
- [7] FARANCE, F. *Draft Standard for Learning Technology - Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)*. IEEE's LTSC P1484.2/D8 Technical Report, 2001.
- [8] GRAHAM, K., FRANKLIN, R., WOODROW, C., OHTO, H., BUTLER, M.H. *Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies*. W3C Technical Report, 2002. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2002/WD-CCPP-struct-vocab-20021108/>
- [9] HODGING, W. *Draft Standard for Learning Object Metadata*. IEEE 1484.12.1 Technical Report, 2002.
- [10] HYDE, J. *CMI Guidelines for Interoperability. Version 3.5*. Aviation Industry CBT Committee Technical Report, 2001.
- [11] KOPER, R., OLIVIER, B., ANDERSON, T. *IMS Learning Design Information Model Version 1.0. Public Draft*. IMS Global Learning Consortium Technical Report, 2002.
- [12] NORTON, M., PANAR, A. *IMS Simple Sequencing Information and Behavior Model. Version 1.0 Public Draft*. IMS Global Learning Consortium Technical Report, 2002.
- [13] MAJOR, N., AINSWORTH, S., WOOD, D. *REDEEM: Exploiting symbiosis between psychology and authoring environments*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol. 8 Num. 3-4, pp. 317-340, 2001.
- [14] MCGUINNESS, D.L., VAN HARMELEN, F. *OWL Web Ontology Language*. W3C Web-Ontology Working Group Technical Report, 2003. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [15] SANTOS, J.M., ANIDO, A., LLAMAS, M. *On the Use of E-learning Standards in Adaptive Learning Systems*. Poster en 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Atenas, Grecia, 2003. (Pendiente de publicación).
- [16] SANTOS, J.M., ANIDO, L., LLAMAS, M., ÁLVAREZ, L.M., MIKIC, F.A. *Applying Computational Science Techniques to Support Adaptive Learning*. Lecture Notes on Computer Science, vol. 2658, pp. 1079-1087, 2003.
- [17] SANTOS, J.M., CAEIRO, M., RODRÍGUEZ, J., ANIDO, L. *Standardization in Tele-learning. A Critical Analysis*. Tele-Learning. The Challenge for the Third Millennium. 17th IFIP World Computer Congress, Kluwer Academic Publishers, pp. 321-328, 2002.
- [18] SMYTHE, C., SHEPHERD, E., BREWER, L., LAY, S. *IMS Question & Test Interoperability: An Overview. Final Specification, Version 1.2*. IMS Global Learning Consortium Technical Report, 2002.
- [19] SMYTHE, C., TANSEY, F., ROBSON, R. *IMS Learner Information Packaging Information Model Specification. Version 1.0. Final specification*. IMS Global Learning Consortium Technical Report, 2001.
- [20] ST-PIERRE, R., HOPE, P., SKUBLICS, S. *SCORM Dynamic Appearance Model*. Canadian Department of National Defence Technical Report, 2002.
- [21] VAN HARMELEN, F., PATEL-SCHNEIDER, P.F., HORROCKS, I. *Reference description of the DAML+OIL ontology markup language*. DARPA Technical Report, 2001.
- [22] WEBER G. *Adaptive Learning Systems in the World Wide Web*. User Modeling - Proceedings of the Seventh International Conference (UM99), pp. 371-378, Vienna: Springer, 1999.
- [23] WEBER, G., BRUSILOVSKY, P. *ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol. 12, pp. 351-384, 2001.