

MEDIADORES E INTEROPERABILIDAD EN ELEARNING

Sandra Aguirre, Juan Quemada, Joaquín Salvachua
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos
Ciudad Universitaria, Madrid
{saguirre, jqemada, jsr}@dit.upm.es

Abstract: *La revolución de las nuevas tecnologías y el crecimiento acelerado de Internet han permitido la creación de un gran número de plataformas de eLearning y a su vez la necesidad de regular e interoperar estas plataformas. La interoperabilidad es un factor clave en los sistemas de eLearning ya que permite el intercambio y la reutilización de recursos educativos que han sido desarrollados en distintas plataformas. El presente trabajo presenta los estándares, los mediadores educativos y las tecnologías de Web semántico como factores claves en la integración e interoperabilidad de recursos educativos en eLearning. Como caso práctico se presenta la aplicabilidad de estos factores en el proyecto Elena cuya infraestructura de interoperabilidad emplea estándares, mediadores educativos, wrappers, RDF y ontologías.*

Palabras claves. Interoperabilidad, ELearning, Estándares, Mediadores educativos, wrapper, Metadatos, Recursos educativos, Integración, Ontologías, RDF.

1. Introducción

La interoperabilidad es definida por la IEEE [1] como “*la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y para usar la información que ha sido intercambiada*”. En los sistemas de eLearning, la interoperabilidad permite el intercambio y reutilización de recursos educativos (cursos, documentos, videos, tutoriales, etc.) que han sido desarrollados en plataformas educativas heterogéneas, lo cual permite:

- Incrementar la calidad y variedad de recursos educativos disponibles en el mercado.

- Preservar el capital invertido en tecnología y desarrollo de recursos educativos, ya que un recurso educativo podrá ser intercambiado o usado sin la necesidad de realizar costosas modificaciones.
- Garantizar que los usuarios con diferentes plataformas hardware y software puedan acceder a recursos educativos de fuentes heterogéneas, con pérdidas mínimas tanto de contenido como de funcionalidad.

Para lograr la interoperabilidad en eLearning es necesario:

- Definir una sintaxis y semántica común para la descripción de los recursos educativos (estándares y tecnologías del Web Semántico)
- Establecer un sistema de comunicación, mediación e intercambio de recursos educativos (Mediadores, wrappers).

El primer paso para la definición de una sintaxis y semántica común para la descripción de los recursos educativos ha sido el surgimiento de estándares basados en XML que proporcionan una serie predefinida de atributos para la descripción, identificación y búsqueda de recursos educativos a través de metadatos.

Los metadatos para recursos educativos se han convertido en un tema de amplia investigación en el campo de la interoperabilidad, varios organismos como AICC [2], IEEE [3], IMS [4], ADL [5], Dublín Core [7], entre otros, trabajan en este campo. Sin embargo, existe mucho contenido útil, disponible bajo diversos entornos, que no está estructurado según los estándares, lo cual provoca serias dificultades para que puedan ser reutilizados.

Actualmente muchos sistemas educativos usan sus propios metadatos para describir sus recursos educativos. Las diferencias entre los modelos de datos proporcionados por los sistemas de eLearning y los estándares educativos, plantea la necesidad de buscar alternativas que involucren no sólo el aspecto de sintaxis sino también de semántica (significado) para conciliar estos modelos con el fin de permitir la interoperabilidad entre distintos modelos.

Una solución para este problema es emplear el enfoque del Web Semántico para conseguir la interoperabilidad de recursos educativos entre diferentes sistemas. En concreto usando el estándar RDF (Resource Description Framework) [8]. RDF proporciona un soporte para metadatos flexible y abierto que permitirá la interconexión con otros sistemas similares.

Otra tecnología del Web semántico para la construcción de modelos descriptivos de recursos educativos va dirigida hacia la creación de un modelo basado en ontologías, como estructuras más completas para la descripción de recursos educativos, que permiten una representación formal de un concepto además de la representación semántica y sintáctica del mismo. Se considera que la concepción del Web semántico permitirá un nuevo nivel de los servicios en los sistemas de eLearning. Las ontologías permiten la interoperabilidad semántica.

Simultáneamente a la especificación de estándares para la descripción de recursos educativos, en el campo de los sistemas de información, la investigación sobre sistemas de integración ha tenido grandes avances.

Las soluciones actuales de intercambio de datos como ODBC, JDBC y OLE DB han logrado establecerse como una opción de interoperabilidad entre bases de datos. Sin embargo, no aseguran que los datos sean interpretados según el dominio de aplicación. Para ello se plantea la necesidad de emplear mediadores educativos que sirvan de intermediarios entre las aplicaciones y las múltiples fuentes de información y ofrecen vistas integradas sobre múltiples fuentes de información.

El desarrollo de una plataforma que permita la interoperabilidad en el contexto de los sistemas de información educativo, es una labor compleja ya que la solución debe facilitar la integración de los datos procedentes de todas las fuentes de información que cada sistema suministra. Como caso práctico se presenta la aplicación de los estándares, las tecnologías de Web semántico y los mediadores educativos como factores claves en la integración e interoperabilidad de recursos educativos en el proyecto Elena [9].

2. Estándares y especificaciones en eLearning

En lo que respecta a las tecnologías de la información, los objetivos primordiales de los estándares consisten en lograr un “lenguaje común”, que facilite la integración e interoperabilidad entre diferentes sistemas y tecnologías, con pérdidas mínimas, tanto de contenido como de funcionalidad. La estandarización de las tecnologías aplicadas al aprendizaje pretende posibilitar la reutilización de recursos educativos y la interoperabilidad entre sistemas software heterogéneos [10].

Según Hodgins [11], los estándares en eLearning permiten:

- **Accesibilidad:** Proporcionar acceso de contenido desde cualquier lugar a través de un navegador de Internet sin importar la plataforma o el contenido en sí mismo.
- **Interoperabilidad:** El contenido debería ser independiente de herramienta o plataforma, de tal manera de poder utilizar diferentes plataformas para acceder un mismo contenido. También se refiere a la posibilidad de usar un contenido en una plataforma diferente.
- **Adaptabilidad:** Los estándares se refieren al hecho de poder facilitar la adaptación o personalización del entorno de aprendizaje.
- **Re-usabilidad:** Solo el uso de estándares nos facilitará el diseñar contenidos que puedan ser utilizados una y otra vez en diferentes asignaturas, cursos o programas educativos.
- **Durabilidad:** El contenido debería poder utilizarse sin importar cambios en la tecnología base en el cual se elaboró. Esto

sin necesidad de tener que re-codificar o re-compilar programas de software.

- **Productividad:** Si los proveedores de tecnología eLearning desarrollan sus productos siguiendo estándares comúnmente aceptados, la efectividad de eLearning se incrementa significativamente y el tiempo y costos serán reducidos.

Las más importantes organizaciones y grupos que trabajan en el campo de las especificaciones y estándares en eLearning, son:

- **Aviation Industry CBT Committee (AICC):** Las recomendaciones del AICC [2] son publicadas en tres tipos de documentos: recomendaciones y guías AICC (Guidelines and Recommendations - AGRs), informes técnicos y documentos de trabajo. Los trabajos del AICC contemplan, entre otros, la definición de requisitos hardware y software para los ordenadores de los alumnos, los periféricos necesarios, los formatos aceptados para los elementos multimedia que componen los cursos, así como recomendaciones para las interfaces de usuario. Otra de sus principales aportaciones es su propuesta para entornos de ejecución. La guía más seguida es la AGR 010 que hace referencia a la interoperabilidad de plataformas de formación y los cursos resolviendo los problemas de comunicación entre los cursos y el LMS y el poder subir a un LMS un curso desarrollado por terceros
- **IEEE Learning Technologies Standards Comité:** El IEEE está organizado en distintos comités, y uno de ellos es el *Learning Technology Standards Committee* (LTSC) [3] o comité para los Estándares de la Tecnología del Aprendizaje. Una de sus especificaciones más conocida hace referencia a los Metadatos de los Objetos de Aprendizaje o *Learning Object Metadata (LOM)*; es decir, el LTSC lo que intenta es facilitar el desarrollo y la reutilización de contenidos. El LTSC recogió el trabajo del comité de la AICC y lo complementó, introduciendo la noción de metadato y, mediante ella, una descripción más detallada que la ofrecida por la AGR 010 de la AICC de los contenidos de un curso.

- **IMS Global Consortium:** El IMS [4] es un consorcio está formado por miembros provenientes de organizaciones educacionales, empresas públicas y privada y consumidores de eLearning. Las especificaciones IMS cubren un amplio rango de características que se intentan hacer interoperables entre plataformas que van desde los metadatos, la interoperabilidad de intercambiar el diseño instruccional entre plataformas, hasta la creación de cursos on line para alumnos que tengan alguna discapacidad visual, auditiva, etc. El IMS recoge el trabajo de la IEEE. Su objetivo es la creación de especificaciones que engloben las recomendaciones de la propia IEEE y de la AICC.

El IMS abarca estas especificaciones a través de diez 10 grupos: empaquetamiento de contenidos, metadatos, interoperabilidad de preguntas y pruebas, empaquetamiento de información del alumno, secuencia simple, diseño del aprendizaje, repositorios digitales, definición de competencias, accesibilidad y gestión de grupos y alumnos.

- **Advanced Distributed Learning (ADL):** es una iniciativa auspiciada por el gobierno de Estados Unidos para facilitar el desarrollo y la entrega de contenido didáctico con el uso de tecnologías ya existentes, así como emergentes [5]. Este organismo recogió lo mejor de las anteriores iniciativas y lo refundió y mejoró creando su propia especificación *Shareable Courseware Object Reference Model* (SCORM) o Modelo de Referencia para Objetos de Contenidos Intercambiables, es decir, SCORM integra especificaciones de AICC, IMS y IEEE y define las claves de interrelación entre estos estándares.
- **Alliance of Remote Instructional and Distribution Networks for Europe (ARIADNE):** La fundación ARIADNE [6] es una asociación internacional cuyo propósito es fomentar el intercambio de experiencias en el área de la educación abierta y a distancia. En este contexto, la fundación provee a sus miembros de una plataforma computacional común para la edición, clasificación, almacenamiento y

consulta de cursos en línea. Ariadna Ariadne ha sido auspiciada por el IEEE LTSC y acordó colaborar con el proyecto IMS, con el objetivo de conseguir lo más rápido posible un conjunto de metadatos educativos extensamente aceptado. Fruto de esta colaboración han sido varias publicaciones del IEEE. Posteriormente, también estableció relación con ADL. Su labor se centra en la elaboración de esquemas para los metadatos educativos.

- **Dublin Core (DC):** es un foro abierto compuesto por afiliados de disciplinas diversas repartidos por todo el globo. El objetivo principal de *Dublin Core* [7] es ser de uso sencillo y suficientemente general para poder ser aplicado a los recursos independientemente de su disciplina, un requisito deseable para cualquier esquema. Las categorías de este estándar están pensadas para albergar información trascendental para la descripción sencilla del recurso.

Cuenta con quince elementos, que incluyen: título, creador, tema, descripción, publicador, colaborador, fecha, tipo, formato, identificador, fuente, idioma, relación, cobertura y derechos. Se pretende, que las comunidades de usuarios tomen dicho esquema como base o “corazón” (*core*) y desarrollen sus propias extensiones para ajustarlo a la disciplina deseada o a sus necesidades.

Si bien no existe un estándar común, la gran mayoría de las especificaciones y estándares guardan una relación entre ellas. Muchos organismos toman como base para su estándar los resultados de otros proyectos previos, de forma que se ha creado una “red de influencias”, como se puede apreciar en la Figura 1.

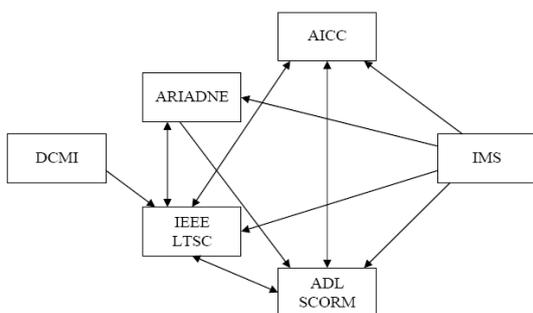


Figura 1. Flujos de influencia entre los estándares de elearning

Las iniciativas para la definición de esquemas para metadatos educativos se extienden más allá, dedicándose a la descripción de estándares para diversas necesidades de la enseñanza. En la Tabla 1 se ilustra este hecho con algunos de los organismos que se describen en este proyecto.

AREA	IMS	DCMI	AICC	IEEE	ADL SCORM	ARIADNE
Metadata	Yes	Yes		Yes	Yes: IEEE	Yes: IEEE
Repository operations	Yes	Yes				
Content packaging	Yes			No (underway)	Yes: IMS	
Content sequencing	Yes				Yes: IMS	
Content runtime behaviour			Yes	No (underway)	Yes: AICC	
Assessment	Yes					
Student and course data	Yes					
Learner information	Yes			Yes		
Learner competencias	Yes			No (underway)		
Accessible content	Yes	Yes				
Accessibility preferences for learners	Yes					
Learning design	Yes					
Developer community	Yes					

Tabla 1. Actividades de los organismos estandarizadores de eLearning [12].

Los trabajos de estandarización de los contenidos continúan, mejorando los sistemas de comunicación entre contenido y plataformas, creando especificaciones para el intercambio de sistemas de evaluación y orientando la producción de contenidos hacia la modularidad mediante la definición de meta-data y especificaciones para la secuenciación de objetos de aprendizaje.

Además los trabajos de estandarización no se han estancado en la relación contenidos y siguen ampliándose a nuevas áreas. Entre las más interesantes están las que suponen la estandarización del intercambio de datos entre sistemas de gestión del aprendizaje y otros sistemas de gestión de recursos humanos.

3. Web semántico

El Web Semántico [13] es una continuación del trabajo que se inició en el W3C para diseñar RDF (Resource Description Framework). Su objetivo es conseguir una extensión del WWW actual, en el que la información tiene un significado bien definido que permite a las computadoras trabajar en cooperación. Hasta el momento sólo se han llevado a cabo los primeros pasos de esta concepción, pero se espera que en el futuro las máquinas puedan procesar y entender los datos en vez de simplemente presentarlos. Y es que, en la actualidad, el contenido de la

Red va dirigido a las personas y es escaso el que se puede procesar automáticamente.

RDF [8], junto con XML son dos tecnologías básicas que el Web Semántico utiliza y que ya están funcionando. XML permite estructurar el documento, mientras que RDF le da el significado. RDF es una Recomendación del W3C, basado en XML, que nos proporciona tecnología para escribir **metadatos** que proporciona **interoperatividad** entre aplicaciones que intercambian información *comprensible por la máquina* para definir esquemas para vocabularios específicos como Dublin Core. Esto permite especificar **clases** de tipos de recursos y **propiedades** para dar a conocer *descripciones, relaciones* entre esas propiedades y clases, y las *restricciones* en las combinaciones permitidas de clases, propiedades y valores.

En RDF se denomina *recurso* a cualquier objeto que puede ser identificado mediante una URI. Según esto, cualquier objeto encontrado en una red (como Internet) puede ser descrito con este marco, siempre que disponga de una dirección. Los recursos son descritos con una colección de propiedades denominada *descripción*. Cada propiedad es de un tipo y tiene un valor. Los valores pueden ser atómicos, es decir, fragmentos de información, o pueden ser otro recurso, que puede tener su propio conjunto de propiedades, los conocidos *esquemas*.

El tercer elemento fundamental del Web Semántico son las ontologías, que suponen una capa por encima de RDF y los esquemas RDF. Una Ontología es una descripción formal de los *conceptos* y las *relaciones* entre conceptos [14][14]. El uso de ontologías en el desarrollo de Sistemas de Información permite establecer correspondencia y relaciones entre los diferentes dominios de entidades de información. Las ontologías toman un papel clave en la resolución de interoperabilidad semántica entre sistemas de información y su uso.

En la expansión del Web Semántico tendrán un papel fundamental los agentes. Son programas capaces de recolectar información de la Web e, imprescindiblemente, compartirla con otros agentes, ofreciendo, también, la posibilidad de intercambiar pruebas de sus deducciones. Así, un servicio

Web podría enviar al ordenador personal del usuario que lo desease trazas sobre cómo se han obtenido los datos solicitados.

El intercambio de información se realizaría en el lenguaje unificado para ontologías e inferencias que ofrece el Web Semántico. En esta faceta también son vitales las firmas digitales para asegurar que la fuente de información es fiable. En una visión futurista se puede imaginar que los aparatos del mundo real, como televisores o teléfonos, se incluyan en el Web semántico e incluso todo ello comporte un avance en el conocimiento de la humanidad.

4. Mediadores educativos

Simultáneamente a la especificación de estándares para la descripción de recursos educativos, en el campo de los sistemas de información, la investigación sobre sistemas de integración ha tenido grandes avances. Los mediadores se definen como sistemas que soportan vistas integradas sobre múltiples fuentes de información. Un mediador es un módulo de software que emplea el conocimiento codificado de una serie de datos para crear información para una capa superior de aplicaciones [15].

Entre las principales características de los mediadores educativos se tiene:

- Son usados para integrar repositorios de información (Ej. Bases de datos y bases de conocimiento)
- Actúan como intermediarios entre las aplicaciones y los repositorios de información
- Tienen capacidades de representación del conocimiento para el manejo de datos heterogéneos e incompatibles. Contiene conocimiento que va más allá del almacenamiento el cual es usado para analizar, combinar, reducir y homogeneizar una serie de posibles datos heterogéneos originados desde múltiples repositorios.

La arquitectura de un esquema mediador Figura 2. logra la interoperabilidad entre los sistemas de información, usando módulos inteligentes (mediadores) para procesar las consultas de los usuarios. Una arquitectura

de mediación comprende 4 capas: aplicaciones del usuario, mediador, wrappers (envoltorios) y los repositorios de información.

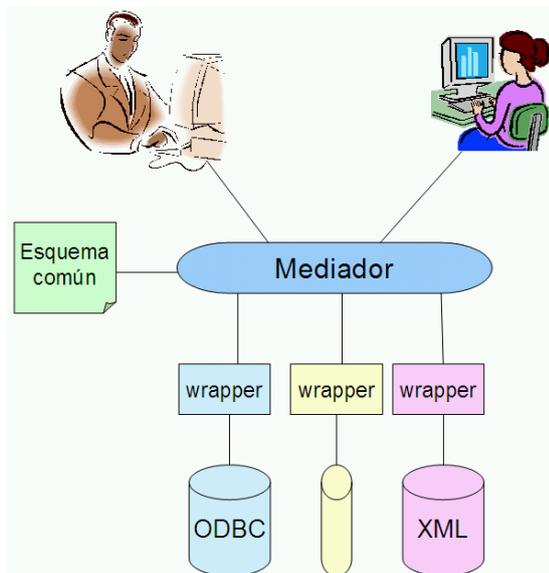


Figura 2. Arquitectura de un sistema mediador

Los datos permanecen en las fuentes y el mediador es el responsable de proporcionar a los usuarios la apariencia de estar realizando consultas sobre un único esquema global. Cuando un mediador recibe una consulta, éste la descompone en subconsultas sobre los distintos repositorios.

El wrapper es la interfaz entre el mediador y los repositorios de datos. Los wrappers proveen acceso a los datos en las fuentes de datos usando un modelo común de datos y un lenguaje común de consultas. El wrapper recibe la consulta por parte del mediador, transforma y transfiere dicha consulta en otra que sea “entendible” por la fuente de información a la que va dirigida dicha consulta. Recibe el resultado de la fuente y lo transforma en el tipo de dato que se haya establecido, por ejemplo XML.

Los mediadores centralizan la información que proveen los wrappers en una vista unificada de todos los datos disponibles.

5. Caso práctico: Proyecto Elena

Como caso práctico se presenta la aplicación de los estándares, las tecnologías de Web semántico, los mediadores educativos y los wrappers como factores claves en la integración e interoperabilidad de recursos

educativos en eLearning dentro del proyecto Elena [9].

ELENA es un proyecto de la Comunidad Europea, cuyo objetivo principal es permitir la creación de un “Espacio Inteligente para el Aprendizaje” (Smart Learning Space). Este espacio inteligente es un sistema distribuido que permite dar soporte a la gestión de entrega y consumo de recursos educativos heterogéneos a través del Asistente Personal de aprendizaje (PLA). El término “Espacio” es usado como un sinónimo para red y el término “inteligente” es usado para hacer referencia a la mediación inteligente de recursos educativos (cursos, contenido educativo, etc.) basada en el perfil del usuario y las técnicas de inteligencia artificial.

Por consiguiente, los dos principales componentes de un espacio inteligente conformado por: la red de gestión de nodos educativos, que hace referencia a la red de gestión del aprendizaje (Learning Management Network) y los asistentes personales de aprendizaje que ofrecen un punto de acceso personalizado hacia la red. Véase Figura 3. Figura 3.

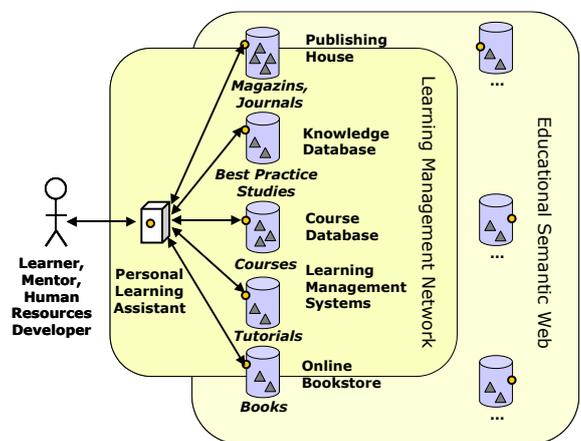


Figura 3. Componentes de un espacio inteligente de aprendizaje

5.1 Red de gestión de nodos educativos

La red de gestión esta soportada por Edutella [16], una infraestructura de red *peer to peer* (P2P) para repositorios educativos que permite conectar peers educativos heterogéneos con diferentes tipos de repositorios, lenguajes de consulta y esquemas de metadatos. Edutella esta basada en la tecnología JXTA que permite

conecta peers heterogéneos (heterogéneos en ejecución, funcionalidad, tamaño de almacenamiento, número de usuarios, etc.), los cuales describen sus recursos como metadatos RDF.



Figura 4. Red peer to peer

Un proveedor de servicios educativos puede conectarse directamente hacia la infraestructura de Elena como un peer de Edutella o a través de otro peer. En nuestro ejemplo visualizado en la Figura 5, ULI [17] es un ejemplo de peer conectado directamente. Clix, un LMS desarrollado por IMC de Alemania, se conecta a Elena a través del peer UBP [18].

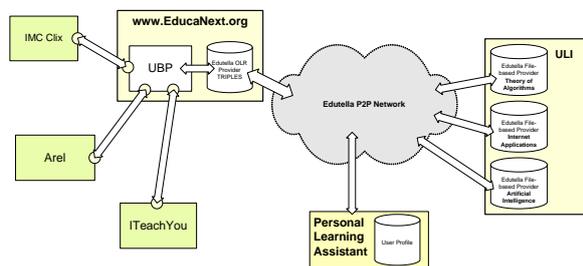


Figura 5. Espacio inteligente para el aprendizaje (ELENA)

Con el fin de permitir la interoperabilidad entre nodos educativos heterogéneos, es necesario definir un esquema común para la descripción de recursos educativos en cada uno de los nodos. Por tanto la red está construida sobre un esquema común (RDF, Ontología) que describe los recursos educativos a intercambiar. Cada uno de los nodos educativos, posee una interfaz y un wrapper que permiten el intercambio de información sobre los recursos educativos.

5.1.1 Esquema común para la descripción de recursos educativos

Se entiende como recurso educativo a los servicios y materiales educativos que son empleados para facilitar y dar soporte en la realización de un objetivo educativo

específico. Un servicio educativo hace referencia a un evento educativo cuyo objetivo principal es educar o capacitar personas con la ayuda de un agente humano (profesor, ponente, etc.) en un tiempo predefinido. Cursos, seminarios, tutoriales, etc., son ejemplos de servicios educativos.

El término material educativo es usado para denotar todas las unidades de contenidos que puedan ser almacenados o transferidos en formato digital o no digital. Son consideradas estáticas en el sentido que pueden ser producidas para ser (re)usadas por los educadores como soporte a sus actividades educativas. Ejemplos de materiales educativos son libros, material de lectura, cursos o clases grabados sobre cintas de video, CD-ROM multimedia.

El foco central de investigación y desarrollo del proyecto Elena se encuentra en la semántica que se va a emplear para describir los recursos educativos con el fin de proveer un marco flexible para la integración de los recursos. Actualmente se emplea un esquema en RDF basado en Dublin Core, LOM, Vcard y OpenQ.

Este esquema contiene los atributos necesarios para describir un recurso educativo. Contiene atributos comunes tanto para los materiales como los servicios educativos, por ejemplo: Identificador, Título, Lenguaje, Prerrequisitos, Tema, entre otros. Asimismo contiene atributos específicos tanto para materiales como para recursos educativos. Ejemplos de atributos para materiales educativos tenemos: Fecha de publicación, formato, versión. Ejemplos de atributos para servicios educativos tenemos: Número máximo y mínimo de participantes, horario inicial y final del servicio.

Como siguiente paso para la descripción de los recursos educativos se está diseñando una ontología para la descripción de recursos educativos. Las ontologías han sido definidas como uno de los más importantes ingredientes en aplicaciones distribuidas, heterogéneas [19] (y especialmente Web semántico).

Una solicitud enviada a un proveedor de servicios educativos puede ser por ejemplo: "encontrar un tutorial acerca del Web semántico para novatos". A diferencia de los

motores de búsqueda comunes como por ejemplo google, esta solicitud no es enviada en su representación textual sino será formalizada con ayuda de varias ontologías. Por ejemplo:

Solicitud17(documenttype tutorial, Topic Semantic_Web, level_of_knowledge novice)

En este caso el tipo de documento proviene de una ontología de servicios educativos que contiene varios tipos de recursos educativos (Ej.: caso de estudio, curso, tutorial, etc.).

El tema proviene de una ontología de dominio, en este ejemplo una ontología que contiene todos los conceptos de la ciencia de la computación. Novato proviene de una ontología que modela los alumnos. Estas ontologías son representadas con la ayuda de lenguajes como OWL y están basadas sobre los estándares existentes como Dublín Core, LOM, WSDL.

Para encontrar el servicio requerido por el usuario se requiere más que una simple combinación de sus anotaciones, el sistema debería también presentar temas relacionados como para el ejemplo en mención, RDF y otras tecnologías relacionadas con el Web semántico. Esto puede ser logrado por la clara representación de las relaciones en las ontologías como por ejemplo: `like_is_technology_for`, que pueden ser realizadas con la ayuda de motores de inferencia como RDF-QEL_i [16] y TRIPLE [20].

5.1.2 Mediadores y wrappers

Elena como sistema de integración de datos, sigue una arquitectura basada en mediadores. En esta arquitectura varias fuentes de datos están "envueltas" por una capa de software, denominada adaptador o *wrapper*, el cual traduce entre el lenguaje, modelos y conceptos de la fuente de datos y el lenguaje, modelo y conceptos del mediador.

Los mediadores obtienen la información a partir de una o más fuentes de datos o de otros mediadores, es decir, de los componentes que están por debajo de él, y proporcionan información a las componentes

que están por encima, en nuestro caso, los usuarios externos del sistema.

En el proyecto Elena, los recursos educativos permanecen en las fuentes y el mediador es el responsable de proporcionar a los usuarios la apariencia de estar realizando consultas sobre un único esquema global. Cuando un mediador recibe una consulta, éste la descompone en subconsultas sobre los distintos repositorios.

El lenguaje de consultas común empleado es el QEL [16], un lenguaje de consultas basado en Datalog o RDF. El formato de entrega de resultados es RDF. El mediador debe ser capaz de propagar las consultas a través de los repositorios de recursos educativos.

La necesidad de transformar consultas entre repositorios de información heterogéneos, involucra la transformación de consultas entre una consulta global y una consulta local. Este servicio es permitido por la Interfaz de Consultas SQL (Simple Query Interface) y por los wrappers, véase Figura 6.

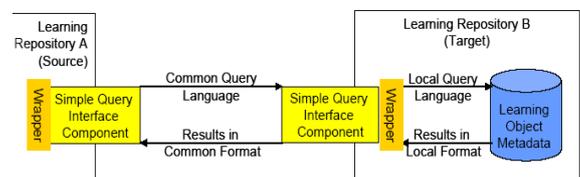


Figura 6. Comunicación entre dos SQI en Elena.

SQL especifica los métodos que un repositorio puede tener disponibles para recibir y responder consultas de otros repositorios, se ha diseñado esta interfaz con el fin de proveer una especificación simple y fácil de implementar a través de Web Services.

El término "source" es usado para denominar al sistema que envía una consulta. El término "target" es usado para denominar al sistema que contiene los metadatos consultados.

La Figura 6, visualiza un proceso de interoperabilidad, donde el repositorio educativo A (source) envía una consulta al repositorio B (target). Ambos sistemas han acordado un lenguaje de consultas común que en el contexto de Elena es el QEL. Los atributos usados en la consulta hacen parte

del esquema común para la descripción de recursos educativos. El repositorio B, a través de su interfaz SQL transfiere la consulta hacia el wrapper que se encargará de traducirla al lenguaje local.

Los resultados son enviados desde el wrapper al SQL en el formato RDF y contiene los atributos de acuerdo al esquema común. El wrapper es la interfaz entre el SQL y los repositorios de datos.

Actualmente distintos wrappers son adaptados hacia los distintos tipos de repositorios como bases de datos relaciones, repositorios RDF o archivos.

El wrapper es el encargado de traducir entre el lenguaje común de consultas empleados (QEL) y un lenguaje local (SQL o RQL).

Como ejemplo del funcionamiento de un wrapper en Elena, tomaremos como referencia el servicio EducaNext que actúa como nodo educativo del espacio Elena.

5.1.3 Ejemplo de nodo educativo: EducaNext

EducaNext [18], es un portal multilingüe de colaboración académica, donde instituciones de educación superior, de investigación y profesionales pueden colaborar e intercambiar recursos educativos y de conocimiento.



Figura 7. Portal de EducaNext

Cualquier miembro de la comunidad académica puede hacerse miembro del servicio siempre que se comprometa a trabajar para el objetivo para el que

EducaNext ha sido creado y respeta el *Código de Comportamiento*.

Ambos se pueden encontrar en el portal. Los miembros de la comunidad deben contribuir a incrementar la excelencia de la educación superior y de la investigación por medio de la colaboración y la compartición de sus recursos educativos y de conocimiento.

EducaNext es un mediador educativo basado en la tecnología de la plataforma de intercambio Universal UBP desarrollada dentro del proyecto UNIVERSAL del programa IST [21]. EducaNext da soporte al intercambio de materiales educativos y de actividades educativas.

Cuando un recurso educativo es ofrecido al público en EducaNext Figura 7, la descripción de este recurso se almacena en la base de datos en formato de tripletas RDF, basándose en el esquema común para la descripción de recursos educativos del proyecto Elena (XML/RDF template).

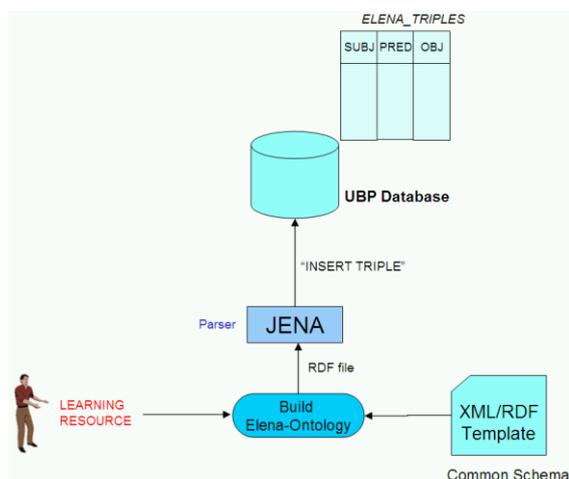


Figura 7. Almacenamiento de un recurso educativo aplicando el esquema común propuesto en Elena.

Un ejemplo de la descripción de un Documento sobre Java (material educativo) en formato RDF usando el esquema común propuesto por Elena es el siguiente:

namespaces

```
...  
  
<elena_ont:LearningMaterial rdf:about="lr-upm-saguirre-1082994806547"  
  dc:identifier="lr-upm-saguirre-1082994806547"  
  dc:title="Programación en Java"  
  dc:language="en" dc:description="Referencia práctica para la programación en Java">  
  
  <dc:subject  
    rdf:resource="http://www.educanext.org/rdf/taxonomies/dutchBasicClassification.rdf#42.40"/>  
  <dcterms:requires>Java</dcterms:requires>  
  <dc:created>  
    <dcterms:W3CDTF>  
      <rdf:value>2004-04-26</rdf:value>  
    </dcterms:W3CDTF>  
  </dc:created>  
  <dc:creator>  
    <lom:Entity>  
      <vcard:FN>Sandra Aguirre</vcard:FN>  
    </lom:Entity>  
  </dc:creator>  
  <lom-life:editor>  
    <lom-life:Contribution>  
      <rdf:value>  
        <rdf:Seq>  
          <rdf:li>  
            <lom:Entity>  
              <vcard:FN>Juan Quemada</vcard:FN>  
            </lom:Entity>  
          </rdf:li>  
        </rdf:Seq>  
      </rdf:value>  
    </lom-life:Contribution>  
  </lom-life:editor>  
  <lom-edu:learning_resource_type>Texto</lom-edu:learning_resource_type>  
  <dc:issued>  
    <dcterms:W3CDTF>  
      <rdf:value>2004-04-26</rdf:value>  
    </dcterms:W3CDTF>  
  </dc:issued>  
  <dc:format>  
    <dcterms:IMT>  
      <rdf:value>text</rdf:value>  
    </dcterms:IMT>  
  </dc:format>  
  <lom-tech:version>0.1</lom-tech:version>  
</elena_ont:LearningMaterial>
```

Para permitir comunicar la interfaz SQL con la base de datos del proyecto EducaNext ha sido necesario la implementación de un wrapper que permite traducir del lenguaje QEL a SQL.

El wrapper de EducaNext (Figura 8), permite conectar la interfaz SQL con la base de datos de EducaNext.

La base de datos empleada en EducaNext es Firebird. La base de datos contiene una tabla llamada ELENA_TRIPLES conformada por tres columnas, las cuales contienen las descripciones de los recursos educativos en forma de tripletas RDF, siguiendo el esquema en RDF que se ha diseñado para la

descripción de los recursos educativos en Elena.

El wrapper traduce del lenguaje común de consultas empleado (QEL) al lenguaje local de consultas (SQL). Asimismo, el wrapper debe convertir los resultados formato ResultSet al formato de respuestas común empleado en Elena, el cual es RDF.

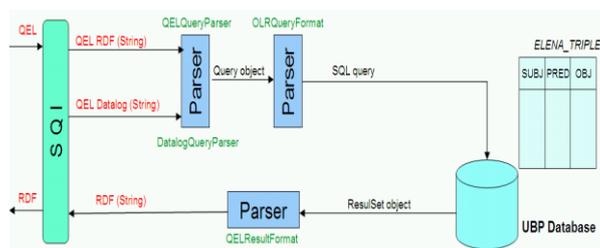


Figura 8. Wrapper de EducaNext.

5.2 Asistentes personales de aprendizaje (PLA)

La personalización hace referencia a la adaptabilidad de un sistema hacia las necesidades de los usuarios. La combinación entre los perfiles de usuario y sus preferencias personales es la base para conseguir un entorno personalizado dinámicamente.

Los perfiles contienen información obtenida por el sistema sobre el alumno como su nivel de conocimiento, las puntuaciones obtenidas mediante los sistemas de evaluación, el tiempo de conexión a los cursos, etc. Las preferencias personales son introducidas por el alumno y almacenan datos relativos al formato de presentación, al idioma natal, etc.

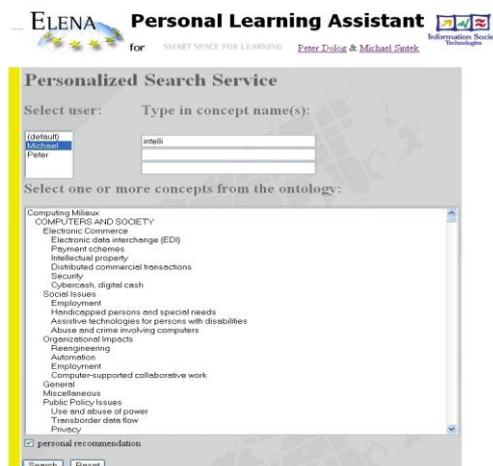


Figura 9. Interfaz de búsqueda personalizada del Elena PLA

La personalización en Elena está basada en metadatos acerca de los usuarios y metadatos acerca de los recursos educativos. El proceso es desarrollado usando reglas de inferencia, las cuales determinan cuando un recurso educativo es recomendado o filtrado. Usando técnicas de personalización, una PLA es capaz de crear una vista personalizada de la red de gestión.

PLA ofrece soporte personalizado en la búsqueda, selección, contratación, acceso y evaluación de servicios y recursos educativos. El PLA integra los servicios de personalización para encontrar los recursos educativos solicitados. Dichos servicios de personalización son:

- Servicio de reescritura de consultas (optimiza la consulta del usuario usando variables y restricciones basados en el manejo de perfiles)
- Servicio de recomendación (proporciona anotaciones para los recursos educativos de acuerdo con la información del perfil del usuario, estas anotaciones pueden referirse al estado del recurso educativo, el estado de procesamiento del recurso, etc.),
- Servicio de generación de enlaces (proporciona relaciones semánticas para un recurso educativo de acuerdo con la información del perfil del usuario).

El proceso de correspondencia entre el perfil del usuario con las descripciones de los recursos y servicios es realizado mediante reglas de inferencia, que determinan si un servicio o el recurso es recomendado o filtrado. La deducción puede ser usada también para identificar recursos relacionados o servicios, o crear un camino de aprendizaje conveniente.

La utilización de este tipo de consultas personalizadas facilitará la óptima búsqueda de servicios y recursos educativos de acuerdo a las necesidades del usuario.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto Elena y es parcialmente patrocinado por la Comisión Europea (IST-2001-37264).

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los estándares en eLearning están en continua evolución, ampliándose a nuevas áreas. El objetivo es lograr sistemas de intercambio para toda la información involucrada en el proceso de eLearning: datos sobre los usuarios, datos sobre los resultados, datos económicos, etc.

La descripción de los recursos educativos mediante metadatos y tecnologías del Web semántico, permiten optimizar los procesos de búsqueda, identificar relaciones entre recursos y permitir la personalización de preferencias y rasgos particulares.

Los metadatos juegan un papel importante en la consecución de un nivel de interoperatividad entre diferentes comunidades con diferentes tipos de información y tecnología para crear nuevos y más poderosos tipos de información. Se aprecia un desarrollo parejo entre las propuestas sobre metadatos y la implementación del Web Semántico, que centra gran parte de sus trabajos actuales en torno a las *ontologías*. Una selección cuidadosa de atributos constituye un aspecto importante sobre la calidad en las infraestructuras de mediación e interoperabilidad.

La arquitectura de Elena esta basada en redes P2P y tecnologías de Web semántico, esta combinación abre nuevas direcciones prometedoras para la investigación del futuro. El esquema empleado para la descripción de recursos es actualmente RDF pero se plantea emplear ontologías como sistema semántico para la descripción de recursos educativos. Los resultados en el proyecto Elena son prometedores para el campo de la interoperabilidad y compartición de información.

Actualmente se evalúa la aplicabilidad del espacio inteligente en el campo de la educación y se analiza la perspectiva desde el punto de vista de organizaciones para diseñar espacios inteligentes en este campo.

En febrero del 2004 se ha lanzado el proyecto PROLEARN [22], una red de excelencia de profesionales europeos en el área del aprendizaje. La meta principal de PROLEARN es la integración de la

investigación europea superior en el área del aprendizaje. Además, tiene como objetivo el integrar la capacidad internacional de la investigación dentro de una red. Entre las actividades de la red de excelencia está el tema de la interoperabilidad y mediación de repositorios educativos.

Referencias

[1] IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries, New York: IEEE, 1990.

[2] AICC, Aviation Industry Computer-Based Training Committee. <http://www.aicc.org/>

[3] IEEE Learning Technology Standards Committee. <http://ltsc.ieee.org/>

[4] IMS Global Learning Consortium. <http://www.imsproject.org/>

[5] ADL, Advanced Distributed Learning Initiative, US Department of Defense. <http://www.adlnet.org/>

[6] ARIADNE – Foundation for the European Knowledge Pool <http://www.ariadne-eu.org>

[7] Dublin core metadata initiative. Retrieved October 4, 2003, <http://dublincore.org/>

[8] D. Brickley, R. V. Guha, W3C RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, <http://www.w3.org/TR/1998/WDrdf-schema/>, W3C Working Draft (Nov.2002).

[9] Simon, B., Miklós, Z., Sintek, M., & Salvachua, J. (2003). Smart space for learning: A mediation infrastructure for learning services. In Proceedings of the 12th World Wide Web Conference. Budapest. <http://www.elenaproject.org/>

[10] Anido, L. E., Fernández, M.J., Caeiro, M., Santos, J.M., Rodríguez, J.S., Llamas, M (2002). "Educational metadata and brokerage for learning resources." Computers & Education **38**: 351-374.

[11] Hodgins, W. (2001). IEEE LTSC Learning Technology Standards Committee P1484. ADLNET, USA.

[12] The centre for educational technology interoperability standards. (2003) *Who's doing what?*. <http://cetis.ac.uk/static/who-does-what.html>

[13] BERNERS-LEE, Tim-HENDLER, James and LASSILA, Ora (2001): *The Semantic Web*. en la rev. "Scientific American". Mayo 2001.

[14] GRUBER, Tom: *What is an Ontology?*. Stanford University.

[15] Wiederhold, G, Genesereth M. (1997). The Conceptual basis for mediation services. IEEE Computer, 38-46.

[16] W. Nejd, B. Wolf, C. Qu, S. Decker, M. Sintek, A. Naeve, M. Nilsson, M. Palmr, and T. Risch. Edutella: A p2p networking infrastructure based on rdf. <http://edutella.jxta.org/spec/gel.html>

[17] ULI, Universitärer Lehrverbund Informatik. <http://www.uli-campus.de/english/project.html>, 2001.

[18] EducaNext. (2003). EducaNext: A service for knowledge sharing. Retrieved October 4, 2003,

<http://www.educanext.org/whitepaper.pdf>

[19] T. R. Gruber. *Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, chapter Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing in Formal Ontology. Kluwer Press, 1993.

[20] M. Sintek and S. Decker. Triple–a query, inference, and transformation language for the semantic web. In *Proceedings of the International Semantic Web Conference (ISWC2002)*, Sardinia, Italia, June 2002.

[21] Brantner, S., Enzi, T., Guth, S., Neumann, G., & Simon, B. (2001). UNIVERSAL - Design and implementation of a highly flexible e-market place of learning resources. In R. Hartley, Kinshuk, T. Okamoto & J. P. Klus (Eds.), *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 215-218). Madison, USA: IEEE Computer Society.

[22] PROLEARN website en <http://www.prolearn-project.org>.