

LTCS (Learning Technologies and Collaborative Systems), UNED

M. Rodríguez-Artacho, J. Cigarrán, E. Julio Lorenzo, R. Centeno,
UNED

16 Juan del Rosal 28040 Madrid
{martacho, juanci, emiliojulio, rcenteno}@lsi.uned.es

Resumen: Este artículo presenta el trabajo reciente del grupo de tecnologías educativas y sistemas colaborativos de la UNED centrado en la recuperación y organización de contenido educativo a partir de fuentes estructuradas y no estructuradas mediante el uso de técnicas semánticas y de recuperación de información. En los trabajos recientes se aborda acceso a la web como repositorio de contenido educativo y se presentan diversas técnicas de agrupamiento y clasificación instruccional de recursos que pueden ser útiles tanto para la generación de metadatos automatizada como para facilitar la recopilación y autoría de material educativo.

Palabras clave: Autoría de material educativo, Generación automática de metadatos, clasificación semántica, ontología instruccional, análisis formal de conceptos, sistemas multi-agente

Abstract: This paper presents the latest research of LTCS group (educational technologies and collaborative systems) of UNED, focused on recovery and organization of educational content from structured and unstructured sources using semantic and information retrieval techniques. In recent work deals with access to the Web as a repository of educational content and presents various clustering and classification techniques instructional resources that can be useful both for automated metadata generation to facilitate the compilation and authorship of educational material.

Key words: Authorship of educational materials, automatic metadata generation, semantic classification, instructional ontology, formal analysis of concepts, multi-agent systems.

1. Presentación

El grupo LTCS nace a mediados de los años 90 de la mano de la catedrática Felisa Verdejo en el marco, por aquel entonces, del auge de los sistemas tutores inteligentes, como eje fundamental del uso de las TIC aplicadas a la educación.

A medida que diversos investigadores como J. I. Mayorga, B. Barros y M. Rodríguez-Artacho se van incorporando al grupo se diversifica al ámbito de investigación y se desarrollan las líneas actuales centradas en aspectos como la autoría, etiquetación y clasificación de recursos, el diseño de sistemas colaborativos, y la clasificación semántica y etiquetación automática. A comienzos de siglo se presentan los trabajos de tesis en sistemas de

etiquetación de los procesos constructivistas colaborativos como DEGREE (B. Barros) y se desarrolla PALO¹, un lenguaje de modelado educativo basado en ontologías instruccionales (M. Rodríguez Artacho).

El grupo adquiere más peso con la participación en proyectos europeos como CELEBRATE, DIVILaB y COLDEX. También en proyectos nacionales como ENLACE y EA2C2 en los que se desarrollan los trabajos de tesis de J. Vélez con el sistema PELICAN y C. Celorrio con la aplicación de arquitecturas multiagentes a la configuración de procesos colaborativos. Más recientemente, ya con M. Rodríguez-Artacho como IP del grupo, se ha

¹ <http://zope.cetis.ac.uk/content/20011015103421>

trabajado en la clasificación y etiquetación automática de recursos de la mano del proyecto CREASE (TIN2009), coordinado con la UCM (A. Navarro) en el que colaboramos con el grupo de PLN de la UNED y aplicamos los trabajos de análisis formal de conceptos desarrollados en el sistema JBraindead (J. Cigarrán) y también en el proyecto eMadrid financiado por la CAM junto con otras 6 universidades de Madrid. Las líneas actuales incluyen también la incorporación de modelos multiagente para la creación de modelos de confianza (R. Centeno) y los trabajos de J. I. Mayorga en taxonomías de recursos, agrupados en clases según su propósito instruccional.

2. Contexto de trabajo y áreas actuales

En el contexto de la autoría de material educativo, la localización manual de recursos didácticos y de calidad tanto en contextos no estructurados (Internet) como estructurados (repositorios) suponen una tarea compleja que implica un alto grado de interactividad con cualquier buscador, así como el conocimiento previo por parte del docente de técnicas de formulación de consultas que faciliten la recuperación y el acceso a aquellos recursos relevantes al objetivo didáctico que éste desea cubrir.

Esto implica la necesidad de desarrollar componentes software que mejoren este proceso de recopilación, organización y clasificación de los recursos, haciéndolo transparente al usuario de una herramienta de autoría. Dado que una búsqueda en Internet habitualmente genera una gran cantidad de resultados, se hace necesario definir técnicas que, basándose en la necesidad de información original del usuario (i.e. el tema acerca del cual pretende obtener recursos de aprendizaje con unos objetivos didácticos específicos), sean capaces de recuperar y filtrar un conjunto de resultados lo más preciso posible, así como separar el espacio de documentos recuperados de acuerdo a sus potenciales usos didácticos.

Entre las razones para el aprovechamiento de los recursos en abierto y del uso de la web como repositorio de contenido educativo están: a) una motivación basada en el agotamiento del modelo de acceso a recursos educativos basado únicamente en

repositorios estructurados, debido al coste de mantenimiento de la etiquetación manual de recursos b) la utilidad que supone complementar los contenidos existentes con otros recuperados de la web (acceso a recursos no estructurados) entendida como repositorio de recursos educativos c) la necesidad de proporcionar servicios software específicos para el soporte a la autoría integrables desde plataformas heterogéneas, d) la utilidad de disponer de servicios de búsqueda y recopilación de recursos que mejoren la autoría de contenido y la gestión del mismo en los entornos de enseñanza, mejorando el nivel de abstracción instruccional mediante la recomendación de recursos dependiendo de los contextos instruccionales, y e) la organización, clasificación y filtrado de recursos basada en resultados de actividades educativas y en objetivos de aprendizaje, con el fin de facilitar la visualización de material en herramientas de autoría.

En este momento, nuestra investigación actual se centra en el desarrollo de un servicio de recuperación, recomendación y organización automática de recursos extraídos de fuentes heterogéneas (i.e. estructuradas y no estructuradas) aplicando Análisis Formal de Conceptos [Cole 96] y mapas conceptuales. El objetivo es recuperar y filtrar un conjunto de resultados lo más preciso posible, así como de separar el espacio de documentos recuperados de acuerdo a sus potenciales usos didácticos. Por otro lado, con el objetivo de dotar a los recursos de capas de abstracción basadas en mapas conceptuales y proporcionar valores a parámetros de idoneidad, utilizaremos modelos basados en conceptos tales como confianza y reputación [Mcknight 96]. A partir de la información proporcionada por dichos modelos, construir un subsistema de organización de dominios que involucre tanto los contextos formales del FCA como los parámetros de afinidad utilizados para la recomendación de recursos. Por último, aprovechar la capacidad visual de los retículos de FCA para realizar una presentación de la información de más alto nivel.

3. Antecedentes y motivación del área de investigación del LTCS

Durante la última década, uno de los principales focos de atención en e-learning se ha relacionado con

la organización, el etiquetado y la recuperación de objetos de aprendizaje. Uno de los principales logros de aquel esfuerzo fue una creciente colección de repositorios de objetos de aprendizaje, [Duval et al. 2001] y un gran esfuerzo por la investigación en la generación de normas relacionadas con esquemas de metadatos [Duval et al. 2002] y la especificación de contenidos mediante estándares.

La autoría ha evolucionado de manera sustancial, debido principalmente al uso de herramientas que otorgan un rol de diseñador instruccional, creando sus propios objetos de aprendizaje que se han diseñado como unidades pedagógicas relacionadas entre sí, pero en sí misma para fomentar la reutilización en diferentes contextos educacionales [Polsani 2003]. Sin embargo, es conocida la dificultad de la mantenibilidad del etiquetado manual en los repositorios y la dificultad de proporcionar diferentes perspectivas pedagógicas sobre los mismos [Friesen, 2008; Hatala, 2004; Sicilia et al. 2003]. En este sentido, hay propuestas tanto en el desarrollo de sistemas de recomendación de contenidos, como en la de proporcionar arquitecturas basadas en etiquetación semántica [Manuselis et al. 2011; Koper 2004; Devedzic 04]. Al mismo tiempo, también nuestro grupo ha descrito en menor medida otras posibles aplicaciones de la web semántica en forma de etiquetación de nuevos recursos [Kloos & Artacho 2006, Cigarrán 2004], así como, que se ha desarrollado ampliamente el uso de ontologías didácticas y tecnologías de web semántica [Kinshuk 2004] y se han desarrollado mecanismos de inferencia para superar el trabajo de marcado manual [Henze, 2004]. En este contexto de la etiquetación y la clasificación de recursos, se sabe que hay un equilibrio entre la granularidad y el esfuerzo de catalogación [Wiley, 2000; Artacho et al. 2008] y desde una perspectiva social se han realizado aproximaciones al etiquetado mediante involucración de los propios usuarios [Vukoraki, 2010]. El problema, por tanto, del modelo de etiquetación manual tiene también una perspectiva pedagógica basada en la incapacidad para modelar de una manera flexible los procesos y métodos de aprendizaje del material de aprendizaje y la falta de un contexto pedagógico [Bodas et al. 2007]. Adicionalmente, la representación de los recursos ocupa otro aspecto central en la autoría. El uso de mapas conceptuales para clasificar conocimiento hay sido objeto de

estudio y se está descubriendo cómo una forma sencilla y flexible de organizar repositorios de aprendizaje. La herramienta VUE [Kumar 06] permite asociar a un mapa conceptual contenido de diversos repositorios no organizados en forma de objetos de aprendizaje (Flickr, Wikipedia, Sakai, etc). Por ejemplo [Dicheva 06] propone la herramienta TM4L, dónde se utilizan *topic maps* para crear una ontología dependiente del dominio; la aplicación *ConceptVista* [Gahegan 07] por otro lado utiliza mapas conceptuales para crear ontologías, de forma similar a TM4L.

El uso de contextos formales para la recuperación de información instruccional no ha sido muy explorado [Boon 2006]. En este sentido, la técnica del análisis formal de conceptos permite agrupar en retículos de clusters, documentos relacionados en función de diferentes contextos formales definidos ad-hoc para la búsqueda [Cole y Eklund, 1996; Ganter y Wille 1999]. Estas redes se pueden utilizar para extraer, a partir de un determinado conjunto de datos, una jerarquía conceptual, en cierto modo similar a una ontología, para ser explotados para la clasificación automática o el etiquetado de los contenidos de enseñanza. No hay muchos trabajos en esta zona haciendo un uso intensivo del FCA, y aquellos que hacen un uso significativo de éste, se centran más en la personalización, en lugar de en la autoría [Boon, 2006].

Tomando como base el trabajo previo realizado en el proyecto CREASE –mencionado anteriormente–, que se centra en la elaboración de contextos formales y la etiquetación semi-automática de recursos desde diferentes perspectivas pedagógicas [Mayorga et al. 2010] actualmente se trabaja en extenderlo al desarrollo de sistemas de representación que aprovechen la estructuración en retículos proporcionada por FCA y, por otro lado, mejorar la etiquetación mediante el uso de modelos basados en confianza y reputación, que permitan la recomendación de los distintos recursos. Este tipo de modelos han sido propuestos con éxito en el área de los sistemas multiagente, donde proveen a los agentes con expectativas sobre el comportamiento futuro de otros agentes del sistema, en base a su trayectoria de actuación en el propio sistema [Araber, 2001; Dong, 2004; Sabater, 2002]. De esta manera, la mayoría de estos mecanismos tienen como objetivo el soporte

para la creación de redes de confianza, en sistemas poco estructurados, lo que les lleva a ser muy útiles para el proceso de toma de decisión de los agentes, en particular, en la elección de compañeros de interacción. Esto es particularmente útil en sistemas abiertos regulados mediante mecanismos poco estrictos [Hermoso, 2004]. En este contexto, recientemente han aparecido varias propuestas de mecanismos basados en reputación, como complemento para evaluar la confianza en sistemas peer-to-peer en general [Sabater 2002; Munidar, 2004], y en sistemas multiagente en particular [Dong, 2004; Bin Yu, 2002; Sabater 2002; Hermoso 2004].

Todos estos mecanismos tienen en común la definición de la confianza (trust) como una combinación de, lo que se denomina *confidence*, la cual define un ratio local para evaluar las experiencias directas almacenadas y, reputación, que nos permite evaluar las opiniones de otros sobre una tercera parte [Sarvapali, 2003]. Por otro lado, en la computación orientada a servicios se ha investigado cómo mejorar la selección de servicios [Fernandez 2006], combinando los mecanismos basados en confianza con técnicas de *machtmaking* [Elgedawy, 2005], de tal manera que los clientes utilizan la idea de confianza sobre proveedor de servicios, para obtener los servicios que mejor encajan con el que realmente están buscando [Billhardt et al. 2007].

3. Recuperación y clasificación de recursos didácticos no estructurados

El trabajo actual, como hemos mencionado, se centra en la obtención de recursos a partir de fuentes no estructuradas (Internet) y la recomendación de los mismos, de tal manera que faciliten la creación de materiales didácticos, así como su inclusión en procesos instruccionales. Además, debemos tener en cuenta que el paradigma de visualización y exploración proporcionado por cualquier buscador web comercial no está orientado al dominio didáctico, lo que supone que los recursos recuperados no sean presentados de manera adecuada para fines educativos y, por tanto, no exista un modelo navegacional basado en relaciones instruccionales. Nuestro trabajo incluye la aplicación de técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), Recuperación de Información (RI) y Análisis Social,

que faciliten los procesos de generación de consultas y el filtrado y recomendación de los recursos recuperados, así como la organización de los resultados obtenidos de acuerdo a parámetros instruccionales concretos o a la temática de los propios contenidos recuperados.

3.1 Expansión automática de consultas

Una de las primeras tareas que es necesario abordar a la hora de recuperar cualquier tipo de recurso de Internet es la generación de un conjunto de consultas lo suficientemente precisas como para obtener el mayor número de recursos relevantes relacionados con la temática buscada. En el caso de los recursos didácticos este problema se acentúa aún más, ya que en este proceso de búsqueda intervienen nuevos parámetros relacionados con el uso que el autor pretende dar a los recursos recuperados. Por ejemplo, se pueden estar buscando recursos relacionados con el *Teorema de Pitágoras* pero con finalidades diferentes, tales como, la generación de un examen, que el alumno conozca su definición y fórmula o realice algún ejercicio específico. De este modo, no todos los recursos relacionados con una temática concreta resultan ser relevantes para la tarea a la que se desean aplicar. Por tanto, en base a la expansión de las consultas a partir de taxonomías instruccionales tales como la taxonomía de Bloom [Mayorga 2012], se abordará dicho problema.

Para ello, se modelará cada uno de los objetivos didácticos mediante un conjunto de términos o descriptores lo suficientemente representativos como para favorecer la recuperación de Internet de este tipo de recursos. Suponiendo que el usuario es capaz de expresar sus necesidades de búsqueda acerca de una temática concreta de manera precisa y sin ambigüedades, el proceso de expansión se basa en la combinación de la consulta original con el conjunto de términos asociados al objetivo didáctico sobre el que se desean obtener resultados. De este modo, podemos considerar el conjunto de descriptores utilizado para expandir, como un modelo del lenguaje capaz de representar cada uno de los objetivos tal y como los usuarios de Internet los expresan cuando generan contenidos didácticos.

3.2 Anotación de los recursos recuperados

El proceso descrito en la sección anterior permite generar las consultas necesarias para obtener un conjunto de resultados de búsqueda de cualquier motor de búsqueda comercial (e.g. Google, Yahoo!, etc.). Una vez recuperados, es necesario anotarlos con el fin de describir cada uno de ellos en función de los objetivos de aprendizaje para los que son útiles. Para realizar esta tarea, se propone una aproximación no semántica basada en la ocurrencia de los descriptores en cada uno de los recursos recuperados. De este modo, cada recurso es anotado no sólo con los descriptores que éste contiene, sino también con información de más alto nivel relacionada con los procesos cognitivos y los tipos de conocimiento que estos descriptores modelan.

3.4 Organización de recursos recuperados utilizando FCA

Desde nuestro punto de vista, el uso de FCA en el dominio del e-learning y, más concretamente, para tareas orientadas a la organización de recursos en base a objetivos didácticos o contenidos, puede facilitar la estructuración y clasificación automática del conjunto de recursos recuperados y posteriormente anotados. El uso de FCA con estos fines puede considerarse una aproximación de *clustering* basado en retículos, cuya utilidad en tareas de exploración y acceso a la información en escenarios de Recuperación de Información ha sido demostrada en diversos trabajos [Cigarran 2004, Cigarran 2005, Carpineto 2004].

El elemento principal en la teoría del FCA es el *concepto formal*. Un concepto formal se define a partir de su extensión y su intensión. La extensión de un concepto cubre todos los objetos (i.e. entidades o instancias) que pertenecen al concepto, mientras que su intensión representa todos los atributos (i.e. propiedades o características) compartidos por todos los objetos de la extensión. Los conceptos formales pueden obtenerse automáticamente a partir de una entidad matemática, denominada contexto formal, que representa el conjunto de objetos y atributos que modelan un dominio concreto y que se encuentran relacionados mediante una relación de incidencia que conecta ambos conjuntos.

En este caso específico, el conjunto de objetos estará representado por el conjunto de documentos o recursos recuperados de Internet, mientras que el conjunto de atributos se podrá representar a partir de las anotaciones generadas. Esto permite realizar una organización de la información recuperada desde diferentes perspectivas, considerando de manera independiente las anotaciones relacionadas con los objetivos de aprendizaje, con las temáticas o con su relevancia social. Una vez seleccionada la perspectiva sobre la que se desea explorar los contenidos recuperados, el contexto formal puede generarse definiendo una relación de incidencia por cada recurso que se encuentre anotado por cada uno de los atributos considerados.

El resultado de aplicar el Teorema Fundamental del FCA al contexto formal obtenido, es un conjunto ordenado (i.e. bajo una relación de generalización-especialización) de conceptos formales sobre un retículo. Una de las características principales de un retículo frente a otras estructuras tales como los árboles o las jerarquías, es que éstos disponen de herencia múltiple, lo que facilita el acceso a un concepto formal desde diferentes itinerarios. Esto hace que las tareas de exploración y descubrimiento de relaciones resulten mucho más intuitivas para el usuario.

4 Recuperación de recursos didácticos a partir de recursos estructurados

En el marco de los repositorios, la búsqueda está guiada bien por los esquemas de metadatos, bien por la organización de relaciones y taxonomías entre los recursos. Hasta ahora se ha explicado la recuperación de contenidos de fuentes no estructuradas. De esa forma se ayuda a crear recursos educativos que pueden ser utilizados por los estudiantes. El escenario pedagógico consistirá en que, a partir de los conocimientos teóricos aprendidos, los estudiantes deberán realizar actividades pedagógicas prácticas para consolidar el aprendizaje. Durante la interacción, los estudiantes generan resultados parciales como fruto de su interacción con aplicaciones o herramientas educativas. Estos productos son almacenados dentro de un repositorio de objetos de aprendizaje (LOR, *Learning Object Repository*) en forma de objetos de aprendizaje emergentes (*Emerged Learning Object*) [Hoppe 05]. Estos

resultados pueden ser reutilizados para otra actividad posterior, por los mismos estudiantes que los crearon o por otros diferentes, por ejemplo en actividades colaborativas [Koschmann 96; Verdejo et al. 06]. La sección anterior de recuperación difiere en este contexto, ya que los recursos educativos están bien documentados (a través de los metadatos de los objetos de aprendizaje) y almacenados de una forma más estructurada (en repositorios de aprendizaje).

La recuperación de objetos desde un repositorio se realiza, tradicionalmente, mediante búsqueda textual con metadatos. Sin embargo, este método puede resultar insuficiente para actividades constructivistas y colaborativas [Mayorga 07]. A esta limitación hay que añadir los resultados generados, por herramientas software, en actividades educativas puede que no tengan siempre la calidad mínima deseable. En un entorno tradicional, donde los recursos educativos son creados por los diseñadores instruccionales y utilizados por los estudiantes, la calidad está abalada por el diseñador instruccional o el profesor como experto de la materia. Por ejemplo, en la recuperación de entornos no estructurados, se desechará todo el contenido encontrado que no sea útil, antes de crear el recurso educativo. En el caso de objetos creados por los estudiantes no se puede presuponer esa calidad. El objeto puede estar incompleto, al no terminar la actividad a tiempo y no completarlo posteriormente; puede ser incorrecto, al crearse de forma inadecuada, por desidia o mala intención del estudiante; o puede que no tenga el nivel requerido para ser significativo.

4.1 Búsquedas guiadas por modelos de confianza

La línea de trabajo más reciente del grupo se centra en solventar en parte las anteriores limitaciones haciendo uso de los modelos de confianza. Se propone dotar al proceso de recuperación de los objetos almacenados en un repositorio, de una mayor abstracción. Para ello, se utilizarán modelos de confianza y reputación en sistemas multiagente. En estos sistemas, cada usuario, representado por un agente, podrá realizar búsquedas en el sistema, en base a criterios de confianza sobre el resto de usuarios y sobre los propios objetos. De esta manera, los usuarios, por medio de los agentes, podrán guiar la recuperación de objetos en el repositorio, en base a

dos criterios principales: 1) la confianza que le ofrezcan el resto de usuarios que han aportado contenido (por ej. en términos de su actuación en el repositorio) y 2) la confianza que les proporcionen los distintos objetos, evaluados en base a diferentes dimensiones (por ej. en base a las opiniones vertidas sobre él, por terceras partes). Estas dimensiones incluyen: calidad general, completitud, adecuación a la actividad, etc. De esta forma, el proceso de recuperación será mejorado mediante la inclusión de recomendaciones en base a clasificaciones de confianza, tanto de usuarios, como de objetos de un repositorio.

La confianza podrá estar basada, tanto en la experiencia previa acumulada por el agente interactuando con el repositorio, como en base a opiniones de la experiencia de otros agentes (reputación). Además, este mecanismo contextualiza tanto los objetos, como los usuarios, a la hora de evaluar la confianza en ellos. Esto es debido a que dependiendo del contexto o de la tarea a evaluar unos recursos serán más útiles que otros. En este sentido, se fomenta la reutilización, colaboración y discusión en las actividades. Los estudiantes harán uso de la experiencia previa de otros compañeros para ayudar a decidir qué recurso es el más adecuado en cada circunstancia. Un caso de uso puede ser el del trabajo en un entorno virtual donde los estudiantes tienen una actividad final de consolidación, clasificación y evaluación del conocimiento adquirido tras la intervención en actividades con resultados parciales. Para realizar esta actividad final se utilizan técnicas de construcción y completado de mapas conceptuales, que se han demostrado idóneas para esos objetivos. Sobre un mapa conceptual, que representa el conocimiento teórico de la materia a estudiar, los estudiantes han de situar los resultados de las actividades prácticas de diferentes grupos [J. Lorenzo 11]. Normalmente, este enfoque es abordado por los estudiantes mediante la inspección uno a uno de los objetos, hasta elegir el más adecuado. Esta tarea fomenta una discusión argumentativa [Linn 04], pero el conocimiento implícito sobre los recursos educativos, resultado de la tarea, no puede ser usado por posteriores grupos. Además, la búsqueda de los resultados puede ser ardua y los objetos no siempre son de la suficiente calidad, tal y cómo se comentó anteriormente.

Para mejorar la interpretación de los mapas resultantes se usarán técnicas de FCA, con el objetivo de normalizar los nombres y relaciones utilizados [Mayorga 10, Mayorga 2012, Rodríguez-Artacho 10]. De esta manera, los mapas pueden ser computables, lo que permite realizar comparaciones entre ellos de forma automática. Estas comparaciones pueden servir de herramienta de evaluación del conocimiento adquirido. Al comparar los mapas individuales de un mismo grupo, con el generado colaborativamente, se pueden apreciar las diferencias en el plano cognitivo de cada uno de los estudiantes tras realizar la actividad colaborativa. También puede servir de método de evaluación tradicional, comparando el mapa de los estudiantes con otro creado por el profesor. Estas comparaciones se pueden realizar mediante métodos de agregación de mapas conceptuales en [Lorenzo 11]. Así, se obtiene una representación visual de las divergencias cognitivas entre lo aprendido por los estudiantes y lo esperado.

4.2 Organización de repositorios de objetos de aprendizaje mediante mapas conceptuales

Los mapas conceptuales permiten clasificar los objetos de aprendizaje dentro de un repositorio, según criterios dependientes del usuario y no impuestos normativamente. De esta forma se crean diferentes perspectivas o vistas del repositorio. La clasificación del éste se realiza asociando un grupo de objetos a cada concepto o relación. Esta asociación se explicita mediante la declaración de una búsqueda parametrizada basada en metadatos. Por ejemplo, se puede asociar todos las observaciones tomadas en una actividad de observación en entornos naturales; todos los resultados de una actividad de consolidación del conocimiento; todos los artefactos necesarios para configurar una herramienta educativa determinada. Cómo se puede ver estas clasificaciones no tienen por qué ser completas respecto de todo el repositorio ni excluyentes entre sí. Es decir, un objeto puede aparecer en diferentes nodos o relaciones del mismo mapa.

Al estar el repositorio compuesto de diferentes tipos de objetos, cada uno con esquemas de metadatos diferentes [Verdejo 06], es difícil definir una ontología dependiente del dominio para clasificarlos. Además, el desarrollo y mantenimiento de ontologías

es complejo, estando la herramienta orientada para su uso por profesores y no sólo por desarrolladores instruccionales, más habituados. En este contexto, se usarían ontologías únicamente para complementar el mapa conceptual en caso de tratarse de una clasificación basada en un dominio conocido. Pero en caso de querer el diseñador instruccional clasificar según actividades prácticas, desarrolladas para explicar un determinado concepto teórico, serían más complejas de utilizar.

4.3 Incrementando la semántica de los objetos de aprendizaje

Al usar mapas conceptuales, tanto para clasificar contenido como en actividades de consolidación o evaluación, se contextualizan los objetos, añadiendo información semántica. Las relaciones y conceptos asociados pueden actuar como metadatos implícitos de contextualización. Esto dependerá del tipo de criterios de clasificación o de tarea en la que se utilice el mapa. Esto es, de modo similar a como lo hace una ontología, aunque no formal. En este punto hay que diferenciar los dos tipos de conceptos que pueden tener los mapas, basados en [Dicheva, 2006]: Aquellos con objetos asociados (*concept topics*) y los que actúan como metadatos, al no tener asociados ningún objetos (*utility topics*). También se obtiene un valor añadido utilizando diferentes representaciones gráficas. Por ejemplo, figuras y colores diferentes identifican diferentes tipos de conceptos.

Para crear las clasificaciones pueden ofrecerse una serie de conceptos y relaciones previamente creados por los diseñadores instruccionales o profesores. Esto posibilita crear un vocabulario único y acercarse al uso de taxonomías ontológicas dependiendo del dominio. La utilidad de estas clasificaciones no sólo está en la recuperación más sencilla de información, si no también en la posibilidad de utilización en diversos escenarios pedagógicos, como los de reflexión y organización temática. En el primero los alumnos deben ordenar un conjunto de conceptos de la forma que ellos crean más adecuada. Para ayudarles en la clasificación tienen disponible, los objetos de aprendizaje creados correspondientes a cada concepto, de forma que pueden ver múltiples ejemplos de su uso. Así, les ayudará a comprender mejor la finalidad y objetivos pedagógicos de los

conceptos. Esta actividad puede ser supervisada por el profesor, proponiendo los conceptos a ordenar o puede dejarse abierta a los alumnos; que ellos mismos elijan los más representativos. Esta última forma de actuar puede ayudar a crear situaciones de discusión y dialogo. Los resultados obtenidos pueden ser usados por el profesor cómo medio de evaluación, de forma similar a la evaluación tradicional con los mapas conceptuales. Otra alternativa de evaluación es proponer a los estudiantes crear un mapa inicial, tras la exposición teórica, pero antes de las actividades prácticas. Posteriormente, se realizará otro mapa, incluyendo los objetos creados en las actividades. Comparando ambos mapas se puede ver el cambio conceptual ocurrido en el plano cognitivo por parte de los alumnos tras realizar las prácticas y si estos han relacionado correctamente la teoría y su aplicación [Lorenzo 11]. El segundo escenario propuesto es la organización temática de los productos que generan en las diversas actividades pedagógicas, por parte de los profesores. Pueden organizar las plantillas según su temática o área de aplicación. De esta forma se tendría otra vista diferente del repositorio y se podrían añadir relaciones. Por ejemplo, agrupar aquellos objetos involucrados con matemáticas y por otro lado los relacionados con las ciencias naturales. Las relaciones indicarían una clasificación de esas áreas en subáreas, junto con las relaciones entre subáreas de diferentes dominios. Por ejemplo, un tipo de objeto para recoger datos de la sombra de un árbol puede ser clasificado asociado al concepto de temática “ciencias naturales” y a su vez tener una relación “se calcula la altura del árbol” al concepto “trigonometría” perteneciente a “matemáticas”. Estos conceptos no tendrían asociados ningún objeto, ya que actuarían cómo *utility topics*.

La integración de mapas conceptuales y repositorios y su evaluación se ha realizado mediante la herramienta COMET [Lorenzo, 2011b], basada en el motor gráfico de mapas conceptuales CM-ED [Larrañaga, 2002]. Esta herramienta incorpora comunicación con el LOR para poder realizar búsquedas y asociar objetos directamente desde su interfaz. Además incorpora módulos para conectarse a un modelo social independiente (LMS), en este caso Pelican [Vélez 07]. Para poder acceder al contenido de los objetos se utiliza la utilidad CARDS-Metamodel [Lorenzo 10] [Lorenzo 11b] [Lorenzo

12]. De esta forma todas las salidas o recursos de configuración de las herramientas tienen el mismo formato y se puede visualizar en formato de formulario Web sin necesidad de la presencia de la herramienta que lo creó. Por ejemplo, podemos ver el resultado de una actividad de consolidación del conocimiento sin necesidad de tener acceso a la aplicación COMET.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación en el proyecto TIN2009-14317-C03 y de la Comunidad de Madrid mediante el proyecto eMadrid S2009-TIC1650.

Referencias

- [Arroyo 04] Arroyo, L., Dicheva, D. (2004). The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web. *Educational Technology & Society*, 7 (4), pp. 59-69.
- [Billhardt et al. 2007] H. Billhardt, R. Hermoso, S. Ossowski and R. Centeno. Trust-based service provider selection in open environments. In 22nd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC2007), Seoul, Korea, pp. 1375-1380, 2007.
- [Boon 06] Boon, T. C. & Kheng G. R (2006) A Knowledge-Driven Model to Personalize E-Learning in *ACM Journal of Educational Resources in Computing*, Vol. 6, No.1
- [Castelfranchi 01] C. Castelfranchi and Y. Tan. The role of trust and deception in virtual societies. In *Proc. of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 7, pp. 1530–1605, 2001. IEEE Computer Society.
- [Castelfranchi 98] C. Castelfranchi and R. Falcone. Principles of trust for mas: Cognitive anatomy, social importance, and quantification. In *Proc. of the 3rd International Conference on MAS*, pp. 72–79, 1998. IEEE Computer Society
- [Cole 96] Cole, R, Eklund, P. (1996) Applications of Formal Concept Analysis to Information Retrieval Using a Hierarchically Structured Thesaurus Conceptual Structures: Knowledge Representation as Interlingua, Springer Verlag, New York.

- [Dicheva 06] Dicheva, D. and Dichev, C. (2006), TM4L: Creating and browsing educational topic maps. *British Journal of Educational Technology*, 37: 391–404
- [Devedzic 04] Devedzic, D. (2004) Education and the semantic web in *Journal of AI in Education Vol 14* 39-65 IOS press
- [Dicheva 06] Dicheva, D. and Dichev, C. (2006), TM4L: Creating and browsing educational topic maps. *British Journal of Educational Technology*, 37: 391–404.
- [Dong 04] T. Dong Huynh, Nicholas R. Jennings, and Nigel R. Shadbolt. (2004) Developing an integrated trust and reputation model for open multi-agent systems. *Workshop on Trust in Agent Societies*, 2004.
- [Duval 02] Duval, E. et al. (2002) Metadata Principles and Practicalities in *D-Lib Magazine April 2002 Volume 8 Number 4 ISSN 1082-9873*
- [Ed 08] EdReNe (2008) EdReNe: Current State of Educational Repositories – National Overview, Project Deliverable, Aarhus, Denmark, Uni-C, Retrieved 14 July, 2009
- [Elg 05] Islam Elgedawy, Zahir Tari, and James A. Thom. A high-level functional matching for semantic web services. In *ICSOC'05* pp. 115–129.
- [Fer 06] Alberto Fernández, Matteo Vasirani, César Cáceres, and Sascha Ossowski. Role-based service description and discovery. In *SOCABE'06*, pp. 1–14, 2006.
- [Gahegan 07] Gahegan, M., Agrawal, R. Banchuen, T., DiBiase, D. (2007) Building rich, semantic descriptions of learning activities to facilitate reuse in digital libraries. In “*International Journal on Digital Libraries*”, pp: 81-97 vol 7 issue 1
- [Ganter 99] Ganter, B. & Wille, R. *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer, 1999.
- [Henze 04] Henze, N., Dolog, P., & Nejdil, W. (2004) Reasoning and Ontologies for Personalized E-Learning in the Semantic Web. *Educational Technology & Society*, 7(4), 82-97.
- [Gahegan 07] Gahegan, M., Agrawal, R. Banchuen, T., DiBiase, D. (2007) Building rich, semantic descriptions of learning activities to facilitate reuse in digital libraries. In “*International Journal on Digital Libraries*”, pp: 81-97 vol 7 issue 1
- [Her 06] Ramón Hermoso, Holger Billhardt, and Sascha Ossowski. Integrating trust in virtual organisations. In *Workshop on Coordination, Organization, Institutions and Norms in agent systems (COIN)*, pp. 121–133, 2006
- [Hoppe 05] Hoppe. Ulrich, H.; N. Pinkwart, M. Oelinger, S. Zeini, F. Verdejo, B. Barros, and J.L. Mayorga, (2005) "Building Bridges within Learning Communities through Ontologies and Thematic Objects". *Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)*, Taiwan, 2005
- [Knight 06] Knight, C., Gašević, D., & Richards, G. (2006). An ontology-based framework for bridging learning design and learning content. – *Educational Technology & Society*, 9, pp 23 – 37
- [Kallonis 10] Kallonis, P., & Sampson, D. G. (2010). Examining Learning Object Repositories from a Knowledge Management Perspective. *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* pp. 289-293
- [Koschmann 96] Koschmann, T. “Paradigm shifts and Instructional Technology: An Introduction”, en *CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm*. Lawrence Erlbaum Associates, pp. 1-23
- [Kumar 06] Kumar, A.; Kahle D.J. (2006) Vue: A Concept Mapping Tool for Digital Content. In *procs Int. Conference on Concept Mapping*, 2006
- [Koper 04] Koper, R. (2004). Use of the Semantic Web to Solve Some Basic Problems in Education. *Journal of Interactive Media in Education*, 6, Special Issue on the Educational Semantic Web
- [Kumar 06] Kumar, A.; Kahle D.J. (2006) Vue: A Concept Mapping Tool for Digital Content. In *procs Int. Conference on Concept Mapping*, 2006
- [Larrañaga 02] Larrañaga, M., Rueda, U., Elorriaga, J.A., Arruarte A. (2002) Using CM-ED for the Generation of Graphical Exercises Base on Concept Maps. In *Proc. of the ICCE'02*, pp. 173
- [Linn 04] Linn, M. C., Davis, E. A. and Bell, P. "Inquiry and Technology". In: Linn, M. C., Davis, E. A. and Bell, P. (Eds.), *Internet Environments for Science Education*. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 3-27

- [Lorenzo 10] Lorenzo, E.J., Verdejo, M.F. (2010) , "CARDS: A Metamodel Approach to Aggregate Outcomes of Learning Tools," *Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2010 IEEE 10th International Conference on , vol., no., pp.156-157, 5-7 July 2010 doi: 10.1109/ICALT.2010.50
- [Lorenzo 11a] Lorenzo, E.J.; Verdejo, M.F.; (2011a), "Modelling the Aggregation of Multimedia Data to Connect the Inputs and Outcomes of a Variety of Tools," *Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2011 11th IEEE International
- [Mcknight 96] D.H.Mcknight and N.L. Chervany. The meanings of trust. Technical report, University of Minnesota, 1996.
- [Lorenzo 11b] Lorenzo, E.J.; Rodriguez-Artacho, M.; Blanco, B.; "Using Collaborative Concept Maps for Coordination and Knowledge-sharing in Learning Communities for Science", In the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2011, pp. 558-562, 6-8
- [Mayorga 07] Mayorga, J.I., Celorrio, C., Lorenzo, E.J., Vélez, J.,Barros, B.,Verdejo, M.F. (2007) "Comunidades virtuales de aprendizaje colaborativo: de los metadatos a la semántica" *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* ISSN: 1137-3601 Vol 11 Número 33, pp. 47-60
- [Manuselis 11] N. Manuselis et al. (2011) *Recommender Systems in Technology Enhanced Learning* Ed. Springer Verlag ISBN 978-0-387-85820-3 Computer Science Series
- [Mayorga 10]. Mayorga, J.I., Cigarrán, J., Rodríguez-Artacho, M. (2010) Retrieval and clustering of web resources based on pedagogical objectives. In S. and (Ed.), *Avances en Ingeniería del software aplicada al e-learning*, pp. 1–7
- [Mayorga 2012] Mayorga, J.I., Cigarrán, J., Vélez, J., Rodríguez-Artacho, M., 2012. An Architecture for retrieving and organizing web resources for didactic purposes in *Journal of Research and Practice in Information Technology* (in review).
- [Rodriguez-Artacho 10] Rodriguez-Artacho et al. (2010). Enhancing authoring, modelling and collaboration in e-learning environments: UNED research outline in the context of E-Madrid excellence network. In *IEEE Education Engineering (EDUCON)*, 2010, pp. 1137–1144.
- [Sabater 02] J. Sabater and C. Sierra. Social regret, a reputation model based on social relations. *ACM SIGecom Exchanges*, 3(1):44–56, 2002
- [Sabater 02] Jordi Sabater and Carles Sierra. Reputation and social network analysis in multi-agent systems. In *Proceedings of the AAMAS'02*, pp. 475–482, NY, USA, 2002. ACM Press.
- [Sar 03] Sarvapali D. Ramchurn, Carles Sierra, Lluís Godó, and Nicholas R. Jennings. A computational trust model for multi-agent interactions based on confidence and reputation. In *Proceedings of 6th International Workshop of Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*, pp. 69–75, 2003.
- [Vélez 07] Vélez, J., Verdejo, M. F., 2007. Modelado arquitectónico de la plataforma pelican para la implantación de entornos colaborativos de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa* (6), 47-62
- [Verdejo 06] Verdejo, M.F., Celorrio, C., Lorenzo, E.J., Sastre, T. (2006) "An Educational Networking Infrastructure Supporting Ubiquitous Learning for School Students" *Proc. ICALT*, July 2006. pp. 174-178
- [Vuo 10] Vuorikari, R., Pöldoja, H., Koper, R. Comparison of educational tagging systems - any chances of interplay? *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 2(1/2), 111-131, 2010
- [Wille 82] Wille, R. In: *Ordered Sets*. pp. 445-470. Prentice Hall, 1982.
- [Wille 92] Wille, R. *Concept Lattices and Conceptual Knowledge Systems*. *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 23, pp. 493-522, 1992.
- [Yan 07] B. Yan, R. Jean Marc "Developing a robust authoring annotation system for the semantic web" *ICALT 2007*, pp. 391-395
- [Yu 04] Bin Yu, Munindar P. Singh, and Katia Sycara. Developing trust in large-scale peer-to-peer systems. In *Proceedings of 1st IEEE Symposium on Multi-Agent Security and Survivability*, pp. 1–10, 2004.
- [Yu 02] Bin Yu and Munindar P. Singh. An evidential model of distributed reputation management. In *Proceedings of the AAMAS'02*, pp. 294–301, NY, USA, 2002. ACM Press.