

Ontologías mixtas para la representación conceptual de objetos de aprendizaje

Haliuska Hernández Ramírez

Universidad Agraria de la Habana, Cuba
haliuska@isch.edu.cu

Maximiliano Saiz Noeda

Universidad de Alicante, España
max@dlsi.ua.es

Resumen: En materia de aprendizaje virtual, son numerosos los recursos que existen y se almacenan en repositorios. La tendencia hacia la estandarización de estos almacenes ha contribuido a mejorar la compartición, búsqueda y recuperación de la información, además de fomentar la interoperabilidad entre las diferentes plataformas existentes. Los metadatos que siguen estos estándares aportan información básicamente sintáctica, por lo que se hace necesaria una estructura semántica que la enriquezca. En este artículo se propone la representación del conocimiento vinculado a los Objetos de Aprendizaje (OAs) ubicados en un repositorio. Nuestra aproximación se basa tanto en el diseño de una ontología que describa la semántica existente en los metadatos así como en la definición de un marco de trabajo sobre ontologías multilingües, relacionadas entre sí por una conceptualización interlingua que describa los dominios de los diversos OAs existentes en los repositorios.

Palabras clave: ontologías, e-learning, objetos de aprendizaje, ontología interlingua

Abstract: Lot of resources in virtual learning are stored in repositories. The tendency towards standardization of these repositories has improved information sharing, searching and retrieval and fomented the interoperability among existing platforms. The metadata essentially contribute basic syntactic information, so it is necessary a semantic structure to enrich Learning Objects (LOs) management into the repositories. In this paper, the knowledge representation related to the LOs in the repository is proposed. Our approach is based in the design of an ontology to describe metadata semantic and in the definition of a framework with multilingual ontologies to describe different domains for the existing LOs. These domain ontologies can be linked one each other through an interlingua conceptualization.

Keywords: ontologies, e-learning, learning objects, interlingua ontology

1 Introducción

El incremento sustancial de información en Internet y la necesidad de aprovechar al máximo la gran cantidad de recursos disponibles, han dado a la luz proyectos como la Web Semántica. Esta iniciativa ha estado marcada por el uso de técnicas de representación del conocimiento, con el objetivo de que los ordenadores, además de representar la información almacenada, sean capaces de entenderla y gestionarla inteligentemente. En este proyecto confluyen la Inteligencia Artificial y las tecnologías web y se proponen nuevas técnicas y paradigmas para la representación del conocimiento que contribuyan a la localización e integración de recursos a través de la www (Berners-Lee,

2001). La web semántica se apoya en la utilización de ontologías como vehículo para cumplir este objetivo (Gruber, 1993).

En la misma medida que la información en la Web se incrementa, también lo hacen los recursos que pueden utilizarse en el sector educativo. El término “objeto de aprendizaje” (OA) ha surgido con la finalidad de compartir recursos y reutilizarlos en el dominio del e-learning. Esta definición es aplicable a los materiales digitales creados como pequeñas piezas de contenido o de información (Wiley, 2000) con el objetivo de que puedan ser utilizados en diferentes escenarios educativos.

Estos objetos actualmente se organizan en repositorios y son descritos a través de estándares que contribuyen a la interoperabilidad entre las diferentes

plataformas del dominio. Existen diferentes iniciativas de estándares para describir OAs (LOM, Dublin Core, IMS, SCORM, ...). Aún así la gestión de objetos de aprendizaje dentro de los repositorios no es óptima sólo con la aportación sintáctica de los metadatos. Se hace necesario incorporar una aportación semántica que describa efectivamente a los OAs, metadatos y las relaciones OA-OA y OA-metadatos. De aquí que el uso de las ontologías no se reduce sólo al ámbito de la Web Semántica sino que se ha extendido al dominio del e-learning, dando lugar a numerosas iniciativas ontológicas que contribuyen a una efectiva gestión tanto interna como externa de los OAs en los repositorios.

Los repositorios actuales de OAs, tales como MERLOT¹, ARIADNE², EDNA³ y CAREO⁴, proporcionan un soporte para albergar los objetos y sus metadatos (aunque pueden también almacenar sólo metadatos y una referencia a la ubicación física del recurso). En estos repositorios se garantiza una búsqueda más estructurada que la que se realiza a través de la Web, aunque también permiten revisiones cooperativas de los OAs, de modo que la calidad de la información es cuestionada por los diferentes usuarios del repositorio. La desventaja de estos almacenes es que carecen “de un modelo conceptual que establezca qué es un objeto de aprendizaje y qué descriptores de metadatos hay asociados a cada una de las diferentes conceptualizaciones” (Soto, García, Sánchez, 2006). La información que definen los diferentes estándares es de propósito descriptivo y no está orientada a ser procesada por agentes de software, por lo que se dificulta la generación de conocimiento y la autonomía de agentes que puedan interactuar en los diferentes procesos de un repositorio (búsqueda, recuperación, etiquetado, etc.).

Una de las iniciativas desarrolladas en esta línea es el proyecto LOR@⁵, (Iriarte et al., 2006) que propone una arquitectura para el uso de repositorios de OAs. Dentro de esta arquitectura se ha desarrollado el repositorio

LoraServer y se han implementado otras aplicaciones periféricas para la creación de metadatos, la indexación o la búsqueda de OAs.

Una de las particularidades de este repositorio es el uso del formato Virtua MetaData (VMD) para describir los OAs que se incorporan a este almacén. VMD no es un estándar, sino un tipo de metadato genérico que agrupa los diferentes estándares existentes más empleados (IMS-MD, LOM, SCORM, IMS-LD, CanCore, Dublin Core). La utilización de VMD permite la importación de OAs descritos en cualquier formato o incorporar nuevos objetos, así como la exportación de OAs descritos en el marco cualquiera de los estándares mencionados.

A partir de este proyecto, en este artículo se propone el modelado de una ontología para la representación de OAs en repositorios de tipo LOR@, además de la utilización de diferentes ontologías de dominio multilingües que describen los principales conceptos y relaciones existentes en los diversos dominios educativos.

2 Propuesta de ontologías mixtas

2.1 Ontologías educacionales

Se considera una ontología educacional a cualquiera que pueda ser utilizada en la enseñanza basada en tecnologías Web. Podemos clasificar las ontologías educacionales de la siguiente forma (Devedzic, 2006):

- Ontología de dominio: describe los conceptos esenciales, relaciones y teorías de los diferentes dominios de interés.
- Ontología de tareas: los conceptos y relaciones que se incluyen en este tipo de ontología pertenecen a los tipos de problemas, estructuras, partes, actividades y pasos a seguir en el proceso de solución de problemas.
- Ontología para la estrategia de la enseñanza: provee instructores y actores con la facilidad de modelar experiencias en la enseñanza, especificando el conocimiento y los principios de las diferentes acciones pedagógicas y comportamientos.
- Ontología de modelo de aprendizaje: se utiliza para construir modelos y es esencial para los sistemas que representan escenarios de aprendizaje adaptativo.
- Ontología de interfaz: especifica el comportamiento adaptativo y las técnicas en el nivel de interfaz de usuario.

¹ <http://www.merlot.org/>

² <http://www.ariadne-eu.org/>

³ <http://www.edna.edu.au/edna/page1.html>

⁴ <http://careo.ucalgary.ca/>

⁵ http://wiki.contenidos-abiertos.org/doku.php/uaes:universidad_de_alicante_espana

- Ontología de comunicación: se utiliza en el intercambio de mensajes entre las diferentes plataformas, repositorios y servicios educativos. Define la semántica en que se basarán los mensajes, por ejemplo, el vocabulario de términos que se utilizarán en la comunicación.
- Ontología de servicios educacionales: estrechamente relacionada con la ontología de comunicación, está basada en OWL-S y proporciona medios para crear descripciones, procesables por los ordenadores, de los servicios educacionales, de las consecuencias de la utilización de estos servicios y una representación explícita de su lógica.

En el presente trabajo se propone, por un lado, la definición de una ontología (no incluida explícitamente en la anterior clasificación) basada en VMD que describa los conceptos y relaciones entre los metadatos. Por otro lado, y de acuerdo a esta clasificación, proponemos el uso de un conjunto de ontologías de dominio (desarrolladas en varias lenguas) que representen el conocimiento contenido en los diversos OAs de un repositorio.

2.2 Diseño de ontologías basadas en metadatos

En los últimos años se han desarrollado diversas iniciativas para la representación semántica de metadatos orientadas a tareas como la anotación automática o la recomendación de OAs. Entre estas propuestas cabe citar el trabajo realizado por la Universidad Nacional de Taiwan, Chung Kung, que propone un modelo de recomendación de OAs, etiquetados bajo el estándar SCORM, basado en métodos ontológicos (Tsai et al., 2006). Por otra parte resulta muy interesante la propuesta del departamento de informática de la Escuela Superior de Electricidad, Francia. Esta muestra una herramienta semi-automática para la extracción de OAs a partir de páginas html y etiquetarlos bajo el estándar LOM (Doan, Bourda, Dumitrascu, 2006). Para ello se hace uso de una ontología que describe el estándar. Esta misma institución ha propuesto un sistema educacional basado en múltiples ontologías con el objetivo de facilitar el intercambio de recursos, basados en LOM, con otras instituciones (Doan, Bourda, 2006). Se hace uso también de la descripción semántica de

LOM a través de una ontología. La Universidad de Belgrado ha desarrollado una arquitectura basada en ontologías para recuperar información relevante para los OAs y los diseños de aprendizaje (Jovanovi et al., 2006). Sus aportaciones principales son: una ontología dedicada a capturar información del estado actual de un OA dentro del diseño de aprendizaje (actividad de aprendizaje en que se utiliza, ejercicios, etc.) y una ontología basada en el estándar IMS-LD.

Cómo se puede apreciar, las aproximaciones descritas se desarrollan en el marco de los diferentes estándares existentes, en aras de solucionar las limitaciones semánticas en la gestión de OAs actualmente. Nuestra propuesta tiene un objetivo más amplio, dado que está dirigida a repositorios heterogéneos de tipo LOR@ y, por tanto, la ontología basada en metadatos que se propone describe las relaciones entre conceptos (comunes o no) de los estándares más utilizados en el campo del e-learning. La Figura 1 muestra un fragmento de esta ontología con algunos conceptos esenciales de VMD.

2.3 Ontologías de dominios con interlingua

Una de las principales motivaciones de este trabajo es la necesidad de organizar el creciente volumen de recursos desarrollados para el Aula Virtual de Español (AVE) del Instituto Cervantes. AVE es un entorno didáctico que ofrece cursos para aprender español por Internet y para el que se hizo necesaria una estructura que almacenara y gestionara sus recursos.

Los repositorios tipo LOR@, como Loraserver, no están dirigidos a un único tipo de recursos (como los que se requieren para la enseñanza del español), sino que son capaces de gestionar OAs de diversas materias. Su arquitectura abierta permite también el intercambio de OAs entre repositorios, lo que hace que usuarios de diversos países y lenguas puedan interactuar con los OAs. Esto contribuye a que el repositorio no sea sólo un almacén heterogéneo de recursos, sino que pueda constar de OAs en diferentes lenguas. A pesar de esto Loraserver, al igual que los repositorios actuales, no dispone de un modelo semántico para representar la información.

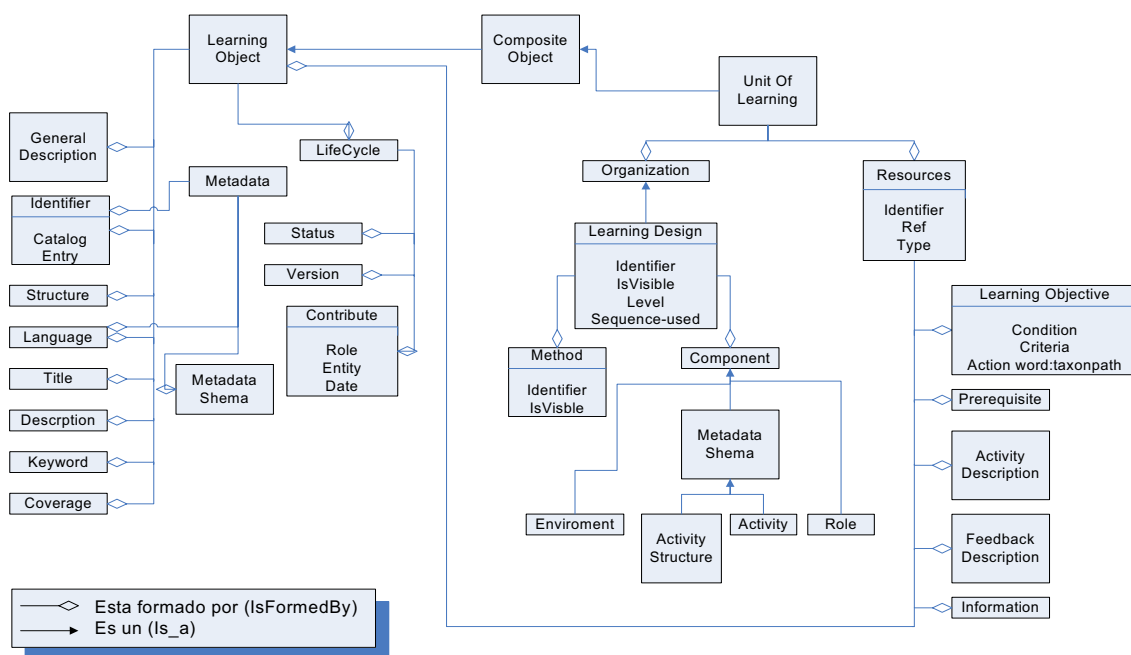


Figura 1. Fragmento de ontología que describe metadatos de VMD y sus relaciones

Es evidente que el uso de ontologías ofrecerá un entorno enriquecido para prestar servicios y gestionar la terminología de cualquier materia. Esto contribuye a la búsqueda y recuperación de recursos, no sólo proporcionando acceso a los documentos específicos sino también ofreciendo sugerencias relativas a otros recursos potencialmente pertinentes para el tema de interés. Es por esto que nuestra iniciativa propone el uso de ontologías de dominio para representar las relaciones entre los conceptos de las diversas áreas del conocimiento a las que pertenecen los OAs de un repositorio. Estas ontologías pueden, además, ser de naturaleza multilingüe ya que esto contribuye a una mejor representación de los OAs, enriqueciendo sobre todo su búsqueda y recuperación. Esto se convierte en una fortaleza dentro del repositorio, sobre todo en el e-learning donde la información es más importante que el idioma de representación.

Para dar solidez a esta estructura ontológica multilingüe, se propone la existencia de una ontología “puente” (fundamentada en la universalidad del inglés como lengua) que sirva de enlace (interlingua) proporcionando relaciones entre clases e instancias de las diferentes ontologías. Esta arquitectura, como ya se ha demostrado en otros recursos semánticos (Vossen, 2000), facilitará las tareas

de recuperación, búsqueda y etiquetado de objetos independientemente de la lengua. A pesar de lo ambicioso del planteamiento, no es nuestro objetivo el de crear nuevas ontologías de dominio, sino más bien el de definir un marco de interacción de ontologías multilingües (que podrían existir ya) a través de un módulo interlingua (ver Figura 2).

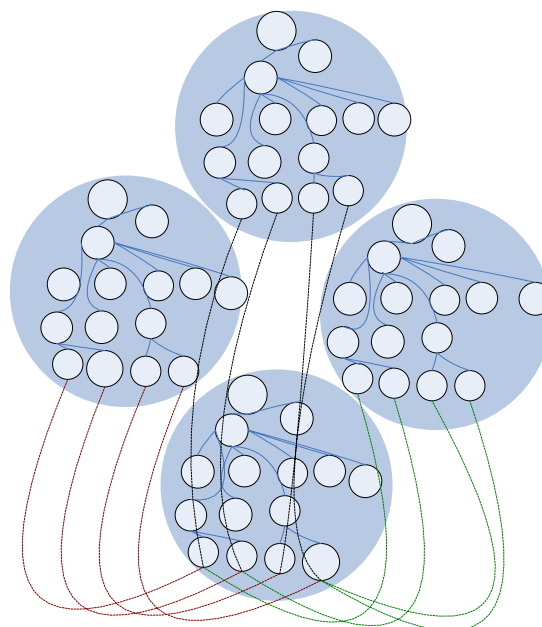


Figura 2: Ejemplo de ontología interlingua para la enseñanza de la sintaxis en español

2.4 Conexión metadatos-dominio

Además de la definición de una ontología basada en los metadatos del estándar VMD y una arquitectura multilingüe para las ontologías de dominio, proponemos también la posibilidad de cooperación entre ambas representaciones conceptuales.

Un ejemplo de la utilidad de esta acción conjunta (metadatos y dominio) es el proceso de etiquetado de OAs. Es posible automatizar este proceso desde la extracción de información a través del uso, por ejemplo, de palabras clave definidas en la ontología y presentes en los documentos html a etiquetar. Para esto podemos definir reglas que conjuntamente con la ontología permitan extraer la información necesaria para el etiquetado. Por ejemplo en:

```
<?xml version "1.0"?>
<General>
<ExtractFromHtmlTag="Title"
  MetaTagID="Identifier" MetaTagID="Title"/>
<MatchMetaTag="Description" Step="12"/>
<MatchKeyword="Subject" Step="8"
  MetaTagID="KeyWords" />
```

se definen las siguientes etiquetas:

- **ExtractFromHtmlTag:** extrae el texto que se encuentra en la etiqueta html definida.
- **MetaTagID:** posiciona el texto extraído a través de cualquier regla en la etiqueta equivalente en el documento XML del metadato.
- **MatchMetaTag:** busca en el documento html palabras que coincidan directamente con los campos definidos en el estándar y extrae el texto a partir de la posición "Step", después de que se encuentra la palabra.
- **MatchKeyword:** Busca palabras claves y sitúa el texto extraído a partir de la posición "Step" en la etiqueta correspondiente en el XML del metadato.

Por otro lado la ontología de dominio colaboraría en este proceso aportando información catalogada en los metadatos e inferida a partir del contenido del documento. Por ejemplo, el campo *Coverage* describe el escenario óptimo de uso del objeto en cuestión. Así, en el supuesto caso en que se esté catalogando un documento relacionado con los constructores y destructores en C++, es posible determinar a través de una ontología del dominio de la programación que el campo

Coverage en VMD podría indicar que este objeto es útil en la enseñanza de la Programación Orientada a Objetos.

Por otro lado, y aunque hasta el momento no se ha profundizado en este tema, las ontologías de dominio supondrían también una evidente ventaja en cualquier tarea de búsqueda y recuperación multilingüe de objetos de aprendizaje en un repositorio, permitiendo la expansión de las solicitudes (preguntas) así como la de las posibles respuestas.

La Figura 3 muestra el esquema de interacción y uso de las ontologías comentadas.

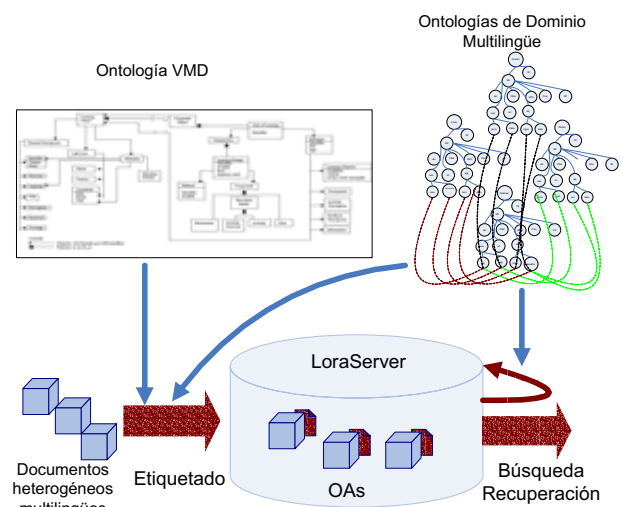


Figura 3: Papel de las ontologías en un repositorio LOR@

2.5 Metodología de diseño

Para el diseño de cualquier ontología es necesario contar con una metodología específica. Son muchas las propuestas existentes. De entre ellas podemos destacar algunas como la metodología Cyc (Lenat et al, 1990), en la que primeramente se extrae manualmente el conocimiento común que está implícito en diferentes fuentes para después, cuando se tenga suficiente conocimiento en la ontología, adquirir nuevo conocimiento común usando herramientas de procesamiento de lenguaje natural o aprendizaje computacional.

La Metodología de Uschold y King (Uschold et al.; 95) propone los siguientes pasos para desarrollar ontologías: (1) identificar el propósito; (2) capturar los conceptos y relaciones entre estos conceptos y los términos

utilizados para referirse a estos conceptos y relaciones; (3) codificar la ontología. La ontología debe ser documentada y evaluada, y se pueden usar otras ontologías para crear la nueva.

En la metodología de Grüninger y Fox (Grüninger et al.; 95) el primer paso es identificar intuitivamente las aplicaciones posibles en las que se usará la ontología. Luego, se utilizan un conjunto de preguntas en lenguaje natural, llamadas cuestiones de competencia, para determinar el ámbito de la ontología. Se usan estas preguntas para extraer los conceptos principales, sus propiedades, relaciones y axiomas, los cuales se definen formalmente en Prolog.

En la metodología Kactus (Bernaras et al, 1996) se construye la ontología sobre una base de conocimiento por medio de un proceso de abstracción. Kactus define los siguientes pasos (1) Especificación de la aplicación, (2) diseño preliminar basado en categorías ontológicas top-level relevantes y (3) refinamiento y estructuración de la ontología.

La metodología Methontology (Fernández-López, Gómez-Pérez, Jurista, 1997) permite construir ontologías totalmente nuevas o reutilizar otras ontologías. El entorno incluye la identificación del proceso de desarrollo de la ontología donde se incluyen las principales actividades (evaluación, conceptualización, configuración, integración, implementación, etc.), un ciclo de vida basado en prototipos evolucionados y la metodología propiamente dicha, que especifica los pasos a ejecutar en cada actividad, las técnicas usadas, los productos a obtener y su forma de evaluación. Esta metodología está parcialmente soportada por el entorno de desarrollo ontológico WebODE y propone las siguientes etapas: (1) especificación, (2) conceptualización, (3) formalización, (4) implementación y (5) mantenimiento.

La metodología Sensus (Swartout et al, 1997) es un enfoque top-down para derivar ontologías específicas del dominio a partir de grandes ontologías. En esta metodología se identifican un conjunto de términos semilla que son relevantes en un dominio particular. Tales términos se enlazan manualmente a una ontología de amplia cobertura. Los usuarios

seleccionan automáticamente los términos relevantes para describir el dominio y acotar la ontología Sensus. Consecuentemente, el algoritmo devuelve el conjunto de términos estructurados jerárquicamente para describir un dominio, que puede ser usado como esqueleto para la base de conocimiento.

La metodología On-To-Knowledge (Staab et al., 2001) aplica ontologías a la información disponible electrónicamente para mejorar la calidad de la gestión de conocimiento en organizaciones grandes y distribuidas. Esta incluye la identificación de metas que deberían ser conseguidas por herramientas de gestión de conocimiento y está basada en el análisis de escenarios de uso y en los diferentes papeles desempeñados por trabajadores de conocimiento y accionistas en las organizaciones.

La metodología Terminae (Aussenac-Gilles et al, 2002) aporta tanto una metodología como una herramienta para la construcción de ontologías a partir de textos. Se basa en un análisis lingüístico de los textos, el cual se realiza mediante la aplicación de diferentes herramientas para el procesamiento del lenguaje natural. En particular se usan dos herramientas: (1) Syntex para identificar términos y relaciones; y (2) Caméléon para identificar roles o relaciones. La metodología funciona como sigue. Mediante la aplicación de Syntex obtenemos una lista de posibles palabras y frases del texto y algunas dependencias sintácticas y gramaticales entre ellas. Estos datos se usan como entrada para el proceso de modelado junto con el texto original.

La ontología basada en metadatos que se propone en este artículo describirá las relaciones que se establecen entre los conceptos de VMD, donde están reflejados los estándares LOM, SCORM, Dublin Core, CanCore, OAI, IMS-MD, e IMS-LD. Este último se dedica a describir Unidades de Aprendizajes, o lo que es lo mismo: un OA más complejo donde intervienen uno o más recursos y actividades educativas que responden a un diseño de aprendizaje determinado. La propuesta aquí presentada tomará como base la descripción ontológica realizada por Amorim (2006), basada en la especificación IMS-LD en nuestra propuesta agregando nuevas las nuevas relaciones que se establecen entre los conceptos

de IMS-LD y los de otros estándares. Por estas razones hemos considerado utilizar para la implementación de la ontología la metodología Methontology.

En esta primera fase de diseño de la ontología se han tenido en cuenta varios criterios de acuerdo con algunos principios de diseño (Gruber, 1995); Bernaras et al., 1996); (Borgo et al., 1996) ;(Gómez-Pérez, Benjamins, 1999). Por ejemplo, la claridad y objetividad, que significan que la ontología debería proporcionar el significado de los términos definidos al proporcionar definiciones objetivas y también documentación en lenguaje natural; la completitud, coherencia, modularidad, la extensibilidad monótona máxima, lo cual permite la inclusión de nuevos términos sin que se afecten las definiciones existentes. La diversificación de jerarquías para aumentar la potencia proporcionada por los mecanismos de herencia múltiple, también ha sido un aspecto a valorar en el diseño de la propuesta, junto con la minimización de la distancia semántica entre conceptos hermanos, esto significa que se agrupan los conceptos similares y se representan usando las mismas primitivas.

Para la fase de implementación de la ontología propuesta se ha valorado el lenguaje OWL. Una de las ventajas de este lenguaje es su fortaleza para describir las relaciones entre clases, propiedades, etc. Por ejemplo, se puede especificar en OWL si una propiedad es simétrica (Symetric), inversa de otra (InverseOf), si es equivalente (EquivalentProperty), si una clase es una intersección (InterseccionOf) o una unión de otras (UnionOf), etc.

3 Conclusiones

La representación ontológica de la información relativa a los OAs dentro de repositorios como LoraServer constituye una alternativa para la mejora de servicios tales como la búsqueda, etiquetado, recuperación, etc. Esta semántica incorporada es la base para que agentes de software puedan inferir conocimiento a partir de los axiomas declarados en las ontologías.

Se ha presentado una arquitectura mixta que define una ontología orientada a la conceptualización de los metadatos procedentes

de un conjunto de estándares para etiquetar objetos de aprendizaje, junto con el uso de una estructura multilingüe, encabezada por una ontología interlingua, que modelará el conocimiento de dominio contenido en dichos objetos. La interacción de ambas representaciones dotará a los procesos de gestión y recuperación de OAs de una semántica propia de repositorios inteligentes.

A pesar de tratarse de una aproximación aún preliminar, estamos convencidos de que la solvencia de las arquitecturas, estándares y metodologías en que se basa, unido a la poco explorada semántica en objetos de aprendizaje, la hacen una propuesta interesante. Pretendemos, en las etapas inmediatamente siguientes de este trabajo, definir en profundidad las técnicas de recuperación de información desde las ontologías de dominio así como las reglas de etiquetado a partir de la ontología basada en metadatos.

Bibliografía

- Amorim, R. R., Lama, M., Sánchez, E., Riera, A., Vila, X. A. 2006. A Learning Design Ontology based on the IMS Specification. *Educational Technology & Society*, 9 (1), pp. 38-57.
- Aussenac-Gilles, N., Biebow, B., Szulman, S. 2002. Modelling the travelling domain from a NLP description with Terminae. *Workshop on Evaluation of Ontology Tools, European Knowledge Acquisition Workshop*, Sigüenza, España.
- Bernaras, A., Laresgoiti, I., Corera, J. 1996. Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI96)*, pp. 298-302.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. The Semantic Web. *Scientific American*. Vol. 284, n. 5. (May, 2001).
- Borgo, S., Guarino, N., Masolo, C. 1996. Stratified Ontologies: the case of physical objects. *Proceedings of the Workshop on Ontological Engineering*. Held in conjunction with ECAI96. pp. 5-15. Budapest.

- Devedziz, V. 2006. Semantic Web and education. Springer's Integrated Series in Information Systems.
- Doan, B., Bourda, Y. 2006. An Educational System Based on Several Ontologies *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pp. 179-183
- Doan, B., Bourda, Y., Dumitrascu, V. 2006 A Semi-Automatic Tool using Ontology to Extract Learning Objects. *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pp. 92-93
- Fernández-López M, Gómez-Pérez A, Juristo N 1997 METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*. Stanford University, California, pp. 33-40.
- Gómez-Pérez, A., Benjamins, V.R. 1999. Overview of knowledge sharing and reuse components: ontologies and problem-solving methods. In V.R. Benjamins, B.Chandrasekaran, A.Gómez-Pérez, N.Guarino and M.Uschol.d (Eds), *Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods*, Stockholm, Sweden.
- Gruber, T. R. 1993. A Translation Approach to Portable Ontologies. *Knowledge Acquisition*. Vol. 5, n. 2, pp. 199-220.
- Gruber, T. R. 1995. Towards Principles of the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, 43. pp. 907-928.
- Gruninger, M., Fox, M.S. 1995. The logic of enterprise modelling. In J. Brown & D.O. Sullivan, Eds. *Reengineering the Enterprise*. pp. 83-98. London: Chapman & Hall.
- Iriarte, L., Marco, M., Morón, D., Pernías, P. 2006. Architecture Oriented towards the management of Learning Objects Repositories (LOR@). *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pp. 255-256.
- Jovanovi, J., Knight, C., Gašević, D., Richards, G. 2006. Learning Object Context on the Semantic Web. *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pp. 669-673.
- Lenat, D.B., Guha, R.V. 1990. Building large knowledge-based systems. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1990.
- Soto, J., García, E., Sánchez, S. Repositorios Semánticos para Objetos de Aprendizaje. 2006. Expolearning2006 Barcelona, España.
- Swartout, B., Patil, R. Knight, K., Russ, T. 1997. Toward distributed use of large-scale ontologies. In AAAI-97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering.
- Tsai, K., Kai, T. Chiu, Che, M., I, T. 2006. A Learning Objects Recommendation Model based on the Preference and Ontological Approaches. *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*. pp. 36-40
- Uschold, M., King, M. 1995. Towards a Methodology for Building Ontologies. *Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*.
- Vossen, P. 2000. *EuroWordNet: a Multilingual Database with WordNets in 8 languages*. The ELRA Newsletter, 5(1):9-10.
- Wiley, D. 2000. (Ed), Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Association for Instructional Technology .