

RECUPERACIÓN EFICIENTE DEL CONOCIMIENTO PARA EL AUTOAPRENDIZAJE

A. MARTÍN¹, C. LEÓN¹,

¹*Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática.
Universidad de Sevilla.*

España.

toni@us.es, cleon@us.es.

El volumen de información existente en Internet y en las Bibliotecas Digitales actuales, hace difícil la recuperación eficiente del conocimiento. La información consultada por el usuario, frente a la información recuperada mediante un buscador, no es satisfactoria. Los investigadores han diseñado modelos para transformar la red desde un espacio de información a un espacio de conocimientos. Incorporando metadatos que contienen información adicional, permite hacer deducciones y posibilita a los buscadores un tratamiento inteligente de la información. La idea es que el conocimiento utilizado para el aprendizaje, pueda ser utilizado y comprendido por los ordenadores sin necesidad de supervisión humana, facilitando así su recuperación y acceso.

Con el objetivo de optimizar las técnicas de búsqueda, presentamos un enfoque inteligente. Nuestro estudio analiza la relación entre ontologías e Inteligencia Artificial y comprueba que la aplicación de ambos factores, facilita la accesibilidad al conocimiento científico-técnico en la Enseñanza de la Electrónica, a la vez que simplifica las búsquedas y mejora el proceso de recuperación de información.

1. Introducción

La recuperación eficiente de información en las Bibliotecas Digitales, se ha convertido en un tema prioritario para suministradores de conocimiento. El diseño ontologías y sistemas inteligentes para favorecer los procesos de aprendizaje en el que los estudiantes amplíen sus expectativas sobre la precisión de la información recuperada y afine en la obtención de resultados satisfactorios, es una necesidad. Mediante la utilización de técnicas de inteligencia artificial y el desarrollo de ontologías es posible mejorar los resultados de una consulta y ayudar al usuario para que el proceso de búsqueda de información sea más fácil y automático.

Actualmente, la WEB es un espacio preparado para el intercambio de información que consta básicamente de información representada en forma de texto. Los buscadores actuales realizan las búsquedas mediante palabras clave que aparecerán en el código HTML, dando lugar a un resultado que trata o contiene los patrones solicitados y que puede incluir información insustancial para el usuario. Estos problemas pueden resolverse solamente si se adoptan medidas para establecer normas, vocabularios, orientaciones y reglas adecuadas para facilitar la integración de datos de distintas procedencias y realizar un intercambio efectivo de información.

Para que esto pueda llevarse a cabo es necesario que el conocimiento de la Web esté representado de forma que sea legible por los ordenadores, esté consensuado y sea reutilizable. Las ontologías proporcionan la vía para representar este conocimiento a través de: Conceptos, Relaciones, Funciones,

Instancias y Axiomas. En una Web Semántica estructurada ontológicamente, los buscadores de Internet dejarán de arrojar millones de resultados indiscriminados, la mayor parte de ellos irrelevantes, y ofrecerán información cualitativa, muy parecida a la que puede seleccionar un especialista humano. El objetivo fundamental del artículo es dar una visión de algunos contextos docentes en los que la Inteligencia Artificial (IA) puede favorecer de algún modo la mejora de los procesos de aprendizaje [1]. Es decir, su creación se enfoca más como una herramienta complementaria de la enseñanza/aprendizaje facilita el acceso al conocimiento y que permite aumentar la calidad del aprendizaje.

Después de esta breve introducción a los problemas actuales de recuperación de información en las Bibliotecas Digitales actuales. En las siguientes secciones describiremos las ventajas de Web semántica y brevemente la creación de la ontología de nuestro sistema. En la sección 7 presentamos el prototipo desarrollado OntoBUS, en el que se integra una ontología y un sistema experto, para la recuperación eficiente del conocimiento. A continuación se muestran los experimentos y resultados obtenidos. Finalmente presentamos las conclusiones y desarrollos futuros.

2. La Web Semántica

Existe la necesidad de reutilización de la información, para hacer más eficiente el autoaprendizaje del conocimiento. Los sistemas actuales tienen limitaciones desde el punto de vista del modelo de datos, que toma un solo punto de vista del mundo. Describe los objetos o instancias de interés, pero bajo una sola posible interpretación. Si uno quiere reutilizar algún término, se hace evidente que el término puede tener diferentes interpretaciones dependiendo del contexto. Para poder reutilizar el conocimiento complejo es necesario tener en cuenta diferentes visiones. Esto puede resolverse teniendo un entendimiento compartido que unifique las distintas interpretaciones, establezca unos propósitos de comunicación, confiabilidad, especificación, posibilidad de reutilización e interoperabilidad entre sistemas. En este contexto la Web Semántica dibuja un nuevo escenario tecnológico ideal en el que la información organizada ontológicamente y recorrida por agentes inteligentes deviene en conocimiento efectivo [2]. En la siguiente figura podemos ver la arquitectura en correspondiente a la Web Semántica (Fig.1).

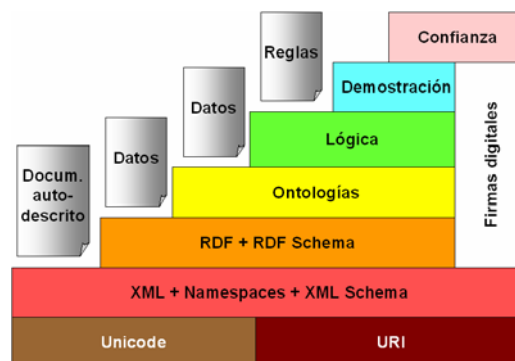


Figura 1. Web Semántica arquitectura

La arquitectura esta compuesta por siete capas, cada una de cuales aporta una serie de funcionalidades a la anterior.

- Unicode: Estándar que permite la interoperatividad entre sistemas con codificación de cualquier texto e idioma. En otras palabras permite que los textos de diferentes idiomas sean interpretados y entendidos sin ningún problema.

- URI: Son cadenas que posibilitan el acceso a cualquier recurso de la Web e identifican de forma inequívoca cada recurso en Internet.
- Extensible Markup Language (XML) + NS + XMLSchema, permite describir la estructura y restringir el contenido de documentos XML, ofreciendo un formato común para el intercambio de documentos.
- RDF + RDFSchem, ofrece una descripción semántica de los datos.
- Ontology Vocabulary, clasifica y extiende la funcionalidad de la Web Semántica, agregando nuevas propiedades y clases que describen los recursos existentes. Un ejemplo de lenguaje capaz de expresar la expresividad necesaria para poder representar los diferentes dominios de conocimiento, que podemos encontrar en la Web Semántica es el OWL (Ontology Web Language) [4].
- Lógica, define las reglas y mecanismos para hacer inferencias sobre los datos.
- Prueba, ejecuta las reglas de la capa de lógica y comprueban su validez.
- Confianza, garantiza la confianza entre las distintas fuentes de información.
- Firma digital, verifica que la transmisión de información entre agentes o agentes y usuarios, se hace de forma confidencial e íntegra.

3. Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.

El siguiente paso para culminar la Web Semántica, es hacer factible el diseño de productos informáticos como los agentes inteligentes, que gestionen las necesidades de los usuarios humanos de manera ejecutiva, autónoma y adaptativa. En nuestro estudio hemos utilizado un agente inteligente basado en Case-Based Reasoning (CBR) [5]. La Web semántica gira sobre la existencia de mecanismos que permiten definir de una forma homogénea y consensuada, la información semántica. Para que todo esto sea posible son necesarias técnicas de representación del conocimiento como las ontologías. Este tema de estudio se conoce en la Inteligencia Artificial con el nombre de "Representación del Conocimiento".

Es posible diseñar robots de búsqueda que "entiendan" los documentos y realizan procesos "inteligentes" de selección, extracción y tratamiento de la información relevante para el usuario. Se plantea una Web en la que se codifica semánticamente el significado de la información. Es decir la habilidad de una máquina para resolver problemas bien definidos, a través de operaciones bien definidas, que se llevarán a cabo sobre datos bien definidos". La aplicación de estrategias de inteligencia artificial y ontológica, permite la accesibilidad al conocimiento científico-técnico y simplifica la búsqueda de información, mejorando sustancialmente el proceso de recuperación de documentos para el usuario, siendo de esta manera, la obtención de la información más rápida y efectiva.

Una máquina no puede comprender la información que procesa en ningún sentido profundo de la expresión; sin embargo si los datos que procesa están estipulados semánticamente mediante ontologías, es posible que la Inteligencia Artificial simule la forma de razonar e inteligencia humana. Una ontología es una definición formal explícita y estructurada en taxonomías, de un dominio concreto de conocimiento que permitirá, simular que un ordenador manipula la información de manera funcionalmente parecida a como un humano entiende el lenguaje. Un buscador inteligente basado en la información semántica ontológica, busca estratégicamente la información relevante para la resolución de los patrones de búsqueda y desestima todos los recursos que no se ajusten al significado perseguido.

4. Web Ontology Language (OWL).

Para poder explotar la Web semántica, se necesitan lenguajes de marcado apropiados que representen el conocimiento de las ontologías. W3C publicó una especificación denominada Resource

Description Framework (RDF) [6], que sería la base de la mayoría de lenguajes ontológicos de la actualidad. Estos lenguajes permiten mediante relaciones taxonómicas, crear una jerarquía de conceptos.

A partir de RDF han surgido otras tecnologías con mayor expresividad y capacidad de razonamiento para representar los conocimientos que contienen las ontologías, con el fin de poder representar de la forma más potente posible el conocimiento de cada dominio. La más significativa es el lenguaje OWL, es un lenguaje basado en RDF el cual está llamado a ser uno de los ejes principales de la Web Semántica. De esta forma, existen ya herramientas como Protégé, OntoEdit o WebOnto para realizar anotaciones en páginas Web con los lenguajes de marcado propios. En nuestro trabajo hemos utilizado Protégé [7] para la creación y desarrollo de la ontología.

OWL se diseñó teniendo entre uno de sus objetivos, ofrecer un mecanismo común de representar el conocimiento en la Web, de forma que fuera posible procesarlo de forma automática. Por lo tanto, OWL está pensado para que sea “leído” por máquinas y no por humanos y que cuenta con numerosas ventajas: posibilidad de compartir ontologías “públicamente” accesibles, permitir la Evolución y compatibilidad de ontologías, capacidad de Integración de ontologías que representan un mismo concepto de formas diferentes, detección de inconsistencias, equilibrio entre expresividad y escalabilidad, etc.

5. Diseño de la Ontología del Sistema.

Una ontología se puede ver como un modelo de datos de conocimiento que especifica una conceptualización, una forma de ver al mundo y que contiene definiciones que proveen del vocabulario para referirse a un dominio. Algunas de las características típicas de las ontologías y aplicables a las bibliotecas digitales son:

- Posibilidad de existencia de ontologías múltiples para combinar dos o más ontologías que introducen conceptualizaciones específicas.
- Abstracción de las ontologías para la creación de una red de ontologías para tener una descripción completa del mundo.
- Multiplicidad de la representación. Un concepto puede ser representado de muchas formas, por lo que pueden coexistir múltiples representaciones de un mismo concepto.
- Mapeo de ontologías para establecer relaciones entre los elementos de una o más ontologías, para establecer conexiones, especializaciones, generalizaciones, etc.

Debido a la gran cantidad de términos identificados en el dominio de trabajo donde se ha desarrollado nuestro estudio, se ha diseñado una ontología organizada en dos subontologías. Cada uno de estos espacios de nombres o subontología incluye las propiedades, con sus vocabularios correspondientes, que pueden ser utilizadas para describir en más detalle las diferentes instancias de las clases más básicas:

- **Ontología de usuarios.** Define las personas y sus relaciones con otros individuos. En esta subontología se incluyen las propiedades y clases relacionadas directamente con la caracterización de los usuarios del sistema. Los términos recogidos en este espacio de nombres se han extraído fundamentalmente de los modelos de datos recogidos por la Biblioteca Universitaria. Lo denominamos perfiles de usuarios: Alumno, Investigador, etc. El modelo identifica los elementos necesarios para describir las características de un (potencial) usuario [8], y que permite especificar determinadas preferencias de búsquedas:

- *Investigador*: Personal docente e investigador.
- *PAS*: Personal de Administración y Servicios de la Universidad.
- *Estudiantes*: Alumnos de primero y segundo ciclo de carrera.

- *Externo*: Usuarios que aunque no pertenecen a la comunidad universitaria, pueden circunstancialmente hacer uso de los recursos y servicios: alumnos y profesores visitantes, personal investigador externos, etc.

En la siguiente figura podemos observar las posibles preferencias de búsqueda para un usuario correspondiente al perfil “Investigador” (Fig. 2).

| Perfil PDI | |
|---|---|
| Nuestras colecciones | Servicios |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Catálogo Fama ▪ Recursos-e ▪ Fondos digitales ▪ Busque en nuestras colecciones | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceso desde casa ▪ Propuesta de compra ▪ Préstamo, reserva y renovación ▪ Préstamo interbibliotecario y obtención del documento |
| Docencia e Investigación | Ayuda |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ ReWorks ▪ Repositorios institucionales ▪ Factor de impacto ▪ Enseñanza virtual | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pregunte al bibliotecario ▪ Horario de las bibliotecas ▪ Mis cuentas |

Figura 2. Servicios y recursos relacionados con el perfil PDI

- **Ontología de Servicios.** Esta segunda subontología localiza los servicios y recursos ofrecidos en un determinado espacio de búsqueda o área de trabajo. Integra términos que permiten realizar descripciones sobre los recursos y servicios, ofrecidos desde las distintas plataformas disponibles. Comprende las entidades que suministran recursos dentro del dominio específico de nuestra biblioteca procedentes de distintas fuentes de conocimiento: catálogo, Web, Intranet, Fondo Antigo, etc. [9] Estas propiedades y clases especifican los datos correspondientes a los recursos y servicios: tipo de proveedor, datos identificativos, estructura de la información, recursos ofrecidos, etc.

6. Creación de la Ontología.

La ontología de nuestro sistema incluye la definición de los conceptos y relaciones, necesarios para desarrollar servicios eficientes de búsqueda de información en el dominio de las bibliotecas universitarias. Los objetivos principales es proporcionar un marco para:

- Indizar mejor los recursos aplicados a la enseñanza de la electrónica, para incrementar la eficiencia y la coherencia.
- Recuperar mejor estos recursos, aumentando la funcionalidad para acceder a ellos.
- Incrementar la interacción dentro de la comunidad universitaria, para facilitar las búsquedas de conocimiento asociado a la enseñanza de la electrónica.

Nuestro sistema se va a construir y modelar usando la herramienta de edición de ontologías de libre distribución llamado Protégé [10]. Este editor ha sido desarrollado por la universidad de Stanford, basado en el lenguaje Java y en forma de plugins. Actualmente soporta la edición de ontologías con RDF/RDFS y dispone de un plugin para el desarrollo de ontologías en OWL. Como ya hemos comentado OWL, permite la definición de los conceptos, relaciones y propiedades correspondientes a un dominio específico y ha sido el lenguaje seleccionado para la representación de nuestra ontología.

Para la construcción de la ontología de nuestro sistema, hemos seguido los siguientes pasos [11]:

- **Determinación del propósito y el ámbito de aplicación de la ontología.** En primer lugar se ha elaborado una ontología para facilitar la localización automática de distintos recursos on-line en la Biblioteca Digital. Su diseño posibilita la adaptación a diferentes necesidades, preferencias y niveles de

conocimiento. La ontología integra todos los recursos precedentes de diferentes fuentes: Fondo Antiguo, Catálogo, Web e Intranet.

- Enumeración de los términos principales de la ontología. Existe un espacio de nombres base, donde se definen los conceptos fundamentales Colecciones, Recursos, Servicios, datos de usuarios, etc. En este apartado se identifican los conceptos fundamentales del dominio en que trabajamos y que debemos tener en consideración. Se establecen además las propiedades que permitan caracterizar y describir todos estos aspectos.

- Definición de clases y jerarquía correspondiente. Las clases por sí solas no proporcionan la información suficiente, es necesario establecer además la estructura interna de los conceptos y definir las características correspondientes a las propiedades: rango de valores permitidos, cardinalidad, etc. (Fig.3).

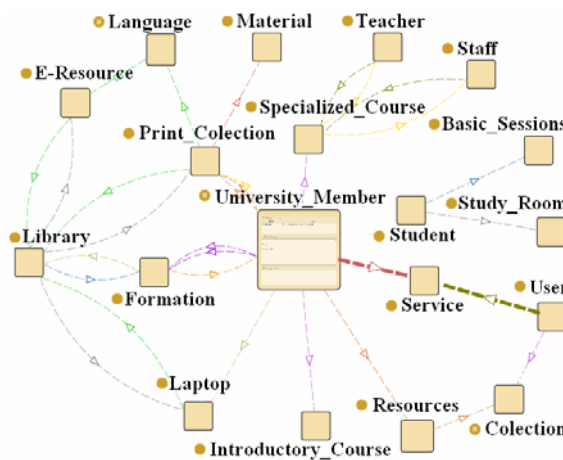


Figura 3. Clases definidas en la ontología del sistema

- Creación de las instancias. Las instancias son los ejemplos concretos de una clase en la ontología. En este apartado se procederá a rellenar los valores de las propiedades de una clase determinada. En nuestro desarrollo se utiliza para este fin un Sistema Experto Basado en Casos, que se encarga de crear estas instancias, utilizando para ello los procesos de búsqueda, recuperación y reutilización de datos realizados para los diferentes perfiles de usuarios.

7. Prototipo inteligente para la gestión del conocimiento.

El objetivo fundamental de nuestro prototipo es servir como soporte a un sistema de búsqueda de conocimiento, para la enseñanza de la electrónica en el campo de las bibliotecas digitales. Hemos llamado a nuestro prototipo OntoBUS. La (Fig. 4) presenta las distintas entidades que forman parte de su arquitectura.

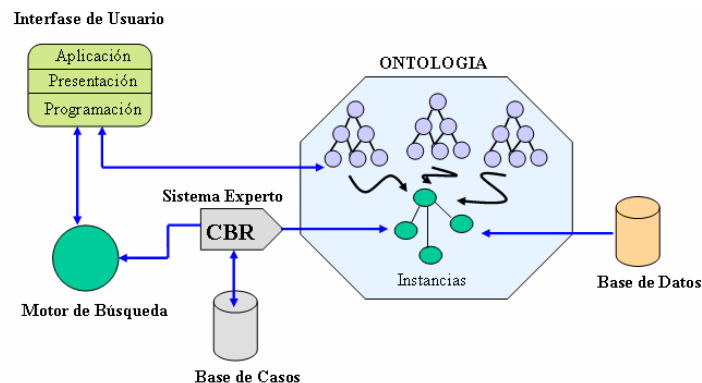


Figura 4. Arquitectura del Sistema

El sistema desarrollado comprende todos los aspectos de la gestión de conocimiento y presentación de los datos obtenidos como solución óptima a un caso propuesto al sistema experto: catalogación, búsquedas, presentación de resultados, visualización, etc. Asimismo como la administración de las bases de datos necesarias y el control del acceso a los mismos: edición de casos, gestión de usuarios, autenticación de usuarios, etc. Los principales componentes del sistema:

- **Agente para la interfaz Web:** El sistema proveerá una interfaz Web para acceso a los usuarios a través de cualquier tipo de navegador Web.

- **Base de conocimiento:** Es el elemento básico de nuestro Onto-Buscador, incluye toda la información recogida e inferida por el sistema, tanto de los recursos y servicios ofrecidos, como de los propios usuarios. Esta información consiste en declaraciones OWL que utilizan los términos definidos en OntoBUS. Sobre esta información es posible realizar búsquedas complejas, utilizando un lenguaje de consultas sobre instancias de ontologías, para recuperar exactamente la información de interés para los usuarios del sistema [12]. La base de casos sirve como implementación del alojamiento de forma permanente de la base de casos. La base de datos almacenará todos los casos del sistema, definidos a través de las sucesivas búsquedas expertas y contiene también las tablas de definición de perfiles de usuarios, para la habilitación de políticas de acceso al sistema.

- **Ontología:** Contiene la taxonomía de los distintos conceptos que emplean los profesionales bibliotecarios y que servirán como base para la realización de las búsquedas. La estructura del caso definido por el experto, debe coincidir con la ontología y tendrá una correspondencia directa con las búsquedas efectuadas.

- **Motor de Inferencia:** Este agente se ha implementado mediante la plataforma de desarrollo jCOLIBRI [13], que permite crear aplicaciones CBR de una forma rápida y sencilla. El uso de jCOLIBRI como entorno de construcción de sistemas CBR, se justifica por ser un sistema implementado en Java, de código abierto, fácilmente adaptable y/o extensible a entornos específicos. Es un Shell de desarrollo software que incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI), que posibilita de forma tutelada la construcción de sistemas CBR. Actualmente es un proyecto soportado por el grupo investigación GAIA de la Universidad Complutense de Madrid. La organización del conocimiento en los casos provistos por el experto y dotados de una estructura común, son definidos por el ingeniero del conocimiento.

8. Funcionalidad del sistema.

Se trata de agilizar las búsquedas realizadas sobre los recursos pertenecientes a la biblioteca digital, optimizando el resultado de estas búsquedas, a través de las ontologías y los perfiles inteligentes de

usuarios. Para ello se ha creado una interfase inteligente que permitirá a cada tipo de usuario seleccionar un perfil de búsqueda individual o colectiva. Cuando se accede por primera vez a nuestra aplicación, aparecerá por defecto una primera aproximación de búsqueda a distintos recursos seleccionados para un determinado perfil. Una vez obtenida una primera aproximación al perfil individual de la colección de posibilidades, se aplica un método de clasificación automática para generar los elementos. El usuario, puede cambiar las posibilidades del perfil individual, ajustando los valores que posibilita la interfaz Web. Tras los primeros ajustes de búsqueda, podemos proceder a la realización y selección de los resultados, en función de unos patrones de entrada facilitados por el usuario, (Fig. 5):



Figura 5. Resultados de perfil Estudiantes

La presentación de opciones de búsqueda inicial en los distintos perfiles, es dinámica. Es decir se va modificando en función de las distintas búsquedas efectuadas por usuarios anteriores. Pueden ir apareciendo nuevas opciones o desapareciendo automáticamente. Los resultados mostrados en la siguiente (Fig. 6) corresponden a las opciones existentes en los perfiles de usuarios, mostrando el porcentaje de elementos bien clasificados.



Figura 6. Análisis matemático de las opciones de un Perfil

Cuando un usuario entra en un perfil determinado, las opciones que aparecen se forman de forma dinámica a partir del análisis de búsquedas realizadas en usos anteriores. Se hace un análisis de todas las operaciones realizadas por usuarios expertos y en función de estas se crea de nuevo el perfil. Para la obtención de dicho análisis se utiliza una Base de Datos que contiene información de interés referente a los distintos perfiles existentes en nuestro buscador. Se utiliza programación PHP.

Asimismo se permitirá guardar nuestro perfil de búsqueda, para lo que deberemos darnos de alta como usuarios en el dominio OntoBUS. Este perfil de búsqueda individual, será únicamente modificable por nosotros y no variará en función del análisis común. Toda la información correspondiente a los distintos tipos y cuentas de usuarios se almacena en una Base de datos MySQL.

9. Clasificación Automática del Conocimiento.

Una vez desarrollada nuestra ontología, procederemos a la creación de las instancias correspondientes. Dada la bastedad de conocimiento existente en el dominio de las bibliotecas universitarias, una clasificación manual de estas instancias en las clases establecidas dentro de la ontología sería una tarea sumamente costosa. Por lo tanto se buscó una manera de poder automatizar este proceso, recurriendo al aprendizaje supervisado, en el que mediante técnicas inteligentes se puede conseguir una clasificación automática de los contenidos.

El objetivo de esta aplicación es ir recogiendo las nuevas búsquedas realizadas, archivarlas en la base de datos de casos, para posteriormente, ante una nueva situación, poder recuperar la información en función de los casos (búsquedas) ya establecidos en dicha base de casos y las características aportadas al sistema por el perfil correspondiente.

Este enfoque se centra en tener un conjunto de búsquedas tipo previamente clasificados en casos, que se usarán para aprender a clasificar a nuevos documentos. Para ello, se deben transformar los elementos obtenidos de su formato inicial a una representación que pueda ser usada por un algoritmo de aprendizaje para la clasificación, para lo que se utiliza el Sistema Experto Basado en Casos.

En un primer momento, para la fase de pruebas solamente se trabajó con un pequeño dominio de pruebas. La colección de experimentación utilizada consistió de 500 documentos, previamente clasificadas en las distintas clases tomadas de la ontología desarrollada. Existen algunos conceptos sobre los que teníamos dudas sobre el dominio o clase a la que pertenece, por lo que se sugirió un emparejamiento entre distintas acepciones que puede tener un mismo concepto a una sola representación, es decir, si a un concepto se le puede llamar de distintas formas, consideramos unificarlas y dentro del proceso de clasificación considerarlas bajo una forma única, utilizando para ello los conceptos que integran nuestra ontología.

10. Evaluación del Sistema

En esta sección exponemos el método seguido para la evaluación de nuestro onto-buscador respecto de un buscador tradicional como es por ejemplo Google. Usuarios pertenecientes a los distintos colectivos definidos en el sistema, han realizado una batería de consultas relacionadas con los recursos y servicios existentes en nuestra Biblioteca Digital. Las consultas realizadas abarcan consultas con una única palabra y consultas con varias palabras, de las cuales al menos una resulta por sí misma ambigua, pero tiene sentido con el contexto de la consulta. Señalar que para evaluar las búsquedas solo evaluamos las 25 primeras paginas, ya que mas allá supone un trabajo brutal además de irrelevante, ya que todos sabemos que a partir de la 3ª o 4ª pagina los resultados van teniendo menos que ver con lo que se pretende buscar, (Fig. 7).

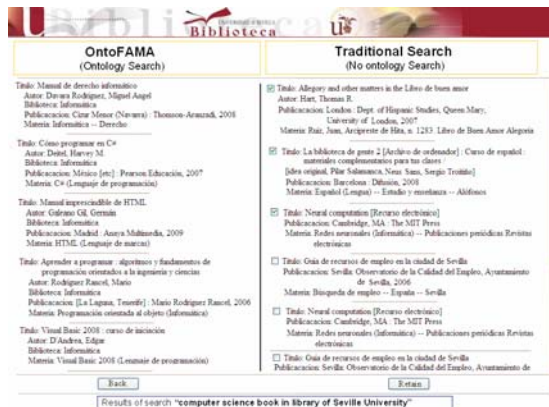


Figura 7. Resultados de búsquedas en OntoBUS

Para evaluar los resultados de las búsquedas tendremos en cuenta el orden de los términos buscados, que deben aparecer en el mismo en el que se formuló la consulta y no solo las palabras por separado. Es decir si la expresión a buscar es: “Libro de Ingeniería de la Programación”, se puntúa que esa sea la frase que aparece en la página buscada y no en otro orden. Otro factor que valoramos como resultado de calidad, es que el contexto donde se integra la frase tenga algo que ver con el sentido que se está buscando. Por ejemplo, si buscamos: "Recursos electrónicos sobre inteligencia artificial" esperamos obtener todos los accesos on-line ofrecidos por la biblioteca digital referentes a "Inteligencia Artificial" y no un libro con el título siguiente "Recursos de la Inteligencia Artificial para recuperar documentos electrónicos".

Existen diferentes aspectos a tener en cuenta a la hora de medir la eficacia de un buscador, como es el tiempo de respuesta de la búsqueda, accesibilidad de la interfaz, servicios adicionales ofrecidos, etc. En nuestro caso hemos utilizado la relevancia y precisión de los resultados obtenidos.

La relevancia de los documentos recuperados, indica en que proporción ha sido satisfecha la necesidad de información, de los usuarios que hacen la consulta. La relevancia puede ser un criterio subjetivo debido a que diferentes personas asignarían diferentes valores de relevancia a un documento. En nuestro estudio hemos asignado un peso a cada resultado según la relación y calidad de los documentos recuperados, respecto al objetivo de su búsqueda (Tabla 1).

Tabla 1. Ponderaciones para medir los resultados obtenidos.

| | Excelente | Bueno | Aceptable | Deficiente |
|------------|-----------|-------|-----------|------------|
| Relevancia | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Calidad | 4 | 3 | 2 | 1 |

Los documentos obtenidos por nuestro buscador han obtenido una puntuación media de 2,82, superior a la del otro buscador evaluado, que han obtenido una puntuación media de 2,75.

También hemos calculado la precisión del sistema, que viene dada por la proporción de material recuperado que realmente es relevante, del total de documentos recuperados. Asimismo, nuestro sistema obtiene mejores resultados en la precisión de las búsquedas efectuadas, respecto del otro buscador tradicional (Fig. 8)

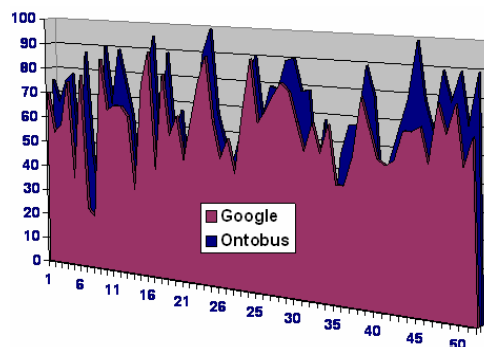


Figura 8. Servicios y recursos relacionados con el perfil PDI

11. Conclusiones

En este artículo hemos propuesto un enfoque inteligente para la recuperación del conocimiento, en el proceso de aprendizaje de la electrónica. Se ofrece una representación semántica del material formativo, que permite al estudiante adquirir conocimientos a través de sus propias estrategias de aprendizaje, a través de un planteamiento inteligente. En particular, mostramos un sistema tutor para la recuperación de conocimiento abordarlo desde la perspectiva tecnológica de Inteligencia Artificial. Un entorno con planteamientos semánticos que conduce y asiste a los usuarios en el proceso de recuperación de información. Desde una visión no individualizada de la enseñanza de la electrónica, el sistema incluye además capacidades para un aprendizaje colaborativo, así como tecnología hipermedia, cuya propuesta se amolda fácilmente a los planteamientos educativos actuales.

Para ello se ha desarrollado una ontología en lenguaje OWL, que integra elementos o términos definidos en distintos modelos de datos estandarizados y existentes en el dominio de las Bibliotecas Universitarias. La ontología se ha construido utilizando técnicas de la Web Semántica y la inteligencia artificial. Proporciona un modelo común para expresar información relacionada con servicios ofrecidos desde las bibliotecas. Las instancias de las clases y propiedades definidas en nuestra ontología, pueden ser utilizadas para formular consultas complejas y recuperar de forma más estricta la información requerida por los distintos perfiles de usuarios. Se utiliza un sistema experto tipo CBR para fortalecer y actualizar los métodos de *caching*. Las fuentes de información provienen de la Biblioteca Digital de la Universidad de Sevilla, compuesta por el Catálogo, recursos electrónicos de la Web de la Biblioteca, la Intranet, etc., que constituyen una ontología o un conjunto de ontologías, que forman parte de una Web semántica de carácter bibliográfico-cultural de nuestra Universidad.

Para finalizar comentar que este proyecto forma parte del programa de accesibilidad al conocimiento científico, dentro del Plan Estratégico 2008-10 de nuestra Biblioteca Universitaria, que pretende apoyar la estrategia de “acceso al conocimiento” a través de la mejora de los niveles de búsqueda. Asimismo señalar que los resultados obtenidos han sido satisfactorios y proponer como trabajos futuros la integración y explotación de información procedente de otras bibliotecas digitales y servicios, perfeccionar el motor de búsquedas CBR y agregar nuevas funcionalidades a la interfase de usuarios del sistema.

Referencias

- [1] T.Kim, M. Kim, G. Park. *On Employing Ontology to e-Learning*. Proceedings of the Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS'05). (2005).

- [2] W. Guo, D. Chen. *Semantic Approach for e-learning System*. Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences. China. (2006).
- [3] D. Taniar and J. Wenny Rahayu. *Web semantics and ontology*. Hershey, PA: Idea Group Pub (2006).
- [4] J. Heflin. *OWL Web Ontology Language Use Cases and Requirements*, W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, [en línea]. <http://www.w3.org/TR/webont-req> (Consulta: 25 de junio de 2009).
- [5] K.D. Althoff, F. Bomarius, C. Tautz. *Using a case-based reasoning strategy to build learning software organizations*. IEEE Journal on Intelligent Systems. (2000).
- [6] W3C, *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema* [en línea]. [Consulta: 01 de junio de 2009]. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
- [7] PROTEGE. *The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System* - [Consulta: 15 de agosto de 2009]. Disponible en Web: <http://protege.stanford.edu/>
- [8] S. T. Dumais, E. Cutrell, E., J. J. Cadiz, G. Jancke, R. Sarin and D. C. Robbins. *Stuff I've Seen: A system for personal information retrieval and re-use*. Proceedings of SIGIR (2003)
- [9] Harth, Andreas. *An Integration Site for Semantic Web Metadata*. (2003).
- [10] M. Horridge, H. Knublauch et al. *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools*. The University Of Manchester. Reino Unido. (2004)
- [11] J. Toussaint & K. Cheng. *Web-based CBR (case-based reasoning) as a tool with the application to tooling selection*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 29(1–2), 24–34 (2006).
- [12] C. Golbreich, *Combining rule and ontology reasoners for the semantic web*. in RuleML (G. Antoniou and H. Boley, eds.), vol. 3323 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 6–22, Springer, (2004).
- [13] J.A. Recio-García, B. Díaz-Agudo, P.A. González-Calero, A. Sánchez. *Ontology based CBR with jCOLIBRI*. Procs. of the 26th SGAI Int. Conference AI-2006. Springer-Verlang (2006).