
Fundamentos de Ingeniería de la Web: Ontologías, Web Semántica y Agentes de Software

Luzmila Pró Concepción

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

lproc2003@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio investigará sobre las bases tecnológicas como son ontologías, web semántica y agentes de software que se encuentran relacionadas y describirá escenarios futuros en el cual la web semántica tendrá un rol fundamental en el día a día de la vida de los individuos.

El presente estudio presenta una base conceptual que permite desarrollar sistemas inteligentes con la conceptualización de la representación del conocimiento y las tecnologías base que constituyen los servicios Web Semánticas y que además es base del estudio "Una propuesta de Sistema Inteligente para apoyar en el diagnóstico de la TBC utilizando ontologías y agentes de software".

En ese contexto, se realizarán investigaciones sobre Ontologías, que son fundamentos semánticos que tienen aplicaciones en las ciencias de la salud y las ciencias filosóficas. Las ontologías incluyen definiciones, conceptos básicos en un campo determinado y establecen la relación entre ellos, es decir que permiten definir términos utilizados para describir, representar un área de conocimiento. Las bases de datos y las herramientas son aplicadas por los usuarios que necesitan compartir información específica, en un campo determinado como pueden ser las finanzas, la medicina, el deporte, etc.

La Web Semántica es una web perfeccionada, dotada de mayor significado, con la cual cualquier usuario en internet podrá encontrar respuestas a sus preguntas de forma más rápida y sencilla, gracias a una mejor definición de la información.

Un Agente de Software es un proceso computacional que implementa una funcionalidad comunicativa autónoma en una aplicación.

Palabras clave: Ontologías, Web semántica, Agentes de software, representación del conocimiento, sistemas inteligentes.

ABSTRACT

The present study to search investigate on the technology bases as Ontology, Web Semantic, Software Agents, that as related, and describe future scenarios in which the Semantic Web will have a fundamental role in the day to day life of individuals.

The present study present a base conceptual to do research and allows development Intelligent Systems, with conceptualization of the knowledge representation ontology and the base Technology what constitute the Semantic Web and Services and also it base of Investigate of Project: "A proposal of Intelligent Systems to support in the Diagnostic of TBC using Onthology, and Software Agents".

En this context to do research on the Ontology's what fundamentals semantics what have applications in the Science of the Health and the Philosophical Sciences. The Ontologies including technology, basics concepts in the campus determinate and established the relation between these and. what to permitted define terms using

for describe, representation an area of the Knowledge, are application for the users, the data bases and tools that requires to share the specifically information in the campus determinate can be the finances, medicine, sport, etc.

The Web Semantic is an Web improved, provided of the great to mean with the which, the other user en the internet can be found answer to the question as the form very quick and singular, thanks at the best definition the information.

An Software Agent is a process computational what implant a functionality communicative and autonomous in the application.

Keywords: Ontology, Semantic Web, Software Agents, Knowledge representation, intelligent systems.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio es un marco conceptual sobre las tecnologías de la ingeniería de Web Semántica en el que se tratará sobre las ontologías, la web semántica y los agentes de software. Es, además, base conceptual para realizar el proyecto de investigación “Una propuesta de Sistema Inteligente para apoyar en el diagnóstico de la TBC utilizando ontologías y agentes de software”, dado que el proyecto utiliza la tecnología de desarrollo: Web semántica e Ingeniería Ontológica, y por otra parte, el paradigma Agentes de Software para Inteligencia Artificial Distribuida, centrándose en las necesidades del país en cuanto a salud se refiere. Por ello, se ubica dentro de las áreas prioritarias establecidas en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología y que para su realización usan Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs).

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. La WWW o Web

La web se ha convertido en un instrumento de uso cotidiano para el intercambio de información en nuestra sociedad. En 1990, Tim Berners-Lee presentó un proyecto de “World Wide Web” en el CERN (Suiza), que llegó a superar a medios como la radio o televisión y se ha constituido junto con el papel en uno de los medios de publicación más importantes en la sociedad actual. La arquitectura inicial de la Web estaba basada en tres pilares fundamentales: HTML, URLs y HTTP. El W3C

presentó la arquitectura de la Web del mañana, sobre la sólida base proporcionada por tres tecnologías: URL, HTTP 1.1 y XML, como se muestra en la Figura 1.

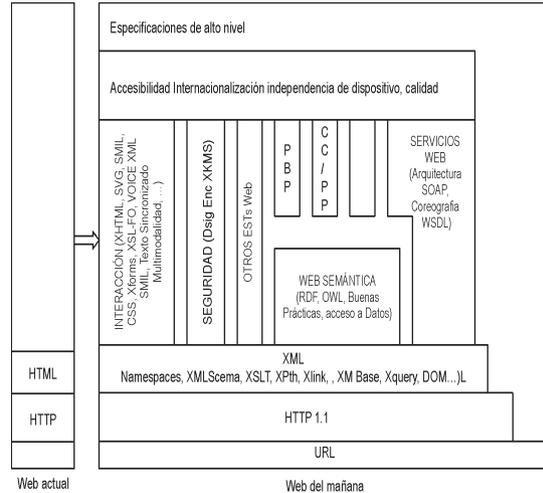


Figura 1. Web del mañana

En este proceso de evolución, una primera etapa se basó en el uso de tecnologías de simple publicación de contenidos (basadas en HTML, así como información textual con enlace de contenidos gráficos o multimedia), donde el centro de atención era la interacción con datos, diseñadas principalmente para consumo humano. La Web del mañana se encuentra en la búsqueda de significado y enriquecimiento de los datos, así como la interacción entre máquinas donde un componente importante es la interacción entre aplicaciones.

A partir del análisis de la figura anterior, se puede observar que por encima de la capa base XML se encuentra una capa horizontal compuesta por tecnologías base.

Interacción: Componente relacionado con las tecnologías que forman parte de la interfaz de usuario para la Web, cuyo lenguaje de marcado básico es XHTML. También forman parte de esta capa los lenguajes de segunda generación en la Web (CSS, MathML, SML y SVG), finalmente, se desarrollan lenguajes que formarán parte de la próxima generación de interfaces web (Voice XML, Interacción Multimodal y XForms).

Seguridad: Garantiza la integridad, la confidencialidad y autenticidad de los datos que fluyen a través de la web. Se ha convertido en un requisito esencial. Dos

estándares incluidos dentro de este grupo son XML, Encryption y XML Signature.

Web Semántica: Iniciativa nacida del mundo académico, pone énfasis en los datos y en el significado de estos.

Servicios Web: Iniciativa nacida del mundo empresarial enfocada en la comunicación entre aplicaciones.

2.2. Representación del conocimiento

La representación del conocimiento se enfoca en el diseño de formalismos epistemológicos y computacionalmente apropiados para expresar el conocimiento en un área en particular.

El conocimiento se representa en los sistemas de información mediante formalismos. En bases de datos se usan diagramas de entidad-relación para definir los conceptos y sus relaciones en un determinado universo. En programación se utilizan gramáticas y estructuras de datos como clases y objetos. En Ingeniería de Software se usan los lenguajes de modelado como UML que permite definir clases y relaciones. En Inteligencia Artificial se usa la Lógica Matemática y las Estructuras de Datos. En la Lógica Matemática destacan los enfoques basados en Lógica y los basados en Reglas. En los sistemas basados en Lógica utilizan formulas Lógicas para representar relaciones complejas. Dentro de ellas la Lógica de orden mayor tiene el poder expresivo más alto. Pero, este mecanismo tiene desventajas en el manejo de grandes combinaciones de conceptos. Se entiende por lógica de mayor orden un lenguaje en el que las variables pueden aparecer en cualquier parte donde los predicados y/o funciones lo hagan. Si no se requiere una semántica de orden mayor, esta puede ser simplificada en Lógica de primer orden (FOL). La Lógica de Predicados es un ejemplo donde la sintaxis y la semántica son ambas de primer orden. Los sistemas basados en reglas permiten definir el conocimiento en forma de cláusulas IF_THEN. Estas reglas son usadas por el motor de razonamiento para inferir conocimiento a partir de las reglas definidas. En sistemas de representación del conocimiento basados en estructuras de datos, se tiene:

- **Redes Semánticas:** Son un conjunto de nodos, los cuales representan objetos, conceptos o situaciones y enlaces que representan las relaciones existentes entre los nodos.

- **Marcos o (frames):** Representan conceptos denominados clases y relaciones llamados slots.
- **Redes de Herencia Estructurales:** Desarrolladas para subsanar ambigüedades de las dos anteriores y cuya puesta en práctica se realizó en el sistema KL_ONE.
- **Sistemas Terminológicos o Descriptores Lógicos:** Basadas en un tipo de lenguaje de representación que usa Lógica y que ha sido diseñado para razonar sobre redes semánticas y frames.
- **Grafos, Redes de Petri, Mapas Tópicos:** son estructuras de representación de más bajo nivel, son la base formal de otros mecanismos recientes de representación del conocimiento.

Las formas de razonar sobre redes semánticas y marcos son el emparejamiento. Por ejemplo, identificación de objetos que tiene propiedades comunes y herencia de propiedades, en la cual las propiedades son inferidas para una subclase.

La representación del conocimiento es un área multidisciplinaria que aplica teorías y técnicas de los campos de la Lógica, Ontologías y la computación, así mismo la Lógica provee la estructura formal y las reglas de inferencia y sin ella no existirían criterios para determinar si hay sentencias ambiguas o redundantes. Las ontologías definen los tipos de cosas que existen en el dominio de aplicación, permitiendo que los términos y símbolos estén bien definidos y no den lugar a confusión (SOWA, 1999).

2.3. Ontologías

2.3.1. De los metadatos a las Ontologías

Los metadatos son datos acerca de datos y denotan cualquier tipo de conocimiento que pueden usarse para conseguir información sobre la estructura y el contenido de una colección de documentos. Por ejemplo, estableciendo una analogía con una biblioteca, los datos son los libros, mientras que los metadatos son la información contenida en las fichas, es decir, el título del libro, autor, editorial, etc. Lo más importante en el entorno de los metadatos es la interoperatividad entre diferentes entidades que no tienen por qué compartir el mismo conocimiento y tecnología. Los metadatos describen contenido, calidad, condición y otras características de los datos. Describen el quién, qué, cuándo, dónde, por qué y el

cómo sobre un conjunto de datos. Sus aportaciones se pueden resumir en dos aspectos:

1. Información descriptiva sobre un objeto o recurso, como se presenta en la Tabla 1.

| DATOS | METADATOS |
|-----------------|-----------|
| Juan Pérez | Nombre |
| Av. Wilson 1020 | Dirección |
| Lima Cercado | Distrito |
| Lima | Provincia |

Tabla 1. Descripción de recursos

2. Permiten el etiquetado o catalogado. Los metadatos estructuran los contenidos, por lo que se requiere algo que nos permita estructurar la semántica de un recurso, ese algo se denomina Ontología (Ver Figura 2). Lo importante de las Ontologías es que permiten compartir y reutilizar bases de conocimiento de manera computacional.

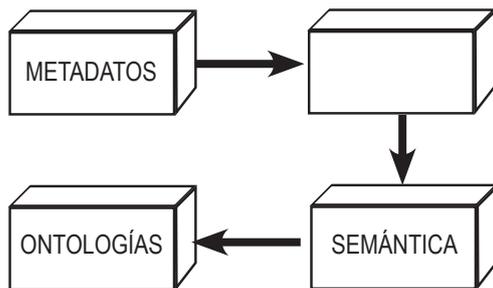


Figura 2. De metadatos a Ontologías

El uso de Ontologías proporciona una forma de representar y compartir conocimiento haciendo uso de un vocabulario común. Mediante esta representación, utilizando un formato de intercambio de este conocimiento, se puede tener la posibilidad de ampliar, integrar otras ontologías o reutilizarlas en la aplicación de otros dominios.

¿Que es semántica? Para responder a esta pregunta, pensemos en lo que ocurre cuando se lee un texto y se encuentra en él una serie de símbolos. Estos símbolos serán interpretados (su significado) con respecto a un modelo mental. Es decir, que posee el significado (semántica) (de alguna parte) del mundo en nuestras mentes. Cualquier otro individuo realizará su interpretación

según su propio modelo mental, que obviamente no tiene por qué ser común al resto de los individuos. Por lo tanto, se puede asegurar que no hay conocimiento en estos documentos sin alguien o algo que interprete su semántica. Por ejemplo, si se desea tener conocimiento en múltiples documentos, se requiere, por lo menos parcialmente, automatizar el proceso de interpretación semántica. Se necesita escribir y representar computacionalmente una porción de nuestros modelos mentales sobre dominios específicos. Las ontologías son una herramienta fundamental para lograr este objetivo. Las ontologías intentan limitar las posibles interpretaciones a un solo modelo mental (el que se desee expresar). Un lenguaje de representación del conocimiento incluye una sintaxis del lenguaje (describe la configuración que puede constituir de sentencias) y Semántica (determina los hechos y significado basado en sentencias).

2.3.2. Ontología desde el punto de vista de la filosofía

En filosofía, una ontología es una teoría que trata de la naturaleza y organización de la realidad, es decir, de lo que "existe"; conocimiento del ser (del griego *onto*, 'ser' y *logos*, 'conocimiento').

Platón trató con la cuestión de dar un apropiado nombre a las cosas, en su opinión esto era de suma importancia para que cualquiera pudiera unívocamente identificarlas. Aristóteles más allá de la cuestión de los nombres, se interesó por las definiciones. Una definición significaba explicar claramente lo que una cosa era mediante la existencia de una declaración esencial de la entidad. Por tanto, él creyó que para decir lo que era, siempre requería decir por qué era ese algo. El ignoró las limitaciones inevitables de comunicar el significado vía un lenguaje y las ambigüedades creadas por el cambio implícito de los sentidos diferentes de significado.

2.3.3. Definiciones de Ontologías

Gottlob Frege introdujo una distinción entre dos tipos de significado: el concepto y el referente. La interpretación gráfica de esta distinción es comúnmente referida como el "triángulo del significado" (meaning triangle) y fue introducida por Ogden y Richards en 1923. El "meaning triangle" (Ver Figura 3) define la interacción entre símbolos o palabras, pensamientos y cosas del mundo real.

El diagrama ilustra que aunque los símbolos no pueden completamente capturar la esencia de una referencia (o concepto) o de un referente (o cosa), hay una correspondencia entre ellas. La relación entre una palabra y un cosa es indirecta. El enlace puede solamente ser completado, cuando un interprete previamente procesa la palabra, la cual invoca un correspondiente concepto, para posteriormente enlazar este concepto a una cosa en el mundo. Hay una cierta correspondencia entre este triángulo de significado y el aspecto que cubren cada uno de los elementos. Por ejemplo, si utilizamos los símbolos "Juan" + "Pérez" (sintaxis: símbolos) para dar un sentido o evocar el concepto <Juan Pérez>, este concepto referenciará o denotará (mediante su semántica: significado) a un referente en el mundo real o posible (aspecto pragmático: uso).

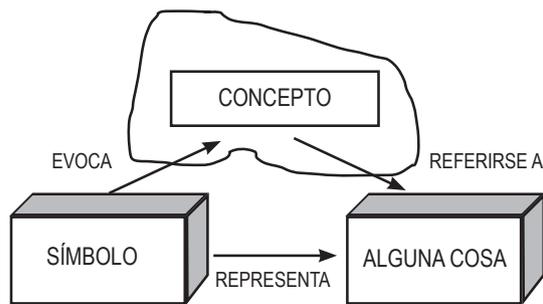


Figura 3. "Triángulo del significado". Desde metadatos a Ontologías.

En Inteligencia Artificial es muy utilizado el término de "Ontología", los investigadores lo han incorporado a su vocabulario. En el campo de la Inteligencia Artificial "lo que existe es aquello que puede ser representado".

"Una ontología define los términos básicos y relaciones incluyendo el vocabulario de un área, como las reglas para la combinación de términos y relaciones para definir ampliaciones de un vocabulario". Esta definición da los pasos a seguir para crear una ontología: identificar términos básicos y relaciones entre los términos y las relaciones. Así, una ontología no incluye solo los términos que son explícitamente definidos en ella, sino que también los términos que pueden ser deducidos usando reglas.

En 1993, Gruber sostuvo que "Las ontologías definen una especificación explícita de una conceptualización". En 1997 se modificó ligeramente la definición de Gruber

de esta manera: "las ontologías se definen como una especificación formal de una conceptualización compartida". Estas dos definiciones fueron ampliamente explicadas por el equipo de trabajo. Para Guarino (1998), "una ontología es una fuerte estructura semántica que codifica reglas implícitas restringiendo la estructura de una porción de la realidad". Con las definiciones vertidas, se puede ver que una ontología puede ser una descripción formal de semántica, el vocabulario de una teoría lógica y la especificación de una conceptualización.

2.3.4. Componentes de las ontologías

Las ontologías tienen componentes que servirán para representar el conocimiento de algún dominio (Gruber, 1993):

- **Conceptos:** Son las ideas básicas que se intentan formalizar. Los conceptos pueden ser clases de objetos, métodos, planes, estrategias, procesos de razonamiento, etc.
- **Relaciones:** Representan la interacción y enlace entre los conceptos del dominio. Suelen formar la taxonomía del dominio.
- **Funciones:** Son un tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología.
- **Instancias:** Se utilizan para representar objetos determinados de un concepto.
- **Axiomas:** Son teoremas que se declaran sobre las relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología. Permiten junto al mecanismo de la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no este indicado explícitamente en la taxonomía de conceptos.

2.3.5. Tipos de Ontologías

La clasificación de las ontologías según la cantidad y tipo de la conceptualización distingue tres tipos:

1. **Terminológicas:** Especifican términos que serán usados para representar conocimiento en el universo del discurso. Suelen ser utilizados para unificar el vocabulario en un dominio determinado.
2. **De información:** Especifican la estructura de almacenamiento de bases de datos estandarizados.

3. De Modelado del conocimiento: Especifican conceptualizaciones del conocimiento, contienen una rica estructura interna y suelen estar ajustados al uso particular del conocimiento que describen.

En la clasificación de ontologías teniendo en cuenta la conceptualización, se distinguen tres tipos:

1. Ontologías de dominio: Se representa el conocimiento especializado pertinente de un dominio o subdominio.
2. Ontologías genéricas: Se representan conceptos generales y fundacionales del conocimiento como estructuras parte / todo, la cuantificación, los procesos o los tipos de objetos, independientes de un dominio en particular.
3. Ontologías representacionales: Especifican las conceptualizaciones que subyacen a los formalismos de representación del conocimiento, se les denomina meta-ontologías (meta level o top-level ontologies). A estos tres tipos, Guarino (1998) añade las ontologías que han sido creadas para una actividad o tarea específica (denominado task ontologies). Por ejemplo, la venta de productos o el diagnóstico de una enfermedad.

2.4. Web Semántica

La Web Semántica “es una extensión de la Web actual en la que se proporciona la información con un significado bien definido y se mejora la forma en la que las máquinas y las personas trabajan en cooperación” (BERNERS-LEE, 2001).

La Web Semántica propone superar las limitaciones de la Web actual introduciendo descripciones explícitas del significado, la estructura interna y la estructura global de los contenidos y servicios disponibles en la WWW, tiene como visión la búsqueda de una web más inteligente donde la comunicación sea más efectiva entre los computadores y centrando mayor esfuerzo en la búsqueda de descripciones enriquecidas semánticamente para los datos en la Web. En este sentido, las descripciones deben incluir no solo estructuras de datos, sino también las relaciones existentes con otros conceptos, restricciones, reglas que permitan realizar inferencia, etc. Así mismo, la definición y reutilización de vocabularios u ontologías de conceptos que faciliten el procesamiento por parte de las máquinas (BERNERS, 2001).

La Web Semántica está provista de un lugar donde los datos puedan ser compartidos tanto por herramientas de manera automatizada como por la gente. La clave está en la automatización y la integración de los procesos a través de lenguajes legibles por máquinas. Y tal que se permita usar y enlazar gran cantidad de información disponible en la Web, los agentes de software deben ser capaces de comprender la información es decir, los datos deben de estar escritos haciendo uso de una semántica legible y entendible por las máquinas. Por tanto, un documento XML deberá añadirse semántica para que el software pueda establecer el significado de las etiquetas de dichos documentos.

La Web Semántica posee cuatro componentes (BERNERS-LEE, 2001):

- Expresar el significado: La Web Semántica brinda una estructura y añade semántica al contenido de las páginas Web, creando un entorno para que los agentes software puedan viajar de una pagina a otra llevando a cabo sofisticadas tareas para los usuarios.
- Acceso a representaciones del conocimiento: la Web Semántica se encarga de resolver las limitaciones de los sistemas de representación de conocimiento tradicionales creando lenguajes de reglas expresivas como para permitir a la Web razonar en forma amplia.
- Ontologías: Sirven para conseguir que los computadores sean mucho más útiles. La Web semántica extiende la Web actual con conocimiento formalizado y datos que son procesados por los computadores. Son capaces de buscar y procesar información relativa a alguna materia de interés, los programas necesitan información que haya sido modelada de una forma coherente. Una ontología modela todas las entidades y relaciones en un dominio. La ontología es necesaria para la representación del conocimiento. La clave de las ontologías es poder compartirlas y por lo tanto incrementan su eficiencia e interoperabilidad. Pero puede darse el caso en que dos organizaciones distintas usen dos nombres diferentes para identificar el mismo concepto, ante esto, es crucial la habilidad para asociar los términos de una y otra (mapping o mapeado) para mantener las ventajas de la Web Semántica.
- Agentes: La potencia real de la Web Semántica se conoce cuando los agentes son capaces de mane-

jar el contenido semántico, y estos se usan para recoger, procesar información Web e intercambiar resultados con otros agentes.

2.4.1. Estructura de una Web Semántica

Tim Berners-Lee (1998) ideó una infraestructura de lenguajes y mecanismos para poder llevar a cabo la idea de la Web Semántica. Esta infraestructura se puede esquematizar en diferentes capas o niveles. Esta estructura de capas definida para la Web Semántica fue presentada por Berners-Lee durante su "XML Conference de 2000" (Ver Figura 4).

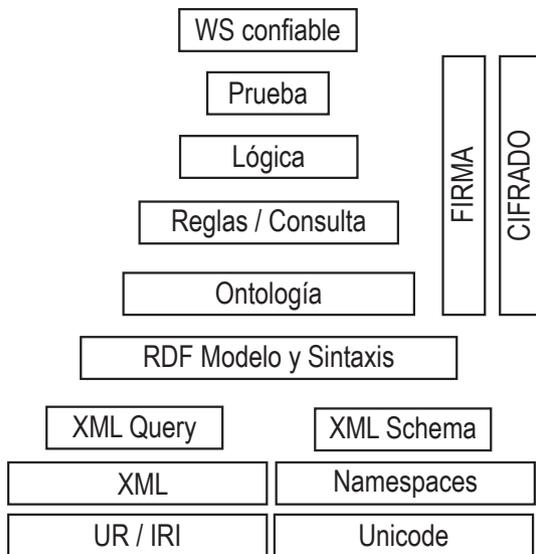


Figura 4. Esquema de la Web Semántica.

2.5. Sistemas multiagentes (SMA)

2.5.1. Conceptos

La FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) define un agente como "Un proceso computacional que implementa una funcionalidad comunicativa autónoma en una aplicación" (FIPA, 2002).

Según ARPA, y su proyecto KSE (Knowledge Sharing Effort), OMG (Object Management Group) y su proyecto MASIF (Mobile Agent System Interoperabilities Facility) y Agent Society han definido estándares para la

construcción de agentes (arquitecturas, protocolos de comunicación, aplicaciones, etc.).

2.5.1. Tipos de agentes

Wooldridge (1999) los clasifica de la siguiente forma: de información (Internet), de Interfaz, de colaboración, móviles, reactivos, híbridos, heterogéneos. Asimismo, define un agente de software como "Un sistema computacional capaz de realizar acciones independientes en beneficio de su usuario o dueño".

Los agentes de información son agentes software que tienen acceso a múltiples fuentes de información heterogéneas geográficamente distribuidas.

Las características más importantes de los agentes son: Intentan resolver los problemas asociadas al manejo de información en Internet; pueden asistir al usuario en la búsqueda y filtrado de información relevante; pueden informar de la disposición de nuevos datos de interés; ayudan al usuario en la ejecución de tareas, generalmente mediante el uso de las preferencias de este; además, deben ser capaces de actuar adecuadamente ante situaciones no previstas, es decir deberían tener capacidad de aprendizaje.

Los agentes son capaces de llevar a cabo sus tareas de manera independiente (agentes no cooperativos o individuales) o trabajar de manera coordinada con otros agentes (agentes cooperativos o sistemas multiagente).

El término "sistema multiagente" es usado para definir todos los tipos de sistemas compuestos por múltiples componentes autónomos que poseen características como: cada agente tiene capacidad de solucionar el problema parcialmente, no hay sistema global de control, los datos no están centralizados, la computación es asíncrona (JENNINGS, 1998).

Un sistema multiagente es aquel que opera gracias a la interacción entre agentes de software, ya sea cooperando o compitiendo, a fin de cumplir con los objetivos (posiblemente contradictorios) de sus usuarios. Los agentes del sistema interactúan entre sí mediante el envío de mensajes. De esta manera, puede coordinarse, cooperar o negociar entre sí, según los requerimientos del sistema en cuestión (WOOLDRIDGE, 1999).

2.5.3. Componentes de sistemas multiagentes

Un modelo de referencia de administración de agentes establece los elementos básicos que deberían formar parte de un sistema multiagente (FIPA, 2004). Los agentes serán procesos computacionales que se comunican mediante un lenguaje de comunicación de agentes (ACL), cuyas entidades se observa en la Figura 5, y pasamos a exponer a continuación:

Software: Es una colección de instrucciones ejecutables y accesibles por ellos para, por ejemplo, añadir nuevos servicios o adquirir nuevos protocolos de comunicación.

Plataforma de Agentes (AP): Proporciona la infraestructura física en la que se desenvolverán los agentes, que consiste de hardware, sistema operativo, software de soporte, el DF, AMS y MTS mencionados anteriormente y los agentes.

Agente: Es el principal actor en la plataforma y combinará una o más capacidades de servicios, publicados en un descriptor de servicios. Debe tener un dueño, deberá implementar por lo menos alguna noción de identidad, denominada identificador del agente (AID) que le permitirá al agente ser distinguido dentro de su universo.

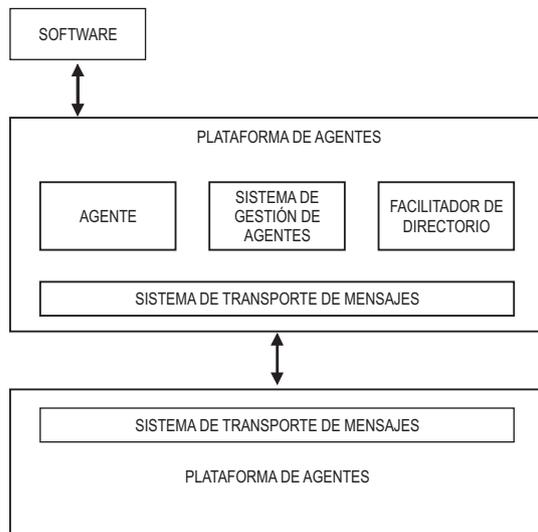


Figura 5. Modelo de referencia de administración de agentes

Sistema de Gestión de Agentes (AMS): Componente obligatorio, supervisa el acceso/uso de la Plataforma de

Agentes (AP). Solo debe existir un AMS en la AP, mantiene un directorio de AIDs, direcciones de transporte de los agentes registrados, cada agente debe registrarse en el AMS para obtener un AID. Realiza tareas como crear agentes, destruirlos, migración en la plataforma, mantener un índice de agentes que residen en la AP. realiza operaciones: registrar agentes, cancelar, modificar, buscar, ordenar al AP suspender, terminar, crear, reanudar su ejecución, invocarlo o ejecutar.

Facilitador de Directorio (DF): Según la FIPA (2004), es un componente opcional, pero útil, ya que puede proporcionar servicio de páginas amarillas a otros agentes. Los agentes podrán registrar en él los servicios, preguntarle por el servicio ofrecido por un agente o qué agente ofrece un servicio determinado, cancelar un registro o modificar los datos de este.

Sistema de Transporte de Mensajes (MTS): Método de comunicación entre agentes en distintas APs. Un agente, como un proceso, tiene un ciclo de vida que debe ser administrado por la AP.

2.5.4. Clasificación de agentes en un sistema de agentes cooperativo

Se pueden distinguir tres tipos de agentes:

- **Agentes proveedores:** Son la base de la cadena de consumo de la información y servicios. Son agentes productores, proporcionan capacidades, como por ejemplo, servicios de búsqueda de información de sus usuarios a otros agentes.
- **Agentes solicitantes:** Consumen información y servicios ofertados por agentes proveedores en el sistema.
- **Agentes intermedios o intermediarios:** Tienen las entidades a las que otros agentes comunican sus capacidades y que ni proveen ni solicitan servicios desde el punto de vista de la transacción. Su ventaja es que permiten a los SMA operar de una forma robusta a pesar de tener que afrontar la aparición, desaparición y movilidad de los agentes. Para que pueda llevarse a cabo una correcta mediación, los proveedores tienen que registrar sus capacidades ante uno o varios agentes intermedios. Los solicitantes o consumidores pueden solicitar a un agente intermedio, quien de los posibles proveedores puede llevar a cabo un determinado servicio o la intermediación para realizar un servicio. La función

del intermediario es mediar para que pueda tener lugar una correcta comunicación entre solicitantes y proveedores. En DEC 97 definen un agente intermedio como aquel que ayuda a otros a localizar y conectar con agentes proveedores de servicios. Requiere de un mecanismo para avisar, encontrar, fusionar, usar, presentar, gestionar y actualizar los servicios y la información de los agentes.

Hay varios tipos de agentes que pertenecen a la definición de agentes intermedios o mediadores:

- **Facilitadores:** Son agentes a los cuales otros agentes subordinan su autonomía a cambio de sus servicios. Son coordinadores de las actividades de los agentes, pueden satisfacer peticiones en beneficio de sus agentes subordinados.
- **Mediadores:** Son agentes que explotan el conocimiento codificado para crear servicios de más alto nivel para las aplicaciones.
- **Pizarras:** Es un repositorio de agentes que recibe y trata peticiones de proceso para otros agentes.
- **Brokers:** Son agentes que reciben peticiones y realizan acciones usando servicios de otros agentes en conjunción con sus propios recursos.
- **Emparejadores (Matchmakers) y páginas amarillas:** Asisten a los que solicitan un servicio para buscar un proveedor de servicios, basándose en las capacidades comunicadas anteriormente.

2.5.5. Tendencia de la tecnología de agentes

La aplicación del paradigma de agentes en el desarrollo de diferentes aplicaciones requiere el desarrollo de metodologías cuyo enfoque no solo sean los componentes internos de los agentes que intervienen sino que además contengan modelos y métodos para todo tipo de actividades a través del ciclo de vida del software. Últimamente han aparecido diferentes aproximaciones que tratan de presentar una metodología para el desarrollo de sistemas Multiagentes, que presenta una visión general de esas propuestas tales como AUML (Agent Unified Modeling Language), GAIA, MASSIVE (Multiagents Systems Interactive View Engineering), MASS-CommonKADS Tropos, MASE (Multiagent System Engineering), MESSAGE (Methodology for Engineering Systems of Software Agents) y otros.

Los protocolos de interacción necesarios para la comunicación entre diferentes agentes, arquitecturas de desarrollo y aplicaciones de agentes, se encuentran disponibles en Multiagents, 2004. Existen muchos entornos de desarrollo de plataformas Multiagentes tanto no comerciales como comerciales: JADE, ZEUS, Tryllan, Aglets Software Development Kit, Ajanta, FIPA-OS Grasshopper, etc. Entre las plataformas no comerciales destaca JADE por su entorno y sus características.

2.5.6. Java y la tecnología de agentes

JADE (Java y la tecnología de agentes) tiene una plataforma de agentes y un paquete para desarrollar agentes Java, describe "un marco de trabajo para desarrollar software orientado al sistema Multiagentes y aplicaciones relacionadas con los estándares del FIPA para agentes inteligentes" (JADE, 2004). Y cumple con los estándares FIPA. JADE ofrece una plataforma distribuida para aplicaciones basada en agentes, usa herramientas visuales para administrar a los agentes, así como la depuración, movilidad y ejecución. JADE es distribuida, permite ejecutar una plataforma de agentes en varias máquinas virtuales de Java, cada una ejecutando un contenedor de agentes. JADE implementa los estándares FIPA como: Sistema de Administración de Agentes (AMS), Facilitador de Directorios (DF), Canal de Comunicaciones entre Agentes (ACC), y agentes JADE y el diseño de agentes en JADE. Según la propuesta de FIPA, el diseño de una arquitectura SMA, los agentes residen en un entorno predefinido que se llama plataforma. Cada plataforma consta de contenedores y cada uno contiene agentes. Los contenedores son los dominios de agentes. Por ejemplo, si se habla de control de tráfico, entonces se puede pensar que cada contenedor podría ser una ciudad que mantiene una serie de agentes que son centros de control de tráfico. En la Figura 6 hay varios hosts con sus propios elementos y comparten el entorno de comunicación. En cada host se ejecuta una máquina virtual de Java (JVM) llamada contenedor (container). Cada contenedor provee un entorno de ejecución completo que permite a los agentes ejecutar concurrentemente. En el contenedor principal (main container) residen el AMS y DF y el registro RMI (Remote Method Invocation) a través del cual se conectan con el main container.

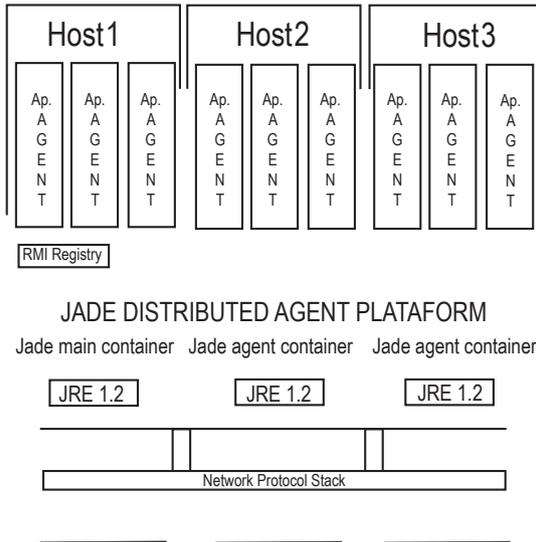


Figura 6. Plataforma de Agentes JADE distribuida sobre varios contenedores.

3. METODOLOGÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE ONTOLOGÍAS, METADATOS, Y MÉTODOS

Al diseñar una ontología, se debe tener en cuenta que la ontología resultante cumpla ciertas características. Si cumplen estas características, se tendrá la garantía de una ontología eficiente en las aplicaciones que se aplican.



Figura 7. Clasificación de ontologías según su uso y reutilización.

Diversos autores han aportado en establecer un estándar metodológico para el desarrollo de ontologías. El proceso de desarrollo de ontologías se refiere a las tareas que se han de llevar a cabo para construir las. Adaptando el estándar establecido por la IEEE 1074-19945 (IEEE, 1996) para el desarrollo de software general, las tareas identificadas para el desarrollo de ontologías se clasifican en tres categorías.

- Actividades ligadas al manejo del proyecto: Para la planificación, control del seguimiento de la planificación y actividades que aseguran la calidad del producto.
- Actividades orientadas al desarrollo de la ontología: Permiten la especificación, conceptualización, formalización, implementación, y mantenimiento.
- Actividades Integrales: Intervienen desde la adquisición de conocimiento, integración, con otras ontologías, evaluación, y documentación.

Existen dos métodos principales para la construcción de ontologías (GÓMEZ, 2004):

Kactus: Es un método de construcción de ontologías, toma una base de conocimiento y a partir de esta, determina y conceptúa cuáles son los términos y relaciones más importantes que representarán a la ontología (Berners, 1996).

Sensus: Es un método que representa ontologías construidas, a partir de una ontología general genera una ontología más especializada.

La metodología de construcción de ontología orientada al objetivo destaca Methontology (GÓMEZ, 2004), recomendada por FIPA (2004), que lleva a cabo mediante tareas de especificación, adquisición de conocimiento, conceptualización, integración, implementación, evaluación, y documentación de las ontologías.

La metodología orientada al proceso: On-To-Knowledge (OTK), parte de la identificación de metas, objetivos, herramientas de soporte para manejar el conocimiento, estudio de factibilidad, la fase inicial de Kickoff, refinamiento, inferencia, evaluación, y aplicación- evolución.

El método Cyc KB: Codifica la información extraída a mano y la adición posterior de más información usando herramientas de soporte y formalización. La metodología de Gruninger (1995) identifica escenarios y formula preguntas (Competency Questions), extrae conceptos, relaciones relevantes y formaliza en Lógica de Primer Orden.

Aún no existe una metodología estándar para la creación de ontologías, sin embargo pueden realizarse en 4 pasos:

- Identificación del propósito y del alcance: Especificar el contexto de aplicación y el modelado. El contexto de la aplicación describe el dominio, los

- objetos de interés y las tareas ha realizar. El modelado describe el tipo de modelo.
2. Construcción de la ontología: Mediante las etapas de captura, codificación (representación explícita de la conceptualización en un lenguaje formal) e Integración de ontologías existentes y ver si son reutilizables.
 3. Evaluación del diseño: Es tener en cuenta aspectos como posible reutilización de la ontología construida.
 4. Documentación y reutilización: La documentación debe llevarse a cabo en forma paralela a la realización de las etapas anteriores, incluyendo la justificación de las decisiones tomadas, la evaluación, el conocimiento adicional para usarla, etc. Y debe ser indexada y colocada con las ontologías existentes para su posible reutilización.

Los métodos y metodologías no han sido creados solo para construir ontologías desde cero. Al reutilizar una ontología puede suceder que se encuentra implementada en un lenguaje con un paradigma de representación del conocimiento diferente a las convenciones de representación usadas en ontología que la reutiliza, que tenga diferentes enfoques, etc. La solución a este tipo de problemas Methontology incluye un método de reingeniería basado en actividades de reingeniería inversa que permite obtener el modelo conceptual desde el código de implementación (GOMEZ, 2004).

3.1. Lenguajes para desarrollar Ontologías

Los lenguaje de ontologías se pueden dividir en dos grupos cronológicos:

Primero surgieron los lenguajes tradicionales de especificación de ontologías empleados en los sistemas de representación de conocimiento, después han surgido los Lenguajes de especificación basados en Web.

1. Lenguajes Tradicionales: Para representar el conocimiento se basan en frames, lógica descriptiva, predicados de primer y segundo orden o los orientados a objeto, estos son:

- Ontolingua: Lenguaje de ontología basado en KIF y en Frame Ontology (FO) empleado en el Ontolingua Server. KIF (Knowledge Interchange Format) se le utiliza en problemas de representación del conocimiento.

- OKBC Protocol (Open Knowledge Base Connectivity Protocol): Protocolo basado en el GFP (Generic Frame Protocol) basado en frames, utilizado como complemento de lenguajes de representación del conocimiento.
- OCML (Operational Conceptual Modeling language): es un lenguaje basado en frames.
- FLogic (Frame Logic): Lenguaje basado en frames, también hace uso de lógica de primer orden.
- LOOM: Lenguaje de programación orientado a construir sistemas expertos y aplicaciones de inteligencia artificial, basado en Lógica descriptiva (DL), es una mezcla de paradigmas de frames y reglas.

2. Lenguajes de ontologías basados en Web y estándares: Desarrollados y orientados para ser usados en la Web, estos lenguajes anotan su código en las paginas Web para agentes Web o programas que interactúan con ellas.

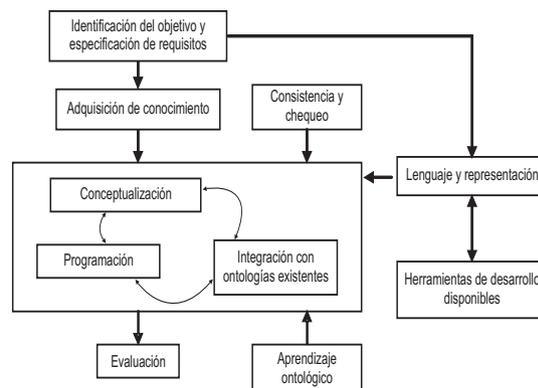


Figura 8. Ingeniería y adquisición ontológica.

Los principales lenguajes de ontologías basados en Web son XML, DTD, y XML Schema.

XML apareció en 1998 y a la fecha se han definido una multitud de estándares para modelar información en dominios específicos como finanzas (XBRL, RIXML, FpXML, ebXML, etc.), periodismo (News ML, por ejemplo XMLNews, PRISM), enseñanza (SCORM, IEEE, LOM y otros), medicina (NLM Medicine, SCIP-HOX, CDA, etc.) y otras áreas. XML es un lenguaje en

el que e-bussines se apoya para mejorar sus servicios, fue desarrollado por el grupo W3C. XML se caracteriza por su flexibilidad, puede escribir un documento en DTD (Document Type Definition) o un XML SCHEMA que defina la estructura de un documento XML, representa la información en la forma deseada. Se le incluye como un lenguaje de especificación de ontologías, no está orientado a cumplir este objetivo sino al intercambio de datos. XML, es el pilar en el que se sustentan el resto de lenguajes o tecnologías web. XML supone un formato universal como que “todo debe estar escrito en XML”.

- XOL (XML – Based Ontology Exchange language), es un lenguaje que establece un formato de intercambio de ontologías entre bases de datos, aplicaciones, pero no para su especificación.
- SHOE (Simple HTML Ontology Extension), desarrollado para ampliar HTML incorporando semántica en los documentos en este formato para que las máquinas los procesen.
- RDF (Resource Description Framework (Schema), desarrollado por W3C establece la sintaxis y estructura que permite la descripción de metadatos y permite que el significado sea asociado con los datos a través de RDF Schema, el cual facilita la definición de Ontologías específicas de dominio.
- OIL (Ontology Interchange language) (OIL, 2002): Permite la especificación de ontologías y además sirve como lenguaje de intercambio de estas.
- DAML + OIL es un lenguaje de Lógica descriptiva. De este lenguaje se puede decir que es la evolución de los RDFs.
- OWL (Ontology Web Language) (OWL, 2004), desarrollado por el grupo de trabajo W3C como la búsqueda de un lenguaje de especificación de ontologías que sirva como estándar, también es una extensión de RDFs y en ella se redefinen recursos y propiedades. OWL se divide en tres niveles: OWL Lite, es la versión más simple para programadores principiantes, OWL DL, esta versión tiene el vocabulario de OWL completo, las limitaciones son que las clases no son instancias ni tipos y los tipos no son ni instancias ni clases y no permite restricciones de cardinalidad en propiedades transitivas, y OWL Full, esta versión también incluye el vocabulario completo de OWL, no tiene limitaciones.

4. CONCLUSIONES

Se han realizado estudios sobre Ontologías, Web Semántica y Agentes de Software que nos permitirán desarrollar la aplicación sobre sistemas inteligentes propuesto, así como las metodologías de construcción de ontologías en cuatro pasos.

1. Ontologías: Son un conjunto de fundamentos semánticos que tienen aplicaciones en las ciencias de la salud y otras como la filosofía. Las Ontologías incluyen definiciones, conceptos básicos en un campo determinado, y establecen la relación entre ellos, es decir que permiten definir términos utilizados para describir, representar un área de conocimiento específico, son aplicados por los usuarios, los repositorios o bases de datos y las herramientas que necesitan compartir información específica, en un campo determinado, como puede ser el caso de la salud u otra área en particular.
2. Web semántica: Es una Web perfeccionada dotada de mayor significado con el cual cualquier usuario en Internet podrá encontrar respuesta a sus preguntas de forma más rápida y sencilla.
3. Agentes de software: Son un conjunto de software que pueden automatizar los procesos y pueden ser usados dinámicamente para describir, descubrir, estructurar y componer servicios. El uso de los agentes de Software y sistemas Multiagentes permite el desarrollo de una nueva generación de aplicaciones, basadas en tecnologías emergentes y en un conjunto de estándares abiertos para la Web.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERNERS-LEE, T.; Lassila, O.; Hendler, J. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*, 284(5), pp. 34-43. available at: 1996.
2. FIPA. Specification. Part 2, Agent communication language, foundation for intelligent physical agents, Geneva, Switzerland. <http://www.cselt.stct.it/ufv/leonardo/fipa/index.htm>, 1997.
3. Gómez, Pérez A.; Fernández Pérez, M. *Ontological Engineering*, Springer - Verlag, New York, USA, 2004.
4. Guarino, N. *Formal Ontology and information sys-*

- tems. In: Proceedings of the first international Conference On Formal Ontologies in Information Systems, FOIS'98, Trento, Italy, 1998, pp.3-15.
5. Guarino, N. Welly, C. Evaluating ontological decisions with ontoclean- Communications of the ACMI, Vol. N| N° 2, February 2002, pp 61-65.
 6. Gruber, T. R. (1993) a Translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, Vol 5 N° 2, pp 199-220. Available at: <http://ksl-web.Stanford.edu/KSL- Abstracts/KSL-92-971.html>.
 7. Gruninger, M. , LEE, J. (2002) Introduction to the Ontology Application and design, communications of the ACM, Vol 45, N° 2, pp.39-41.
 8. JADE: Java Agent development Environment, <http://sharon.cselt.it/projects/jade>.
 9. Jennings, N. : On Agent - based Software Engineering. In Proceedings of the Twelfth International Conference on Industrial an Engineering Applications of Artificial Intelligence, 1999.
 10. Wooldridge, M. Jennings N. R. , Kinny D. A methodology for agent –oriented analysis and design. 1999.
 11. RDF Vocabulary description language 1.0: RDF Schema (W#C Recommendation, 10 Feb 2004).
 12. Sowa, J. Principles of onthology 1997, available at: <http://www.kst.stanford.edu.pe/ontostd/mairlchieve/0136.html>.
 13. Sowa, J. F. Knowledge Representation Logical Philosophical and Computational Foundations, Brooks /Cole, Pacific Grove, CA , USA, 1997.
 14. Uschold, M.; Gruninger, M. Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 1996.
 15. W3C The semantic web best practices and development Work Group Semantic web Tutorial Page. Available at: <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/Tutorials>.