

Sistema Basado en Tecnologías del Conocimiento para Entornos de Servicios Web Semánticos ¹

Francisco García-Sánchez Grupo de investigación TECNOMOD
Facultad de Informática, Universidad de Murcia
Campus de Espinardo. Espinardo (Murcia), 30100
frgarcia@um.es

Resumen En esta tesis se presenta un entorno multi-agente que hace uso de ontologías para facilitar la integración de Servicios Web Semánticos y Agentes Inteligentes. La combinación de estas tecnologías permite el desarrollo de aplicaciones complejas que se benefician de las propiedades de autonomía, proactividad y dinamismo aportadas por la tecnología de agentes y de interoperabilidad de datos y procesos promulgada por la Web Semántica y los Servicios Web respectivamente.

Palabras clave: Sistema Multi-Agente, Web Semántica, Ontología, Servicio Web.

1. Introducción

En sus orígenes, la Web fue concebida como un medio donde compartir información. En la actualidad, sin embargo, gracias a los Servicios Web, la Web se ha transformado en una fuente de servicios accesibles desde cualquier punto del planeta. El incremento exponencial de la cantidad de datos publicados en la Web está suponiendo un aumento de la complejidad y el tiempo necesario por parte de usuarios humanos para encontrar la información que precisan. La Web Semántica [1] surgió para dar respuesta a este problema. El mundo de los Servicios Web padece la misma problemática. La cantidad, cada vez mayor, de servicios disponibles hace inviable, en tiempo y eficiencia, que sea un usuario humano el que determine el servicio o servicios necesarios para satisfacer una necesidad concreta, surgiendo lo que se conoce como Servicios Web Semánticos[7]. En ambos casos, el problema es el mismo: la inexistencia de información procesable automáticamente por máquinas. Y, en ambos casos, la solución es equivalente, a saber, incluir información adicional expresada formalmente y que permita a los sistemas informáticos “entender”, en cierto modo, el contenido de los documentos. Con este propósito se hace uso de la ingeniería ontológica, disciplina en la que ‘ontología’ se entiende como una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida [9].

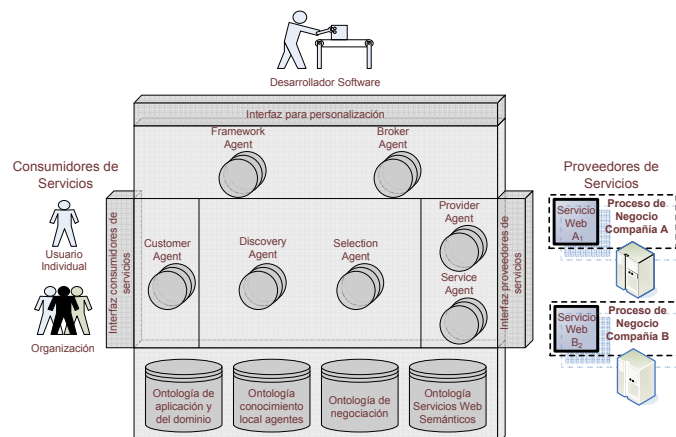
Una vez que la funcionalidad de los servicios ha sido descrita por medio de ontologías, los sistemas informáticos quedan habilitados para acceder a esta información de forma automática sin intervención humana. Es, en este punto, donde aparecen en escena los Agentes Inteligentes [10], los cuales pueden definirse como entidades software encargadas de acceder a la información de los servicios y ejecutarlos en representación de usuarios humanos. Diversas y contradictorias son las propuestas establecidas hasta el momento acerca de cómo ha de tener lugar esta interacción entre tecnologías de agentes y de Servicios Web Semánticos [6, 8]. GODO, Semantic Web Fred y Task Computing son sólo algunos ejemplos de las numerosas herramientas desarrolladas que hacen confluir el mundo de agentes y los Servicios Web. En la mayor parte de los casos, estas propuestas implican la modificación de los estándares pre-establecidos en alguna de las dos tecnologías o la limitación de las propiedades que éstas ofrecen.

¹Esta tesis doctoral ha sido dirigida por los doctores Rodrigo Martínez-Béjar y Rafael Valencia-García de la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia

2. Hipótesis y objetivo

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que existen tres posibles escenarios para conseguir la integración de las tecnologías de agentes y servicios [2]: (1) los Servicios Web proporcionan la funcionalidad básica mientras que los agentes hacen uso de estos servicios para proveer de funciones de valor añadido; (2) incorporar capacidades de agentes a los Servicios Web; y (3) crear puentes de comunicación entre ambos tipos de entidades, obteniendo un espacio heterogéneo. En esta tesis doctoral, se parte del hecho de que, conceptualmente, agentes inteligentes y Servicios Web (semánticos) fueron concebidos con propósitos totalmente dispares y, como tal, se entiende (como hipótesis) que deben permanecer en dos niveles de abstracción diferentes. Los agentes inteligentes fueron concebidos como entidades autónomas que incorporan inteligencia y capacidades cognitivas que les permitan mostrar un comportamiento pro-activo orientado a objetivos. Además, los agentes pueden establecer procesos de interacción, competitivos o cooperativos, con otras entidades para satisfacer sus objetivos de diseño. Por su parte, los Servicios Web supusieron una nueva evolución en el mundo de la computación distribuida. Su único propósito es el de proveer funcionalidad a partir de componentes software accesibles globalmente.

Estas diferencias conceptuales justifican la necesidad de disponer de ambas tecnologías en un entorno integrado y dan pistas sobre los beneficios que se pueden obtener si se aplican para tareas con distinto nivel de abstracción para el desarrollo de sistemas complejos. En base a esta hipótesis de partida, el objetivo que se persigue en esta tesis doctoral es el desarrollo de un marco de trabajo donde agentes y servicios interactúen de forma cooperativa aprovechando al máximo las posibilidades que estas tecnologías ofrecen y sin necesitar para esto ningún cambio sustancial dentro de las propuestas y estándares desarrollados hasta el momento en el ámbito de las mismas. El componente central y estratégico de la propuesta son las ontologías, por medio de las cuales los agentes se comunican y pueden entablar conversaciones al tiempo que hacen uso de los servicios disponibles sin precisar intervención humana. Este trabajo aporta por tanto un nuevo modelo para relacionar Agentes Inteligentes y Servicios Web Semánticos de forma no intrusiva.



SEMMAS - Arquitectura general del sistema

3. SEMMAS: combinando agentes y servicios web

La arquitectura general del sistema se presenta de forma gráfica en la Figura 1. A continuación, se describen los principales componentes de la plataforma.

Sistema Multi-Agente. El Sistema Multi-Agente, que constituye el núcleo central del marco de trabajo, ha sido elaborado utilizando JADE, un entorno de desarrollo de aplicaciones basadas en agentes que satisface las especificaciones FIPA. Consta de siete agentes agrupados en tres categorías: (i) agentes que actúan en nombre de los propietarios de servicios ('Provider Agent' y 'Service Agent'), (ii) agentes que actúan por cuenta de los consumidores de servicios ('Customer Agent', 'Discovery Agent' y 'Selection Agent') y (iii) agentes que se encargan de las tareas de gestión ('Framework Agent' y 'Broker Agent'). Los agentes que representan a los proveedores de servicios gestionan el acceso a los servicios y se aseguran de que los contratos que se establezcan con los clientes sean satisfechos por ambas partes. Por su parte, los agentes que representan a los clientes o consumidores de servicios tienen que localizar los servicios, establecer los contratos pertinentes para su ejecución, y recibir y presentar los resultados. En último lugar, los agentes de gestión controlan (1) los recursos con que cuenta la plataforma para evitar problemas de sobrecarga, y (2) las interacciones entre los restantes agentes del sistema para impedir incompatibilidades y resolver problemas de interoperabilidad en sus comunicaciones.

Con el propósito de alcanzar la flexibilidad pretendida, se ha hecho uso de un mecanismo mediante el que la funcionalidad de cada uno de los agentes depende, en gran medida, de los roles que asuman estos agentes en tiempo de ejecución. Así, se consigue disgregar la funcionalidad en múltiples componentes en forma de comportamientos, y se ofrece la posibilidad de que los agentes asuman nuevos roles en tiempo de ejecución de forma dinámica. Se distinguen dos tipos de roles: los encargados de lidiar con la gestión del marco de trabajo y aquellos que están referidos al manejo de Servicios Web. En tiempo de ejecución, los agentes determinan qué roles deben de asumir y las conversaciones que han de establecer con otros agentes dependiendo de los objetivos que persigan.

Repositorios de ontologías. Las ontologías constituyen el elemento tecnológico clave de esta propuesta. Operan como vocabularios universales, de forma que, tanto Servicios Web como agentes, comparten la misma interpretación de los términos en el universo del discurso. OWL, recomendación del W3C desde 2004, en su variante DL, ha sido el formalismo elegido para la representación del conocimiento mediante ontologías. Para el desarrollo correcto y efectivo de las tareas que tienen lugar en el entorno de trabajo, es necesario acceder a cuatro fuentes de datos que contienen, en forma de ontologías, el conocimiento que será requerido durante las distintas fases de la ejecución del sistema:

- *Ontología de aplicación y del dominio:* la ontología de aplicación contiene el conocimiento esencial para poder modelar la aplicación que se desea proporcionar. Por su parte, la ontología del dominio constituye la conceptualización del dominio particular con el que trabaja la plataforma.

- *Ontología de conocimiento local de agentes:* contiene, para cada agente, el conocimiento que éste dispone acerca de su entorno, la tarea que tiene encomendada y los mecanismos y recursos de que dispone para satisfacer dicha tarea.

- *Ontología de negociación:* contiene los elementos que constituyen todo mecanismo de negociación: el protocolo de negociación y la estrategia. Así se consigue independizar la plataforma de un mecanismo de negociación concreto, aportando flexibilidad para que éste sea elegido de forma dinámica en tiempo de ejecución dependiendo del problema a resolver.

- *Ontología de Servicios Web Semánticos:* hace referencia a las descripciones semánticas de las capacidades de los Servicios Web. OWL-S ha sido la aproximación utilizada para describir la funcionalidad de los servicios en las pruebas realizadas.

Interfaces. La interacción entre el Sistema Multi-Agente y los usuarios se realiza a través de un conjunto de interfaces, una por cada uno de los usuarios externos que se contemplan:

- *Usuarios consumidores de servicios:* usuarios individuales, colectivos (esto es, en representación de compañías) u otras entidades software que deseen llevar a cabo una determinada tarea por medio de la ejecución de servicios a través de la plataforma. A través de su interfaz, los consumidores pueden establecer un conjunto de preferencias generales, realizar consultas (indicando, en caso necesario, unas preferencias particulares de esa consulta), y seleccionar los servicios que finalmente van a ser ejecutados.

- *Usuarios proveedores de servicios:* entidades cuyo proceso de negocio les permite resolver determinadas tareas. A través de su interfaz, los proveedores pueden añadir/modificar/eliminar servicios, indicar una serie de preferencias generales a aplicar sobre todos los servicios que proporciona el proveedor, e indicar un conjunto de preferencias específicas para servicios particulares.

- *Desarrolladores:* usuarios que crean aplicaciones específicas sobre dominios particulares para resolver unos problemas determinados en esos dominios. A través de su interfaz, los desarrolladores pueden añadir/eliminar repositorios de ontologías (remotos), añadir/eliminar ontologías, establecer la implementación de los roles, e instanciar los agentes que es necesario que participen en un entorno dado.

4. Aplicación del prototipo

El prototipo implementado ha sido testado empíricamente sobre tres escenarios de ejemplo en los dominios de e-Comercio [4], bioinformática [3] y e-Administración [5]. El escenario planteado para el dominio de e-Comercio está compuesto por un usuario que desea realizar una compra, y un conjunto de proveedores de productos informáticos que permiten el acceso a sus catálogos de productos a través de servicios Web. Mediante este experimento se consigue evaluar SEMMAS en términos de su utilidad y eficacia en un entorno B2C y B2B donde diversos proveedores ofrecen productos/servicios similares. El problema principal con el que se enfrenta el sistema en este tipo de entornos es la gran cantidad de servicios existentes que proporcionan una misma utilidad (producto o servicio). De este modo, el prototipo explota las capacidades de negociación y selección para determinar el servicio o servicios que mejor se ajustan a las pretensiones del usuario. En bioinformática, el experimento trata de evaluar la utilidad y eficacia de SEMMAS para proporcionar un acceso integrado a diversas fuentes de datos biomédicas. El mayor reto en el dominio de la Bioinformática es la cantidad y heterogeneidad de los datos existentes. Con este experimento, se demuestra la conveniencia del sistema para proporcionar acceso integrado a fuentes de datos heterogéneas. El escenario de aplicación que se plantea en el dominio de la e-Administración se basa en la uti-

lización de Servicios Web Semánticos para proporcionar los servicios disponibles por parte de las administraciones públicas. En particular, se plantea la situación en la que un ciudadano se enfrenta a los trámites necesarios para conseguir un cambio de residencia. En este dominio, el principal problema con el que se enfrenta el prototipo es la complejidad de los trámites administrativos que, generalmente, involucran a diversas administraciones públicas. Por tanto, con el uso del sistema en este entorno, queda patente su utilidad para los procesos de descubrimiento y composición de Servicios Web.

Con todo, la aproximación propuesta consigue una complementariedad que, por un lado, conduce a la acotación de los problemas y dificultades actuales de las tecnologías combinadas y, por otro, permite la explotación de los aspectos positivos y beneficiosos de cada una (autonomía, dinamismo, interoperabilidad, etc.).

Referencias

- [1] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The semantic web. *Scientific American*, May:34–43, 2001.
- [2] I. Blacoe and D. Portabella. Guidelines for the integration of agent-based services and web-based services. Deliverable d2.4.4 (wp2.4), Knowledge Web project, 2005.
- [3] F. García-Sánchez, J. T. Fernández-Breis, R. Valencia-García, J. M. Gómez, and R. Martínez-Béjar. Combining semantic web technologies with multi-agent systems for integrated access to biological resources. *Journal of Biomedical Biomedical Informatics*, 41(5):848–859, 2008.
- [4] F. García-Sánchez, R. Martínez-Béjar, R. Valencia-García, and J. T. Fernández-Breis. An ontology, intelligent agent-based framework for the provision of semantic web services. *Expert Systems with Applications*, 36(2P2):3167–3187, 2009.
- [5] F. García-Sánchez, L. Alvarez Sabucedo, R. Martínez-Béjar, L. Anido Rifón, R. Valencia-García, and J. Miguel Gómez. A knowledge technologies-based multi-agent system for egovernment environments. In *LNCS*, volume 5006, pages 15–30, 2008. doi: 10.1007/978-3-540-79968-9₂.
- [6] D. Greenwood, M. Lyell, A. U. Mallya, and H. Suguri. The ieee fipa approach to integrating software agents and web services. In *Proc. of AAMAS*, pages 1412–1418, Honolulu, Hawai'i, 2007.
- [7] S. McIlraith, T. C. Son, and H. Zeng. Semantic web services. *IEEE Intelligent Systems*, 16(2):46–53, 2001.
- [8] T. R. Payne. Web services from an agent perspective. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2):12–14, 2008. doi: 10.1109/MIS.2008.37.
- [9] R. Studer, R. Benjamins, and D. Fensel. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25(1-2):161–197, 1998.
- [10] M. Wooldridge. *An introduction to MultiAgent Systems*. Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2002.