

Gestión de Procesos de Negocio Semánticos

Noelia Pérez Crespo¹, Henar Muñoz de Frutos¹, David de Francisco Marcos¹, Javier Martínez Elicegui¹

{npc, henar, davidfr, eli }@tid.es

¹Telefónica Investigación y Desarrollo

Abstract — Business Process in companies evolves very fast lately, causing needs of changing systems with minor time requirement. This fact is even more pressing in Telecommunication sector, which is probably one of the fastest ones. Business Process Management (BPM) systems and tools arise to improve efficiency and productivity requirements of changing process models. Even though companies invest huge amounts of money in improving these systems, there are still lacks of their functionalities. In this paper we are going to present SUPER project that try to show how incorporating semantic technology can improve the results of these BPM systems, giving them a new grade of agility and flexibility, covering Telecommunication companies concrete needs.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de las telecomunicaciones es probablemente uno de los sectores que en nuestros días está experimentando los cambios más rápidos e impredecibles del mercado. La aparición de nuevas tecnologías: banda ancha, comunicaciones móviles, IPTV, VoIP, contenidos digitales, etc., así como el aumento de la competencia, están suponiendo un constante reajuste en sus modelos de negocio. El cliente ya no se conforma con la mera conectividad vocal o de datos, sino que demanda servicios más avanzados e integrados, que aporten sinergias y solucionen sus necesidades de forma global [1]. Esta situación es vista desde el Grupo Telefónica como una oportunidad de negocio que intenta aprovechar, integrando para ello sus negocios con los proporcionados con terceras empresas que complementen su oferta.

Sobrevivir en un mercado tan altamente competitivo, trae consigo la necesidad de lanzar al mercado muchos nuevos servicios con un agresivo *Time-to-Market*, o dicho de otra forma, con unos tiempos muy cortos para el desarrollo de los servicios. La mejora del *Time-to-Market* y la capacidad para lanzar al mercado muchos servicios pasa a ser más importante que el propio ahorro de costes. En la mayoría de los casos, adelantarse a la competencia en el lanzamiento de un servicio genera altos beneficios que amortizan rápidamente los gastos de desarrollo. Sin embargo el problema actual que existe en los departamentos de sistemas es que no son capaces de resolver la demanda de nuevos servicios que el negocio solicita, ni siquiera incrementando en gran medida sus costes de desarrollo. Se necesita por tanto incorporar nuevas tecnologías que nos permitan mejorar todos aquellos aspectos que faciliten la interoperabilidad y doten a los sistemas de un mayor grado de agilidad y flexibilidad [1].

La incorporación de los Sistemas de Gestión de Procesos de Negocio (del inglés BPMS) pretende mejorar la eficiencia en la gestión de los Procesos de Negocio a través de una sistematización en todas las fases de su ciclo de vida, esto es el modelado, integración, monitorización y optimización[2]. Sin embargo, todavía existen muchos frentes abiertos que hacen que esta gestión no tenga la flexibilidad deseada, como son los problemas de interoperabilidad de aplicaciones debido a la heterogeneidad de datos e interfaces, y el hecho de que los sistemas actuales BPMS requieran un perfil técnico para su manejo, que no permite que sean usados directamente por los responsables del negocio que son realmente quienes conocen los procesos.

En este artículo veremos como con la introducción de la tecnología semántica dentro de las disciplinas BPMS se pueden solventar muchos de los problemas actuales que las herramientas presentan. El resto del documento se organiza como sigue: en primer lugar se presenta la forma actual de trabajar de Telefónica como ejemplo de empresa de Telecomunicaciones, presentando sus principales problemas y requisitos para una gestión eficaz de procesos, para seguidamente mostrar un estudio del estado del arte sobre sistemas BPM existentes, haciendo especial hincapié en los problemas que tienen. Posteriormente, se hace una introducción de la Web semántica en la industria, y las ventajas que aportan. Finalmente se introduce el proyecto europeo SUPER (*Semantics Used for Process management within and between EnteRprises*), proyecto financiado por la Comunidad Económica Europea que trata de aunar la disciplina BPMS con la tecnología semántica con el fin de resolver los problemas en la gestión de los procesos de negocio.

II. PROBLEMAS ACTUALES DE LA GESTIÓN DE PROCESOS EN TELEFÓNICA

Telefónica, como muchas de las operadoras de Telecomunicaciones, está experimentando los grandes cambios que se están produciendo en este sector:

- *La aparición de nuevas tecnologías: banda ancha, comunicaciones móviles, IPTV, VoIP, contenidos digitales, etc.,*
- *Las nuevas necesidades de la sociedad de la información (negocios en internet)*
- *Movimientos empresariales de gran calado. Expansión de Telefónica en America del Sur, adquisición de O2, Cesky Telecom, acuerdos con china Netcom, ...*
- *El Time-to-Market, es decir, el tiempo necesario de preparación de los sistemas para iniciar la comercialización de un nuevo producto, se convierte en un aspecto clave para tener éxito en el negocio*
- Un ritmo muy alto de creación de nuevos productos comerciales con variados canales de comercialización (ej: Grandes superficies)
- El cliente demanda servicios más avanzados e integrados, que aporten sinergias y solucionen sus necesidades de forma global
- El aumento de la competencia exige, cada vez más, disponer de ofertas comerciales muy personalizadas, dirigidas a segmentos de clientes cada vez más pequeños

Todos estos retos a los que se enfrentan las operadoras de Telecomunicaciones, impactan fuertemente en la forma tradicional de hacer software. Esto unido a la necesidad de rebajar costes, nos llevan a la urgente necesidad de incorporar nuevas tecnologías y metodologías de trabajo que solucionen determinados problemas estructurales [1].

Esta agresividad del mercado, está forzando al lanzamiento simultáneo de muchos nuevos servicios en un agresivo *Time-to-Market*. En muchos casos los nuevos servicios requieren la colaboración entre un conjunto de empresas que están especializadas en alguna de las distintas tareas necesarias en las fases de fabricación, distribución, comercialización y mantenimiento del servicio. Una gestión eficiente supone la creación de Procesos de Negocio que coordinen los sistemas de las distintas empresas que colaboran para ofrecer el servicio (interacciones *Business to Business*). Un ejemplo de esta clase de servicios es la Gestión de Contenidos Digitales, donde Telefónica puede usar su infraestructura de comunicación para ofrecer servicios de descarga de contenidos a los usuarios finales, pero que requiere de la colaboración con proveedores de contenidos, que serán los que proporcionen los mismos [11].

La elaboración de estos Procesos de Negocio no es una tarea simple y se ve condicionada por las siguientes necesidades y problemas:

- **Procesos fragmentados:** A menudo los procesos de negocio no están implementados en una única aplicación, creándose soluciones a medida por medio de diálogos cruzados entre dichos sistemas. El resultado final es que tenemos procesos de negocio muy fragmentados dentro de la lógica de programación de cada uno de estos sistemas, lo cual conlleva a una mayor complejidad en su elaboración y mantenimiento (Figura 1).

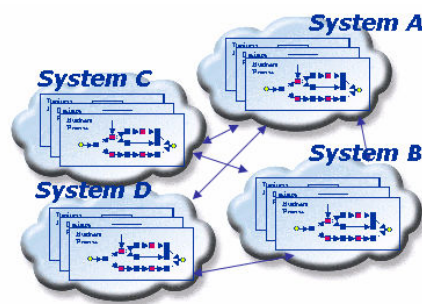


Fig. 1. Procesos de negocio fragmentados entre múltiples sistemas.

- **Heterogeneidad de datos:** Normalmente en los procesos de negocio intervienen sistemas de diferentes organizaciones y departamentos, e incluso de diferentes compañías.. Adaptar y traducir los conceptos y modelos de datos que se usan en cada uno de estos sistemas supone un importante esfuerzo en su desarrollo y mantenimiento por el equipo de desarrolladores.
- **Mejora del *Time-to-Market*:** Los Procesos de Negocio están sujetos a constantes cambios resultado de la reacción del mercado. Los Procesos de Negocio deben poderse modelar y adaptar a las necesidades cambiantes con tiempos de reacción muy pequeños, lo cual no es compatible en la mayoría de los casos con los ciclos de desarrollo Software

convencionales. El Time-to-Market pasa a ser uno de los requisitos principales de muchos de los servicios (ej Se necesita el servicio para la campaña de Navidad, si no está disponible para esa fecha ya no lo necesito hasta el año que viene).

- El modelado de los procesos de negocio requiere personas con perfil técnico. Las personas responsables de definir los nuevos servicios a desarrollar en una compañía necesitan la colaboración de personal técnico en la definición de los Procesos de Negocio. Esto es debido a que las herramientas de gestión de procesos requieren de un perfil altamente técnico. Simplificar el uso de estas herramientas y lograr que puedan ser usadas directamente por personas no técnicas es un reto que se intenta resolver con las tecnologías semánticas. Actualmente este proceso se realiza mediante una serie de reuniones/actas/documentos en las que se trata de implementar los requisitos de los responsables del negocio. Esta situación en Telefónica está representada en la Figura 2.

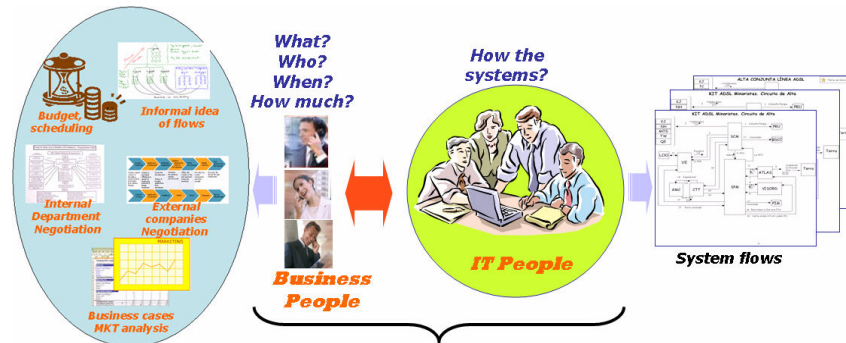


Fig. 2. Relación entre la gente de negocio y técnica.

Como resumen de lo anteriormente comentado, se puede decir que las empresas de Telecomunicaciones necesitan mejorar *Time-to-Market*, siendo este uno de sus requisitos principales. Se necesita adoptar tecnologías y metodologías que faciliten la creación de un entorno ágil y flexible para la creación y el mantenimiento de los Procesos de Negocio entre sistemas heterogéneos de distintas organizaciones y empresas.

III. ESTADO DE LA TÉCNICA

La gestión de los procesos de negocio es una tarea cada vez más compleja, debido a numerosas causas, como la diversidad de negocios que disponen las empresas, al aumento de la oferta de servicios y productos que éstas ofrecen, lo que se traduce en un aumento de los procesos a gestionar, y la cada vez mayor complejidad, ya que en un mercado global como el actual, es frecuente que las empresas colaboren para ofrecer servicios finales más competitivos, produciendo cadenas de valor cada vez más complejas. Los sistemas BPMS facilitan la tarea de gestión de estos procesos en todo el ciclo de vida del mismo, cuyo mayor objetivo es el aumento de la eficiencia, la mejora de la satisfacción del cliente y la disminución del tiempo de respuesta frente a los cambios de demanda [2].

Actualmente existen muchas soluciones comerciales BPMS, la mayoría de las cuales se basan en soluciones de flujo de trabajo (*workflow*) [2]. Ejemplo de estas herramientas son: BEA Aqualogic¹, IBM *WebSphere*² o *Software Ag*³. No obstante, pese al soporte de estas herramientas, crear un nuevo servicio o evolucionar uno existente, sigue requiriendo grandes esfuerzos en dinero y tiempo. Uno de los grandes inconvenientes que existen es el grado bajo de flexibilidad que ofrecen las aplicaciones, problema que se intenta reducir introduciendo la filosofía de la Arquitectura Orientada a Servicios (del inglés SOA) para conseguir la flexibilidad y la agilidad requerida en la gestión de los procesos.

Otra línea de investigación de las herramientas BPMS es la automatización, para evitar en la medida de lo posible la interacción humana y con ella los posibles fallos humanos que se puedan generar [2]. Sin embargo el grado de automatización no es el deseable, debido en gran parte a la falta de flexibilidad de los sistemas actuales, que obliga a grandes inversiones en dinero y tiempo para realizar cualquier cambio en los mismos. Esta heterogeneidad se encuentra tanto en los datos utilizan las aplicaciones como en los interfaces por los cuales se comunican, situación que se agrava cuando las aplicaciones y/o sistemas involucrados proceden de empresas diferentes.

¹ <http://www.bea.com/>

² www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247148.pdf

³ www.softwareag.com

Normalmente la mayoría de las herramientas BPMS definen los procesos de negocio mediante una orquestación de servicios utilizando un lenguaje ejecución de procesos como puede ser BPEL4WS (*Business Process Execution Language for Web Services*), también conocido como BPEL. BPEL es un lenguaje sobre XML, que permite definir la orquestación de servicios, expresando el flujo de control y el intercambio de datos de los servicios [10]. Se trata de un lenguaje estructurado que requiere un perfil técnico para su definición, lo que exige la implicación de personas técnicas tanto para el diseño como para implementación de los procesos, impidiendo que las personas de negocio sean autónomas en la fase de modelado. Además dado que no resuelve el problema de la heterogeneidad de datos e interfaces, se requiere un importante esfuerzo en relacionar los datos de entrada y salida de cada uno de los servicios web.

En las nuevas generaciones de BPMS, se intenta desarrollar herramientas más fáciles de usar, que permitan que las personas de negocio se puedan encargar de definir de una manera rigurosa los modelos de los procesos, sin la necesidad de una formación técnica específica. Bajo estos requisitos surgen varias iniciativas de lenguajes de modelado, como Cadena de Procesos Guiada por Eventos (en inglés EPC) y Notación de Gestión de Procesos de Negocio (del inglés BPMN) [9]. Ambos lenguajes son lenguajes gráficos basados en diagramas de flujo, permitiendo a los analistas de negocio modelar sus procesos de manera intuitiva [9]. No obstante, estos lenguajes no son ejecutables, y requieren herramientas que realicen la transformación a lenguajes ejecutables como BPEL. Esta transformación realizada por estas herramientas no suele ser fiable ni correcta, por lo que se requiere trabajo de validación que se realiza con personal técnico especializado.

Como resumen, comentar que las herramientas de gestión de proceso de negocios existentes, tienen limitaciones en la gestión eficiente de los procesos y en la agilidad para la integración de nuevas aplicaciones/soluciones de departamentos, lo cual provoca que se requiera la interacción humana para su implementación, desarrollo y mantenimiento, aumentando los costes en recursos y tiempo. Por otro lado, las soluciones existentes alejan a las personas de negocio del modelado de los procesos debido a no tener un perfil técnico. En las sucesivas secciones veremos como gracias a la incorporación de la semántica a los Servicios Web y los sistemas BPM estos problemas se van reduciendo.

IV. SERVICIOS WEB SEMÁNTICOS

Los sistemas actuales tiene como gran desventaja la necesidad de intervención técnica especializada, no sólo para definir los flujos entre los sistemas (o definición del proceso de ejecución BPEL) sino para ajustar los sistemas a comunicar, que no suelen tener ni interfaces compatibles ni compartir la misma semántica de datos. Este problema se debe en gran medida a la falta de capacidad de las máquinas de interpretar y procesar los lenguajes utilizados para intercambio de datos y definición de interfaces. Actualmente, los estándares involucrados dentro de los servicios Web y los procesos de negocio, se basan en XML, lenguaje sin capacidad para expresar semántica [4] y expresividad para resolver los problemas de heterogeneidad.

Mediante el uso de las tecnologías semánticas, el significado de los datos es expresado explícitamente para que pueda ser interpretado y procesado directamente por los programas. La representación del modelo de información, se denomina ontología, también definido a menudo como “la especificación de una conceptualización en un determinado dominio” [7]. Dichas ontologías se expresan en lenguajes con capacidad de expresividad semántica, lo cual nos permite posteriores razonamiento. Este es el caso de lenguajes como OWL (*Web Ontology Language*) o WSML (*Web Service Modelling Language*).

Aplicando la idea de la tecnología semántica a los servicios Web, se promete una Web automatizada donde las funcionalidades de los servicios web (WS) pueden ser descubiertas y accedidas dinámicamente por los programas, añadiendo para ello descripciones formales de estas funcionalidades directamente procesables por las máquinas [4]. Los Servicios Web Semánticos (SWS) se basan en describir semánticamente las capacidades funcionales de los servicios y la utilización de un lenguaje formal procesable por las máquinas, permitiendo la localización, combinación y el uso de los servicios automáticamente [4]. Además se añade un cierto grado de inteligencia a los servicios puesto que permite realizar razonamientos y búsquedas complejas sobre sus descripciones.

Existen muchas iniciativas de descripción de los servicios Web, entre las que se encuentra OWL-S [15], WSMO [14], SWSF [16] y WSDL-S [17]. A su vez, para conseguir que actividades como invocación, descubrimiento y composición sean automáticas, se necesita una infraestructura de ejecución de SWS que se apoye en las descripciones semánticas del servicio, siendo este el caso del Entorno de Ejecución de los Servicios Web Semánticos (del inglés WSMX).

Mediante el uso de los SWS, se resuelven los problemas mencionados anteriormente sobre la heterogeneidad de datos e interfaces entre aplicaciones/sistemas de distintas empresas, siendo necesario para ello como paso previo, la definición las ontologías de dominio para los datos. Por medio de los entornos de ejecución de SWS junto con las descripciones semánticas, se consigue automatización y dinamismo en las tareas de invocación, descubrimiento y composición de los servicios Web.

V. SUPER

SUPER (*Semantics Used for Process management within and between EnteRprises*) [8] es un Proyecto Integrado financiado por la Comunidad Económica Europea que trata de aunar la comunidad científica semántica con la comunidad BPM, para producir un sistema BPMS mejorado. Su principal objetivo consiste aumentar la implicación de las personas de negocio en el modelado de los procesos, ya que ofrece un conjunto de mecanismos que les permiten realizar esta tarea de manera sencilla y sin la necesidad de tener perfil técnico, para luego traducirlo al nivel técnico de forma automática o semi-automática. De esta forma se evita la labor manual y no sistemática que se realiza actualmente entre las personas de negocio, con las personas técnicas que son los que los implementan los procesos.

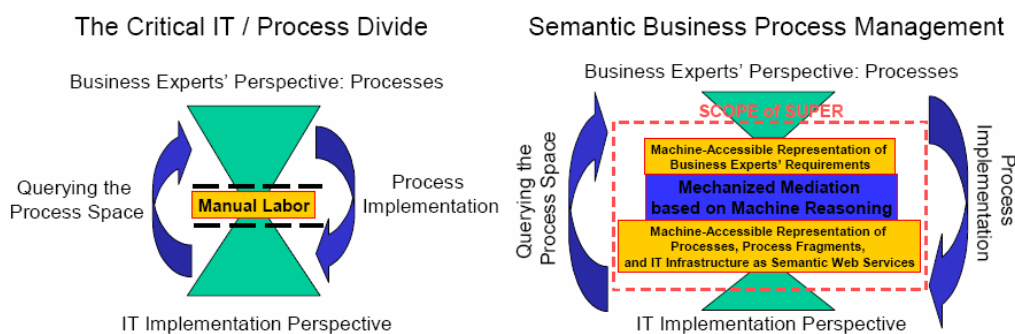


Fig. 3. Alcance del proyecto europeo SUPER [10].

Con la tecnología SUPER las personas de negocio pueden modelar sus procesos utilizando lenguajes gráficos, como BPMN y EPC, y los modelos son traducidos de forma semi-automática a lenguaje de ejecución como BPEL. Para ello, a partir de una infraestructura que incorpora SWS, ontologías de dominio y ontologías de conceptos de proceso, se enriquecen los diagramas BPMN con anotaciones semánticas. Una vez que un proceso está enriquecido semánticamente, es posible ofrecer toda una serie de facilidades desde las herramientas BPMS (se facilita la búsqueda y la reutilización de los procesos, la lógica se expresa en términos de objetivos o “business goals”, se definen patrones de procesos, asistente para construcción semi-automática de fragmentos de proceso, detección de errores, control normas de modelado, análisis inteligente del resultado de ejecución del proceso, ...), etc.

Para conseguirlo, SUPER proporciona los siguientes elementos como pilares del proyecto:

- La metodología de SUPER: La metodología de SUPER es un conjunto de fases documentadas, con métodos y técnicas para ejecutar actividades de forma coherente, consistente y de forma cíclica, cada una de las cuales está respaldada por tecnología desarrollada en SUPER [12]. Con respecto a las metodologías BPM, la metodología SUPER está adaptada a la introducción de la tecnología semántica así como las funcionalidades que proporcionan el resto de los componentes desarrollados en el proyecto. Principalmente está compuesta por cuatro fases: i) la fase de modelado, donde la persona de negocio modela sus propios modelos y los anota semánticamente con el apoyo de la herramienta de modelado, ii) la fase de configuración, donde algunos artefactos requeridos para la ejecución se crean por personas técnicas, permitiendo que los modelos sean traducidos a un lenguaje ejecutable de una manera semi-automática, iii) la fase de ejecución donde se despliegan y ejecutan los procesos en un entorno BPM semántico y iv) la fase de análisis donde se monitorizan la ejecución de los mismos para detectar fallos y se analizan las ejecuciones para poder mejorar los modelos en siguientes fases del ciclo de vida de los procesos. La metodología SUPER está representada en la siguiente figura:

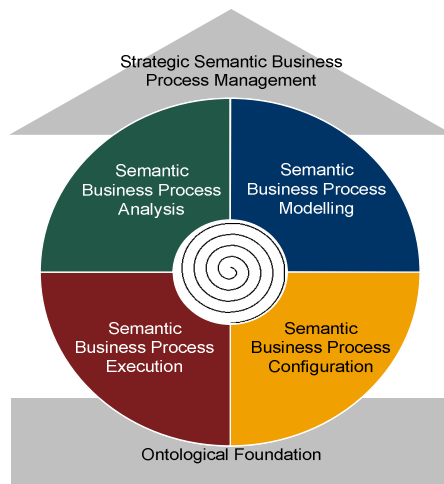


Fig. 4. Metodología SUPER [13].

- La arquitectura de SUPER: Define el conjunto de herramientas y componentes necesarios para seguir todo el ciclo de vida de los procesos de negocio explicado en el punto anterior. Mientras que las herramientas se centran en la fase de modelado, análisis y monitorización, los componentes se utilizan durante todo el ciclo de vida del proceso de negocio, para proporcionar las funcionalidades requeridas para conseguir la flexibilidad de los procesos de negocio. Estas herramientas y componentes están apoyadas por el uso de los Servicios Web Semánticos (tecnología WSMO), los cuales son resultado de la investigación de proyectos europeos anteriores. La siguiente figura muestra la arquitectura SUPER, donde se definen las herramientas proporcionadas por SUPER (SUPER Tooling), componentes y los repositorios utilizados.

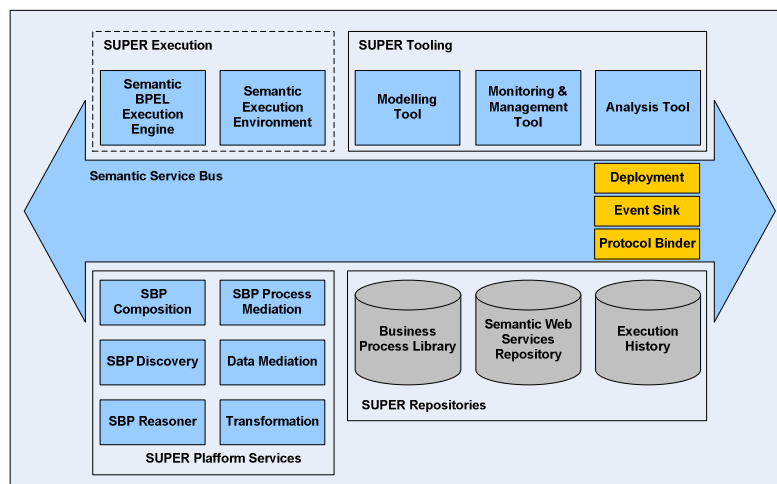


Fig. 5. Arquitectura SUPER [13].

- Niveles de ontologías: Para la traducción de los lenguajes de alto nivel al técnico se utiliza un conjunto de ontologías, que van desde las ontologías de notación de modelado del proceso, como son las basadas en BPMN o EPC, a ontologías basadas en el lenguaje de ejecución, pasando por las ontologías específicas de negocio (en este caso las telecomunicaciones), y las de eventos de control. Los sucesivos niveles de ontologías es puede ver en la siguiente figura:
:

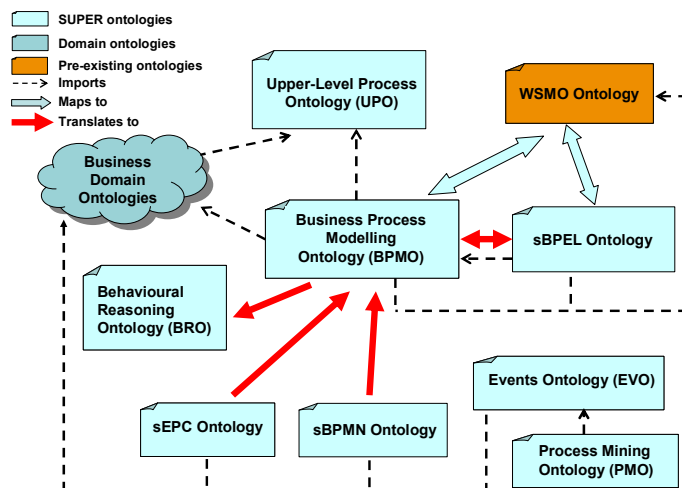


Fig. 6. Stack de ontolías SUPER [13].

Para finalizar, mencionar que la infraestructura que SUPER ofrece será validada a lo largo del proyecto a través de casos de uso de cuatro empresas de Telecomunicaciones, entre ellas Telefónica. Mediante los casos de uso, se exponen los problemas actuales que las empresas presentan en la gestión de los procesos de negocio, y cómo SUPER puede ayudar a solucionarlos. Asimismo SUPER proporciona una infraestructura semántica de referencia para las empresas de Telecomunicaciones siguiendo para ello el estándar de-facto NGOSS (New Generation Operations Systems and Software) del TeleManagement Forum (TMF). Esta infraestructura permite la reutilización de procesos de negocio, modelos de información y aplicaciones dentro de empresas de Telecomunicaciones, mejorando su productividad.

VI. CONCLUSIONES

Actualmente las empresas de Telecomunicaciones tienen grandes problemas a la hora de gestionar de forma eficiente sus procesos de negocio. Las soluciones existentes no resuelven los problemas de heterogeneidad de datos e interfaces planteados en las comunicaciones B2B, y todavía requieren bastante interacción humana para su gestión, lo que aumenta costes en implementación y desarrollo. Además requieren que la implementación de los modelos de los procesos sea llevada a cabo por personas técnicas en vez de por personas de negocio. Con la incorporación de la semántica a los Servicios Web y a los sistemas BPMS parte de estos problemas pueden ser simplificados. La semántica permite expresar la funcionalidad de los servicios y de los procesos en un lenguaje formal que es posteriormente interpretado por motores de razonamiento. De esta forma, se describen las capacidades de los servicios Web con anotaciones semánticas, para solventar los problemas de heterogeneidad de datos e interfaces. Por otro lado, añadiendo semántica a los procesos de negocio, se puede razonar sobre los mismos permitiendo una alta reutilización, así como todo tipo de facilidades en su ejecución y monitorización.

El proyecto SUPER está encargado de aunar a las comunidades de BPMS, semántica, para investigar sobre los problemas que las empresas tienen en la gestión de sus procesos de negocio, y que mediante la introducción de la semántica a los BPMS, consigue una gestión más eficiente, ágil y flexible.

AGRACECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por la Comisión Europea bajo el proyecto SUPER.

REFERENCIAS

- [1] Javier Martínez Elicegui, SUPER leaflet. Deliverable 12.3. Abril 2007, SUPER Project.
- [2] B. Silver, The 2006 BPMS Report: Understanding and Evaluating BPM Suites, BPMI.org, 2006.
- [3] H. Havey. Essential Business Process Modeling. O'reilly August 2005.
- [4] D. Fensel, H. Lausen, et al., Enabling Semantic Web Services: the Web Service Modeling Ontology, 2007, XIV, 188 p., 41 illus., Hardcover
- [5] The OWL Services Coalition. OWL-S 1.1 beta release, disponible en <http://www.dam.org/services/owl-s/>, Julio 2004
- [6] B. Christoph, D. Fensel, et al., A conceptual Architecture for Semantic Web Enabled Web Services, http://swws.semanticWeb.org/public_doc/D2.1.pdf, 2003
- [7] J. Davies, R. Studer, et al., Semantic Web Technologies: Trends and Research in Ontology based systems, John Wiley & Sons, Ltd, 2006

- [8] Semantics Utilised for Process management within and between EnteRprises. Integrated Project. Description of Work. 2005
- [9] OMG, Business Process Modeling Notation Specification, OMG Final Version Adopted, Febrero 2006 disponible en <http://www.bpmn.org/Documents/OMG%20Final%20Adopted%20BPMN%201-0%20Spec%2006-02-01.pdf>.
- [10] T. Andrews, F. Curbera, H. Dolakia, J. Golan, J. Klein, F. Leymann, K. Liu, D. Roller, D. Smith, S. Thatte, I. Trickovic, and S. Weeravarana. Business Process Execution Language for Web Services (version 1.1), 2003.
- [11] D.de Francisco, N. Pérez et al., Towards a Digital Content Services Design Based on Triple Space, 10th International Conference on Business Information Systems, April 2007.
- [12] van der Aalst, W. M. P and van Hee, Kees. (2002). Workflow Management: Models, Methods, and Systems. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- [13] Manfred Hauswirth et al, "Semantic Web Services-based Business Process Architecture", SUPER project. Deliverable 7.2
- [14] Web Services Modelling Ontology (WSMO) W3C submission. Available at <http://www.w3.org/Submission/2005/06/>. 2005.
- [15] OWL Ontology Web Language for Services (OWL-S) W3C submission. Available at: <http://www.w3.org/Submission/2004/07/>. 2004.
- [16] Semantic Web Services Framework (SWSF) W3C submission. Available at <http://www.w3.org/Submission/2005/07/>. 2005.
- [17] WSDL-S W3C Submission Request. Available at <http://www.w3.org/Submission/2005/10/>. 2005.