

## Aplicación del Paradigma de las Redes-en-Redes en los Entornos de Procesos de Negocio

Javier Fabra, Joaquín Ezpeleta

Grupo de Integración de Sistemas Distribuidos y Heterogeneos (GIDHE)

Universidad de Zaragoza

{jfabra,ezpeleta}@unizar.es

### Resumen

El paradigma de la Computación Orientada a Servicios (SOC) representa la base para el desarrollo y ejecución de procesos de negocio dinámicos. Sin embargo, los lenguajes y enfoques actuales para la integración de este tipo de procesos no aportan la flexibilidad ni la dinamicidad requerida en los entornos interorganizacionales en los que son frecuentes los cambios en los requisitos y objetivos de negocio. La plataforma DENEb surge como posible solución a este problema de integración, apoyándose en la separación explícita de la lógica de un proceso mediante el enfoque conversacional y en los beneficios de la utilización del paradigma de las Redes-en-Redes, ofreciendo una serie de mecanismos y técnicas que permiten el modelado de procesos flexibles, dinámicos y adaptables. Como resultado, el desarrollo de DENEb ha abierto una serie de líneas de trabajo y de investigación que se resumen en este artículo.

### 1. Motivación

En los últimos años se ha vivido una creciente actividad en el área de investigación de la Computación Orientada a Servicios (SOC) aplicada al desarrollo de procesos de negocio. Como resultado, SOC se ha centrado en el desarrollo de aplicaciones orientadas, entre otros, al campo de la gestión de procesos de negocio (BPM). SOC basa el desarrollo de estas aplicaciones utilizando los servicios como elementos básicos de primer orden. En términos de modelos de interacción, la interoperabilidad entre componentes se lleva a cabo mediante la descripción de las capacidades de los servicios y sus interacciones. Diversos estándares se han creado para este propósito, destacando aquellos

pertencientes a las tecnologías de servicios Web (BPEL, WS-CDL o WSDL, por ejemplo) o los estándares basados en semántica (OWL-S, WSMO, WSDL-S o SWSF, entre otros).

Los servicios Web representan la tecnología más popular para tratar de satisfacer los requisitos para la integración de servicios en el desarrollo de procesos de negocio. Sin embargo, el estado actual de estas tecnologías carece de los mecanismos necesarios para satisfacer los nuevos requisitos de flexibilidad y dinamicidad que SOC propone, limitando el desarrollo de las nuevas aplicaciones. En el caso concreto de los lenguajes de descripción de procesos existe una profunda dependencia entre los conceptos de orquestación y coreografía, lo que dificulta la aplicación de técnicas de integración basadas en la simplificación o la separación de los conceptos relacionados con la lógica interna de los procesos. Un claro ejemplo de esto es el lenguaje de ejecución de procesos de negocio, BPEL [7]. Un proceso descrito en BPEL integra la lógica de negocio y la lógica de interacción dentro de la misma descripción, por lo que cualquier cambio que afecte a una de estas lógicas también afecta a todo el proceso.

La próxima generación de servicios Web requiere una mayor flexibilidad y una mejor interoperabilidad para permitir la implementación de aplicaciones mediante la composición de servicios en entornos evolutivos como los escenarios de gestión de procesos de negocio [1]. Un caso particular de estas aplicaciones son los procesos Web, aquéllos que se ejecutan en entornos interorganizacionales y que tienen que ser capaces de adaptarse dinámicamente a las nuevas políticas y estrategias de negocio y de manejar, en tiempo de ejecución, eventos y cambios inesperados [1, 2, 3, 4]. La flexibilidad de la infraestructura tecnológica en la que se basan estos procesos resulta determinante para

establecer la forma en la que una compañía u organización puede enfrentarse a los problemas y escenarios actuales.

Por tanto, parece que es necesario buscar una alternativa que supere las limitaciones impuestas por los estándares actuales, que aporte mecanismos y técnicas para el desarrollo e implementación de procesos flexibles y dinámicos y que permita gestionar los aspectos de composición e interacción de forma independiente de la tecnología. Con estas premisas se inició la línea de investigación a través de la cual se desarrolló la plataforma para el modelado, desarrollo y ejecución de procesos Web dinámicos, DENEb.

## 2. El Enfoque Conversacional

Internamente, la lógica de un proceso puede separarse entre la *lógica de negocio* y la *lógica de interacción*. La primera especifica el flujo de tareas que deben ser ejecutadas en el proceso de acuerdo a un conjunto de restricciones de orden. Normalmente, una tarea concreta corresponde con la ejecución de una acción interna (por ejemplo, el acceso a un repositorio de datos de la organización propietaria del proceso de negocio o un cómputo utilizando datos locales al propio proceso) o la interacción con una entidad *software* externa (otro proceso de negocio, un servicio Web, un agente *software*, etc.). Estas interacciones externas están descritas por medio de *protocolos de interacción* o *políticas de conversación* [5]. Un protocolo describe fundamentalmente qué mensajes son intercambiados en el marco de una interacción, cuál es la estructura y el contenido de los mensajes intercambiados, en qué orden se envían los mensajes, etc. Además, un protocolo está organizado como una colección de roles, donde cada rol describe la parte del protocolo que debería ser ejecutada por cada proceso participante en la interacción. No obstante, en un protocolo pueden existir varias secuencias válidas de intercambio de mensajes, recibiendo cada una de ellas el nombre de conversación.

Desde el punto de vista de un proceso concreto, las acciones necesarias para ejecutar las distintas conversaciones que puede mantener con otros procesos durante su ejecución reciben el nombre de *lógica de interacción*. Tradicionalmente, en la implementación de los

procesos de negocio están mezcladas la lógica de negocio y la lógica de interacción. Este es el caso de los procesos implementados en el estándar BPEL. Evidentemente, estas soluciones son poco flexibles desde el punto de vista de la integración de procesos. Dado un conjunto de procesos que están colaborando, cualquier modificación en su protocolo de interacción implica detener la ejecución de los procesos involucrados, reprogramar la lógica de interacción de su implementación y, finalmente, volver a ponerlos en ejecución para que colaboren en base al nuevo protocolo.

El enfoque conversacional [5, 6] propone la separación explícita entre los aspectos de la lógica de negocio (los *workflows*) y los aspectos de interacción (los protocolos). El objetivo de esta propuesta de diseño es permitir la ejecución de distintos protocolos de interacción reutilizando la misma lógica de negocio. De esta manera, un proceso será capaz de seleccionar un protocolo de un conjunto predeterminado y ejecutar su correspondiente rol sin necesidad de detener su ejecución para modificar su implementación. No obstante, el enfoque conversacional permite alcanzar una mayor flexibilidad en la integración de los procesos. Por ejemplo, los procesos podrían determinar (e incluso negociar) en tiempo de ejecución el protocolo en base al cual van a colaborar y, una vez consensuado, ejecutar el protocolo para completar la interacción. Para conseguir esta flexibilidad es necesario previamente que los procesos compartan una manera común de describir los protocolos y que los procesos dispongan de mecanismos a nivel de infraestructura para el envío, recepción y ejecución de los protocolos (roles).

## 3. El paradigma de las Redes-en-Redes

Las redes de Petri [8] se han utilizado intensivamente en la especificación, análisis e implementación tanto de *workflows* [9] como de protocolos de comunicación [10]. La familia de formalismos de las redes de Petri resulta de gran interés, dado que aporta una semántica formal, una notación gráfica muy intuitiva, y una serie de herramientas y técnicas para su análisis, simulación y ejecución. Sin embargo, las redes de Petri ordinarias (también conocidas como redes lugar/transición) tienen una estructura estática que no resulta lo suficientemente flexible para dar

soporte a la flexibilidad requerida en los nuevos entornos de gestión de procesos de negocio y procesos Web. Sin embargo, el paradigma de las Redes-en-Redes [11], perteneciente al formalismo de las redes de Petri objeto, resulta un enfoque muy interesante. El aspecto clave de este paradigma es que formaliza la utilización de las redes en sí como *tokens* de una red de Petri. Esto permite modelar estructuras jerárquicas muy elegantes, simplificando la complejidad de los sistemas. Las Redes-en-Redes se consideran redes de Petri de alto nivel que, principalmente, aportan los conceptos de instancia de red, nuevos tipos de arcos y la utilización de canales síncronos para comunicar las diferentes instancias de las redes entre sí, posibilitando el intercambio de información.

En la línea de investigación encabezada por DENEb se planteó la utilización de las Redes-en-Redes para modelar los aspectos de la lógica de negocio y de la lógica de interacción de los procesos, esto es, la implementación del enfoque conversacional en los entornos BPM. La utilización del mismo formalismo para estas tareas simplifica los aspectos relativos a su integración. Concretamente, las *Reference nets* [11], una implementación de las Nets-within-Nets, se utilizaron para modelar procesos de negocio dinámicos y sus correspondientes protocolos de interacción (por ejemplo, como un lenguaje de composición y coordinación), y también para implementar la plataforma DENEb para la definición, integración y ejecución de procesos. La interoperabilidad de la plataforma queda garantizada, ya que permite a los procesos de negocio internos cooperar de forma transparente con procesos externos heterogéneos (como procesos implementados en base a tecnologías de servicios Web, por ejemplo) [13,14].

#### 4. La plataforma DENEb

La arquitectura de la plataforma DENEb está formada por tres componentes principales, tal y como puede observarse en su Arquitectura de Referencia mostrada en la Figura 1. En primer lugar, el componente llamado *Workflow and protocol enactment service* integra los motores de ejecución tanto de workflows como de protocolos, que encapsulan la separación explícita entre la

lógica de negocio (*workflows*) y la de interacción (protocolos).

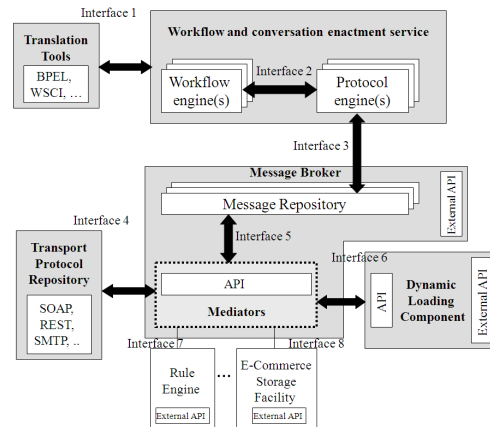


Figura 1. Arquitectura de Referencia de DENEb.

En segundo lugar, el *broker* de mensajes es el componente encargado de la coordinación necesaria durante la ejecución de los procesos. El *broker* está compuesto por un repositorio de mensajes basado en el modelo de coordinación Linda, también implementado mediante las *Reference nets* y denominado DRLinda [15]; y por un subsistema de mediadores que tienen una doble funcionalidad: por una parte, aíslan internamente la plataforma de los detalles concretos de las tecnologías utilizadas; por otra parte permiten extender las características de DENEb fácilmente, al posibilitar el desarrollo de nuevos mediadores en base a un API pre-establecida. Un tipo de mediadores concretos son los responsables de las interacciones con procesos externos utilizando tecnologías concretas, por ejemplo de servicios Web. Igualmente, otro tipo de mediadores son responsables de la realización de procesos complejos que además se exponen públicamente a través de sus interfaces (utilizando WSDL, por ejemplo). Finalmente, existe un tipo concreto de mediadores responsables de dar soporte a los diferentes estándares existentes para la descripción y modelado de procesos. En este caso, estos mediadores representan herramientas de traducción de estos estándares al formalismo de las *Reference nets* utilizado en la implementación de los procesos en DENEb, como el caso del mediador BPEL2DENEb [16].

El último componente de la arquitectura de DENEb está representado por el *Dynamic Loading Component* (DLC). Este componente es responsable de la carga y adquisición dinámica de componentes en la plataforma en tiempo de ejecución. Es posible adquirir y cargar tanto mediadores como *workflows* y protocolos en DENEb, para lo que se posibilitan diferentes alternativas. Esto dota a la plataforma de la capacidad de adaptación a escenarios complejos y evolutivos, mejora la reutilización de la lógica de procesos y abre las puertas de campos de aplicación en desarrollo como la composición dinámica de procesos.

DENEb se basa en la utilización de la herramienta Renew [12], que aporta una interfaz gráfica y un *toolkit* para el modelado de este tipo de redes y que hemos adaptado para permitir el modelado de procesos en base al enfoque conversacional. Internamente, las redes están representadas mediante PNML extendido, lo que resuelve y favorece las cuestiones relativas a interoperabilidad. Además, Renew permite tanto la simulación como la ejecución de las redes modeladas, lo que permite afirmar que tanto los *workflows* como los protocolos desarrollados en DENEb son directamente ejecutables.

## 5. Dominios de aplicación de DENEb

La utilización del paradigma de las Redes-en-Redes y de las *Reference nets* como tecnología de implementación, tanto para la plataforma DENEb como para los aspectos relacionados con los procesos de negocio posibilitó la aplicación de esta línea de investigación en diversos dominios de aplicación, resumidos en la Figura 2.

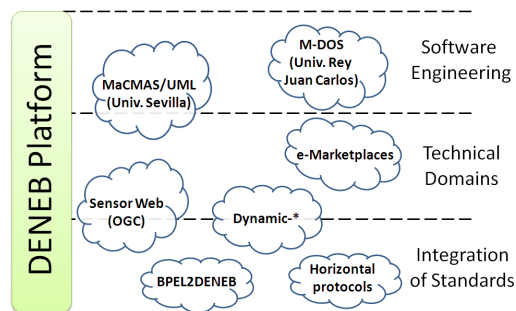


Figura 2. Dominios de aplicación de DENEb.

En lo referente a BPM, las carencias de los estándares actuales para el modelado e implementación de procesos se suplió con la posibilidad de desarrollar dichos procesos utilizando las *Reference nets* y la plataforma DENEb como *frontend* para su modelado y *backend* para su ejecución. La implementación del enfoque conversacional dota de un cierto grado de flexibilidad a dichos procesos, y la utilización de los mecanismos de adquisición dinámica del componente DLC aporta el dinamismo necesario para afrontar con garantías de éxito los nuevos requisitos para el desarrollo de procesos adaptables [13,14]. Además, los modelos generados son directamente ejecutables, lo que favorece la aplicabilidad de DENEb en escenarios de ejecución de modelos.

Relacionado con este último punto se analizó la posibilidad de abordar el desarrollo de procesos de negocio desde la perspectiva de la Ingeniería del *Software*. Se vió que la integración de DENEb con metodologías y plataformas basadas en MDA resultaba sencilla, por lo que diversas colaboraciones dieron su fruto en la integración de DENEb con MaCMAS (*Methodology for Analysing Complex MultiAgent Systems in UML*) [17], permitiendo la generación semiautomática de modelos directamente ejecutables mediante una metodología de refinamientos sucesivos basada en el enfoque conversacional. Por otra parte, la integración de DENEb con la metodología SODM [18] aportó la generación automática de modelos ejecutables partiendo de los objetivos de negocio manejados por los analistas mediante modelos de composición de servicio. Estos dos trabajos demuestran la aplicabilidad de la plataforma a diferentes enfoques dentro de la Ingeniería del *Software*, obteniendo idénticos resultados: la reducción de costes en recursos, tiempo y dinero en el desarrollo de procesos de negocio, enriquecida con los beneficios de la generación (semi)automática de código ejecutable.

Las capacidades dinámicas de DENEb también se han explotado en otros entornos de aplicación, como el desarrollo de *e-marketplaces* configurables [19]. En este tipo de escenarios, el desarrollo de protocolos de e-negociación en base a los conceptos y tecnologías desarrollados en DENEb demostró la posibilidad de realizar prototipado rápido y la adaptación de la plataforma de ejecución mediante mecanismos de extensión basados en el DLC. Otra aplicación es

la iniciativa *Sensor Web*, propuesta por el consorcio OGC [21]. En la arquitectura de *Sensor Web*, las diferentes estaciones que recogen las observaciones de los sensores que abarcan deben acceder a los mismos en base a una serie de protocolos de interacción. Los estándares propuestos por OGC no especifican los detalles de dichos protocolos, ya que normalmente dependen de los fabricantes de los sensores. Las diferentes implementaciones existentes de *Sensor Web* obligan a que estos protocolos sean conocidos en tiempo de diseño y previamente al despliegue del sistema, limitando su alcance y la funcionalidad. La utilización de la plataforma DENEb permite el desarrollo de los procesos que implementan la lógica de negocio de las diferentes estaciones que componen la red de sensores, posibilitando la adquisición de los protocolos de acceso a los sensores mediante el descubrimiento en tiempo de ejecución. Por tanto, el sistema resultante es altamente flexible y escalable, integra los estándares de la OGC y aporta el acceso a los sensores cuyos protocolos de interacción son desconocidos en las etapas de diseño (y que, adicionalmente, pueden utilizar cualquier tecnología para su acceso).

## 6. Líneas de Investigación Abiertas

Además de los dominios de aplicación de la plataforma, el desarrollo de DENEb y, concretamente, de su componente de adquisición dinámica, ha abierto varias líneas de investigación en la actualidad.

- **Composición dinámica.** El DLC abre nuevos retos en la aplicación del paradigma de las Redes-en-Redes y el enfoque conversacional para desarrollar mecanismos de composición dinámica a nivel de procesos. En este aspecto, en la actualidad se están estudiando los mecanismos existentes y sus limitaciones, y la aplicabilidad de los mecanismos de DENEb para posibilitar el desarrollo de procesos capaces de adaptarse dinámicamente mediante la composición en tiempo de ejecución tanto de su lógica de negocio (sus *workflows*) como de interacción (sus protocolos).
- **Integración con estándares para el modelado de procesos de negocio.** Tan

importante como el desarrollo de DENEb son los detalles para su implantación en entornos de producción reales. Es un hecho que el lenguaje de descripción de procesos más popular es BPEL, pese a sus limitaciones. Por tanto, resulta primordial el estudio de la transformación de este y otros estándares predominantes en este tipo de entornos al formalismo utilizado en nuestra plataforma. Como resultado, esta línea se abrió con la implementación de una herramienta de traducción que permite la utilización de DENEb en entornos empresariales cuyos procesos han sido desarrollados enteramente en BPEL [16]. Los procesos resultantes se implementan mediante *Reference nets* siguiendo el enfoque conversacional de DENEb, aunque no explotan esta característica (semánticamente, el proceso generado es equivalente semánticamente al proceso BPEL original). Sin embargo, en la actualidad se están explotando las ventajas de realizar esta traducción, extendiendo la capacidad expresiva de BPEL en entornos dinámicos. Otra línea abierta es el estudio de la correlación entre los modelos DENEb y BPMN 2.0, dado que este último es el otro estándar más destacado de definición de procesos de negocio.

- **Semántica.** La característica de adquisición dinámica en de workflows y protocolos abre la línea de investigación correspondiente al estudio de la verificación de sus propiedades. Esto se resume en un problema de compatibilidad entre *workflows* y protocolos que se ha estudiado desde la perspectiva de la capacidad de análisis de los modelos de redes de Petri, de manera que los problemas de compatibilidad se formulan y verifican en términos del modelo de red de Petri correspondiente a la ejecución sincronizada de un *workflow* y un protocolo concretos [20].
- **Workflows científicos.** La plataforma DENEb propone una serie de mecanismos y herramientas que pueden aplicarse fácilmente al ámbito de los *workflows* científicos. A tales efectos, como resultado de una tesis dentro del marco del grupo de investigación se ha desarrollado DVega, una plataforma basada en DENEb para el

modelado de *workflows* científicos flexibles y aplicable a problemas científicos [22].

- Finalmente, la utilización de los modelos de Redes-en-Redes permite el **prototipado rápido** y la **simulación** en escenarios evolutivos y dinámicos, permitiendo la formulación de problemas en términos de análisis de prestaciones, parámetros de calidad de servicio, etc., y proponiendo mecanismos de composición dinámica para la obtención de *workflows* científicos adaptables a entornos de altas prestaciones o de *grid computing*, por ejemplo.

## 7. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la aplicación del enfoque conversacional y del paradigma de las Redes-en-Redes para el desarrollo e implementación de la plataforma DENEb. Esta plataforma facilita el modelado, desarrollo y ejecución directa a través de los modelos de procesos de negocio que implementan los requisitos de flexibilidad y dinamicidad exigidos para el desarrollo de nuevas aplicaciones. DENEb abarca los problemas derivados de las propuestas, arquitecturas y lenguajes de composición existentes para la integración dinámica de procesos, y aporta un entorno que permite la colaboración de procesos heterogéneos mediante componentes de mediación y herramientas de traducción.

La plataforma desarrollada también permite la integración de protocolos horizontales para implementar ciertas propiedades comportamentales (como por ejemplo las propiedades transaccionales [13]), dando soporte para diferentes mecanismos de despliegue (cliente-servidor, punto a punto, etc.).

Los procesos desarrollados en DENEb son capaces de colaborar y cooperar de forma flexible para componer, fácilmente, procesos de valor añadido. Desde el punto de vista de la ejecución de procesos, DENEb extiende el concepto de adquisición dinámica no sólo a los componentes que forman el sistema, sino también a los aspectos relacionados con la lógica interna de los procesos. Éstos pueden reconfigurar su lógica de negocio y de interacción en tiempo de ejecución, y seleccionar e interaccionar con nuevos *partners* compartiendo, cuando sea necesario, protocolos

no consensuados previamente. Igualmente, los *workflows* pueden ser reconfigurados dinámicamente conforme a los requisitos de negocio y a las estrategias organizativas. Además, aunque las *Reference nets* se han utilizado para los aspectos relativos a la implementación tanto de *workflows* como de protocolos, esta decisión es compatible con los estándares basados en tecnologías de servicios Web.

Las características de adquisición y carga dinámica de las que goza la plataforma abren nuevos retos en forma de nuevas líneas de investigación abiertas y que han dado lugar a varias tesis en el grupo de trabajo en el que se ha desarrollado DENEb. Concretamente, estas líneas abarcan la composición dinámica, la integración de estándares para el modelado de procesos, cuestiones de compatibilidad semántica entre procesos, computación científica basada en *grid*, prototipado rápido y simulación.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del proyecto TIN 2010-17905, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España.

## Referencias

- [1] Papazoglou, M.P., Traverso, P., Dustdar, S., Leymann, F.: Service-oriented computing: State of the art and research challenges. *Computer*, vol. 40, 2007, pp. 38–45.
- [2] Commission of the European Communities: 3S Green Paper on Software and Service Architectures, Infrastructures and Engineering. Technical report, 2007.
- [3] Mecella, M., Pernici, B., Craca, P.: Compatibility of e -Services in a Cooperative Multi-platform Environment. In: Second International Workshop on Technologies for E-Services – TES 2001, Springer-Verlag, 2001, pp. 44–57.
- [4] Schmidt, R.: Web services based architectures to support dynamic interorganizational business processes. In: International Conference on Web Services - Europe 2003 – ICWS-Europe'03. Volume 2853 of LNCS., Springer, 2003, pp. 123–136.

- [5] Hanson, J.E., Nandi, P., Levine, D.W.: Conversation-enabled web services for agents and e-business. In: International Conference on Internet Computing, 2002, pp. 791–796.
- [6] Ardissono, L., Petrone, G., Segnan, M.: Enabling flexible interaction with web services. In: Extending Web Service Technologies. The use of Multi-Agent approaches. Springer Verlag, 2004, pp. 187–208.
- [7] BPEL 2.0 specification - OASIS. (2007). [Online]. Available: <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/>
- [8] Murata T. Petri nets: Properties, analysis and applications. Proceedings of IEEE, vol. 77, 1989, pp. 541–580.
- [9] van der Aalst, W., Hee, K. Workflow Management: Models, Methods, and Systems. MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2004.
- [10] Girault, C., Valk, R. Petri Nets for Systems Engineering – A Guide to Modeling, Verification, and Applications. Springer, 2003.
- [11] Kummer O. Introduction to Petri nets and Reference nets. Sozionik Aktuell 2001; 1:1–9. ISSN 1617-2477.
- [12] Kummer, O., Wienberg, F. Renew - the Reference net workshop. Tool Demonstrations, 21st International Conference on Application and Theory of Petri Nets, 2000, pp. 87–89.
- [13] Fabra, J., Álvarez, P., Bañares, J.A., Ezpeleta, J. A framework for the development and execution of horizontal protocols in open BPM systems. 4th Int. Conf. on Business Process Management – BPM 2006, pp. 209–224.
- [14] Fabra, J., Álvarez, P., Bañares, J.A., Ezpeleta, J. Runtime Protocol Binding: Flexible Service Integration By Means Of Flexible Service Interactions. 2008 Int. Conf. on Services Computing – SCC 2008, IEEE Computer Society Press, 2008, pp. 291–298.
- [15] Fabra, J., Álvarez, P., Ezpeleta, J. DRLinda: A Distributed Message Broker For Collaborative Interactions Among Business Processes. 8th Int. Conf. on Electronic Commerce and Web Technologies – EC-Web'07, Springer Verlag, 2007, pp. 212–221.
- [16] Fabra, J., Álvarez, P. BPEL2DENEb: Translation of BPEL Processes to Executable High-level Petri Nets. Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services - ICIW 2010, IEEE Computer Society, 2010, pp. 496-505.
- [17] Fabra, J., Peña, J. Ruiz-Cortés, A., Ezpeleta, J. Enabling the evolution of service-oriented solutions using an UML2 profile and a Reference Petri nets execution platform. Third International Conference on Internet and Web Applications and Services - ICIW 2008, pp. 8-13.
- [18] de Castro, V., Fabra, J., Álvarez, P., Marcos, E. Integración de SOD-M y DENEb: un marco para la ejecución de modelos de procesos de negocio. VI Jornadas Científico-Técnicas en Servicios Web y SOA - JSWEB 2010.
- [19] Fabra, J., Álvarez, P., Ezpeleta, J. Development of Configurable E-Marketplaces Based On a Flexible Management Of E-Negotiation Protocols. 2008 International Conference on E-Commerce, 2008, pp. 133–200.
- [20] Ibáñez, M.J., Álvarez, P., Ezpeleta, J. Checking Necessary Conditions for Control and Data Flow Compatibility between Business and Interaction Logics in Web Processes. 6th IEEE European Conference on Web Services, 2008, pp. 92–101.
- [21] Fabra, J., Álvarez, P., Bañares, J.A., Ezpeleta, J. Integración en DENEb de componentes para la conectividad dinámica de los procesos Web. Aplicación a escenarios de gestión de emergencias basados en Sensor Web. Novática, vol. 197, pp. 47-52, 2009.
- [22] Tolosana-Calasanz, R., Bañares, J.A., Álvarez, P., Ezpeleta, J. On Interlinking of Grids: A Proposal for Improving the Flexibility of Grid Service Interactions. Third International Conference on Internet and Web Applications and Services - ICIW 2008, pp. 714-720.