

Desarrollo de una plataforma multiagente para la creación de empresas virtuales dinámicas en el marco de los entornos de gestación*

Pedro Sanz Angulo¹, Juan José de Benito Martín¹

¹Dpto. de Organización de Empresas y CIM. Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid. Paseo del Cauce 59, 47011 Valladolid. psangulo@eis.uva.es, debenito@eis.uva.es

Resumen

Las empresas actuales necesitan modelos organizativos basados en la cooperación y en el uso intensivo de las nuevas tecnologías para mejorar la productividad y garantizar su supervivencia. En este sentido, la empresa virtual dinámica representa un paradigma prometedor tanto por su agilidad en la respuesta a las nuevas oportunidades como por su capacidad de adaptación a los cambios. Pero para asegurar estos niveles de agilidad primero ha de garantizarse una correcta selección de socios. Partiendo de esta idea, presentamos un sistema experto multiagente que lleva a cabo dicho proceso a partir de un modelo multienfoque basado en el concepto de entornos de gestación.

Palabras clave: Empresa Virtual Dinámica, Entornos de Gestación de Organizaciones Virtuales, Selección de Socios, Tecnología Multiagente, Sistemas Expertos.

1. Introducción

La creación de valor añadido para los clientes es, en el entorno económico y social actual, un proceso extraordinariamente complejo para el que se requiere la combinación de diferentes clases de recursos y *know-how* que las empresas no siempre poseen (Beer, Eisenstat y Spector, 1990). Esta escasez de medios y métodos condiciona notablemente la operativa de las empresas y, por lo tanto, su capacidad para mantener una posición competitiva sólida. Para asegurar su supervivencia, las empresas están obligadas a cooperar entre sí, a veces incluso con sus competidores directos (Davidow y Malone, 1998), en las distintas fases del ciclo de vida de los productos.

Sin embargo, las empresas tradicionales suelen carecer de mecanismos y procedimientos de cooperación eficientes, lo que plantea la necesidad de nuevos modelos y estructuras de negocio capaces de asegurar niveles de cooperación apropiados entre las distintas empresas involucradas en el desarrollo y fabricación de los productos. En este contexto, durante los últimos años han surgido diferentes soluciones organizativas de carácter colaborativo, de entre las que sobresale de forma significativa el paradigma de Empresa Virtual (VE, *Virtual Enterprise*). Numerosos investigadores y teóricos ya le han considerado como el modelo de negocio más prometedor para las empresas del siglo XXI (Davidow y Malone, 1992; Fischer, Heimig, Org y Uller, 1996; Mowshowitz, 1997; Park y Favrel, 1999; etc.), sobre todo para aquellas de pequeño y mediano tamaño.

* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en el proyecto de investigación financiado por la Junta de Castilla y León en su convocatoria EDU/1534/2008, con referencia VA009A09 y titulado "Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en la Creación de Redes Organizativas: Aplicación en el Ámbito de la Prevención del Maltrato Infantil".

La VE hace posible que un número de organizaciones, instituciones o individuos legalmente independientes y geográficamente dispersos desarrollen un entorno de cooperación y trabajo común orientado a la consecución de una meta concreta (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2001). De esta forma, sus participantes pueden acceder de manera colectiva a mercados globales con soluciones de clase mundial que no podrían ofrecer individualmente (Park y Favrel, 1999). El resultado es la fabricación de productos de mayor calidad y adaptados a las necesidades del mercado, pero incurriendo en un menor coste, una distribución del riesgo, una reducción del “*time to market*”, etc., lo que se traduce en una mejor respuesta a las exigencias de los clientes.

Sin embargo, el que una empresa sea capaz de suministrar un producto de calidad y a un coste adecuado, no significa que posea la capacidad de adaptarse eficientemente a los cambios en la demanda de los clientes (Sanz y de Benito, 2009). Esta característica, conocida como agilidad, es la que proporcionan los modelos dinámicos de VE (DVE, *Dynamic VE*), también conocidos como Empresas Virtuales Ágiles. En las DVE un conjunto de socios de negocio se unen dinámicamente, bajo demanda, y de acuerdo con las necesidades y requisitos de los clientes (Ouzounis, 2001), desapareciendo cuando dichas necesidades han sido satisfechas. Son, en definitiva, organizaciones de rápida creación y rápida disolución (Browne y Zhang, 1999), construidas *ad hoc* de la oportunidad de colaboración.

La clave de su éxito radica en sus múltiples beneficios como, por ejemplo, un acceso más rápido a nuevos mercados y nuevas oportunidades de negocio, la mejora del servicio al cliente y de la calidad del producto, reducción de riesgos y costes, economías de escala, las PYME logran presencia internacional, etc. Además, la DVE hace posible que los socios alcancen más fácilmente sus objetivos de negocio mientras acceden a recursos (competencias, conocimientos, tecnología, etc.) que, por lo general, están fuera del alcance de una única empresa. La DVE, al formarse idealmente como una combinación de competencias *best-of-class* complementarias, es una organización *best-of-everything* (Byrne, Brandt y Port, 1993).

Dado que en este tipo de empresas se persiguen activamente nuevas oportunidades de negocio con las que emprender nuevos proyectos, las VE dinámicas presentan un ciclo de vida diferente al de las compañías convencionales (Adams, Wallas y Sengupta, 2001). Cuando se emprende un nuevo proyecto y se designa a sus participantes, una nueva instancia de empresa virtual cobra vida puesto que una oportunidad o un proyecto específico son vistos como el único motivo de su existencia. En el curso de esas actividades a menudo se modifican sus socios, acuerdos de cooperación y recursos disponibles (Adams y Dworkin, 1997), dando lugar a una reconfiguración de la red. Además, una empresa virtual ágil no es una construcción duradera, ya que desaparece cuando el proyecto deja de tener sentido.

Sin embargo, y a pesar de su atractivo, existen todavía numerosos obstáculos (tanto de naturaleza tecnológica como organizativa, humana, legal, etc.) que impiden el desarrollo pleno de este tipo de empresas. De entre todas estas barreras cabe destacar, de manera significativa, todo lo relacionado con la búsqueda, identificación y selección de los socios más adecuados (Do, Halatchev y Neumann, 2000; Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2001; Dang, 2004; etc.), actividad clave tanto en la creación como en la reconfiguración de estas redes: a fin de cuentas, encontrar la selección “óptima” de *partners* constituye la primera condición necesaria para asegurar el éxito de este modelo de negocio.

Esta tarea, ya de por sí compleja en su naturaleza, requiere grandes cantidades de tiempo y un gran número de recursos, por lo que una mala gestión del proceso se traduce inevitablemente en una pérdida de agilidad y, por lo tanto, en una merma del atractivo de este modelo de

negocio. La efectividad del proceso depende, en gran medida, de (Sanz, 2008) la disponibilidad de información adecuada sobre los socios potenciales, de su nivel de preparación para implicarse en una DVE, de la existencia de un alto grado de confianza, de que se compartan una infraestructura común para la cooperación, así como prácticas comerciales y normas de funcionamiento comunes, etc. En definitiva, depende de que los posibles socios estén dispuestos a participar en dicha colaboración.

Garantizar este conjunto de requerimientos básicos puede llegar a suponer un desafío bastante difícil de alcanzar cuando se consideran relaciones de naturaleza temporal. Sin embargo, no sucede lo mismo en aquellas colaboraciones a largo plazo que no se limitan a una única oportunidad de negocio. Partiendo de esta idea, recientemente se ha empezado a considerar que el proceso de creación de este tipo de organizaciones temporales debe tener lugar en el contexto de lo que Afsarmanesh y Camarinha-Matos (2005) denominan Entornos de Gestación de Organizaciones Virtuales (VBE, *Virtual Organization Breeding Environment*). Estas nuevas estructuras son realmente clubes de organizaciones dispuestas a participar en relaciones a largo plazo, y de las que emergerán dinámicamente coaliciones temporales capaces de responder a las distintas oportunidades de negocio. Permiten, en definitiva, aunar las ventajas de las DVE con aquellas derivadas de las relaciones a largo plazo.

La introducción de los entornos de gestación en el problema de la selección de socios constituye una innovación cultural y organizativa de gran importancia. Sin embargo, para conseguir que este concepto sea operativo y asegurar que las VE dinámicas realmente reaccionen de manera ágil y adecuada a los cambios en la demanda, son precisas nuevas herramientas e innovaciones de carácter tecnológico. A fin de cuentas, el concepto de VE ágil depende absolutamente de la innovación para alcanzar las expectativas y la capacidad de reaccionar de una manera rápida y flexible.

A partir de estas ideas y reflexiones surge la plataforma DVEBreeder, cuyo propósito principal no es otro que facilitar el proceso de selección de socios en este tipo de redes colaborativas, de forma que se configure la mejor empresa virtual dinámica en función de las necesidades de los clientes y de las características de los socios potenciales. Para asegurar altos niveles de agilidad y confiabilidad, se considera que estos socios potenciales poseen relaciones a largo plazo a partir de su participación en los entornos de gestación.

2. La plataforma multiagente DVEBreeder

En el departamento de Organización de Empresas y Comercialización e Investigación de Mercados de la Universidad de Valladolid se ha creado la aplicación DVEBreeder. Se trata de una herramienta informática capaz de realizar el proceso de búsqueda, identificación y selección de socios de una VE dinámica de una forma sencilla, rápida y eficaz. Para lograrlo, la plataforma parte de tres pilares básicos: *a)* el modelo de selección de socios, en el que incorpora por primera vez *b)* el concepto de entorno de gestación, y *c)* la combinación de la tecnología multiagente, que permite reproducir la estructura distribuida de las colaboraciones entre empresas, con los sistemas expertos, con los que conseguimos dotar a los agentes de un comportamiento inteligente similar al que podría tener un experto humano, un directivo, etc.

2.1. El modelo de selección

Cuando se estudian los diferentes proyectos y trabajos vinculados a la identificación y selección de socios en las empresas virtuales, se observa la coexistencia de dos posiciones encontradas. Una solución habitual consiste en seguir un acercamiento de arriba hacia abajo o

top-down, conocido como enfoque planificador, en el que el planificador diseña la VE dinámica, decide los roles y selecciona los socios que mejor se ajusten a su plan. La alternativa opuesta se basa en la utilización de un enfoque de abajo a arriba o *bottom-up* (enfoque competidor). En este caso, el cliente o el broker anuncia la oportunidad de colaboración, espera a que se formen algunos consorcios espontáneamente (por iniciativa de algunos miembros) y, después, analiza y selecciona la/s oferta/s más adecuada/s.

- El primer enfoque se corresponde con una planificación centralizada en la que un organismo de control central (el planificador/coordinador) se encarga de diseñar y descomponer todo el proceso de negocio (BP, Business Process) y distribuirlo adecuadamente en base a mecanismos de negociación. Se da, por tanto, una evolución desde un nivel de abstracción (top) que representa el diseño hasta el nivel de detalle (down) que exige la selección de las entidades que van a ejecutar los subprocesos.
- En el segundo enfoque, el *bottom-up*, no existe un organismo de control que diseñe y controle la estructura de la DVE inicial; de hecho, se configuran varios consorcios de manera espontánea que pueden presentar diseños y estructuras muy diferentes entre sí.
- Entre estas dos alternativas extremas pueden definirse soluciones intermedias. Así, por ejemplo, se puede hacer uso de una planificación jerárquica, donde el broker o coordinador sólo define los procesos de negocio de más alto nivel (definición abstracta) y selecciona los socios más adecuados para cada uno de ellos. Cada uno de estos nuevos miembros de la DVE es responsable de refinar su diseño de acuerdo con sus capacidades locales, por lo que planificación y detalle se van alternando en el proceso.

Cada enfoque presenta sus ventajas e inconvenientes y exige diferentes funcionalidades. Así, por ejemplo, con el primer enfoque se pierde bastante tiempo en planificar la DVE, aunque al final se obtiene una “DVE centralizada” a medida, y se requieren múltiples agentes para poder negociar con todos los posibles proveedores de servicios. Es, por tanto, más ineficiente tanto desde el punto de vista temporal como desde el de los recursos, aunque puede ser aconsejable cuando se precise tener un mayor control sobre la DVE. Además, se trata de la solución más utilizada en la literatura de investigación (Rocha y Oliveira, 1999; Petersen, 2003; etc.), incluida su variante jerárquica (Ouzounis, 2001), al ser más fácil de implementar.

Si bien el enfoque planificador no suele garantizar la formación de las mejores DVE, el enfoque *bottom-up* (Rabelo, Camarinha-Matos y Vallejos, 2000) puede conducir a formas de DVE más eficientes y ágiles, aunque su control suele ser más complejo. Con este enfoque se da la posibilidad de que se configure la mejor DVE en su conjunto y sin los sesgos que pueden ocasionar los criterios propios de una única entidad; surgen ofertas más realistas ya que se tiene en cuenta en cada momento las ofertas actualizadas de aquellas empresas que cuentan con los procesos y subprocesos de negocio necesarios.

Si queremos modelar el proceso de selección de la forma más realista y eficiente posible, la formación de las DVE ha de poder efectuarse siguiendo no sólo cada uno de los enfoques descritos, sino también cualquier otro posible, lo que incluye las distintas combinaciones de los modelos ya existentes. Es preciso, por tanto, crear un modelo genérico y abierto, con una orientación multienfoque que aúne las ventajas de las soluciones planteadas hasta el momento y mitigue sus carencias. Además, y en base a las numerosas ventajas que aporta al proceso de selección, también debe considerar el concepto de entorno de gestación. A partir de estas observaciones hemos definido el modelo de selección de socios que aparece en la Figura 1.



Figura 1. Nuestro modelo de selección de socios.

En este modelo cada agente involucrado (perteneciente o no al entorno de gestación) puede seleccionar a los proveedores de dos formas distintas.

- Por un lado, los agentes pueden publicar sus necesidades en el VBE, recibir distintas “ofertas” y seleccionar la más adecuada a sus necesidades mediante un proceso de negociación que tiene en cuenta múltiples criterios, tanto objetivos como subjetivos. El resultado de este proceso es la selección de una DVE o subDVE en cuya estructura y composición el agente demandante no tiene ninguna influencia directa.
- Pero los agentes también pueden solicitar al VBE la lista de los proveedores registrados para cada uno de los servicios que precisen y elegir, de entre ellos, los proveedores que más les convengan. Este tipo de selección es más adecuada cuando se requiere un mayor control sobre los componentes y sobre la estructura resultante.

Al permitir esta simple elección, tanto para el BP como para los subprocesos, nuestro modelo hace posible la formación de DVE que se ajusten a los distintos enfoques y estructuras de planificación tradicionales: así, si el cliente del BP opta directamente por seleccionar una DVE estará empleando el enfoque competidor; por otro lado, si se seleccionan única y exclusivamente empresas nos encontraríamos bien ante el enfoque planificador, si el cliente negocia con todos los proveedores de cada uno de los subprocesos, o bien ante el jerárquico, si los proveedores de un proceso/subproceso son también clientes de otro de más bajo nivel.

Sin embargo, nuestro modelo también hace posible cualquier combinación de los enfoques existentes en la literatura, tal y como puede observarse en la Figura 2. En dicha imagen se puede apreciar una posible descomposición del BP que da origen a la formación del consorcio, así como la VE dinámica que se ha configurado a partir de nuestro modelo. Como se señala en la figura, la estructura resultante engloba los tres enfoques tradicionales, lo que da lugar a la selección tanto de simples entidades como de DVE (o mejor dicho, subDVE) dependiendo del nivel de control que se precise.

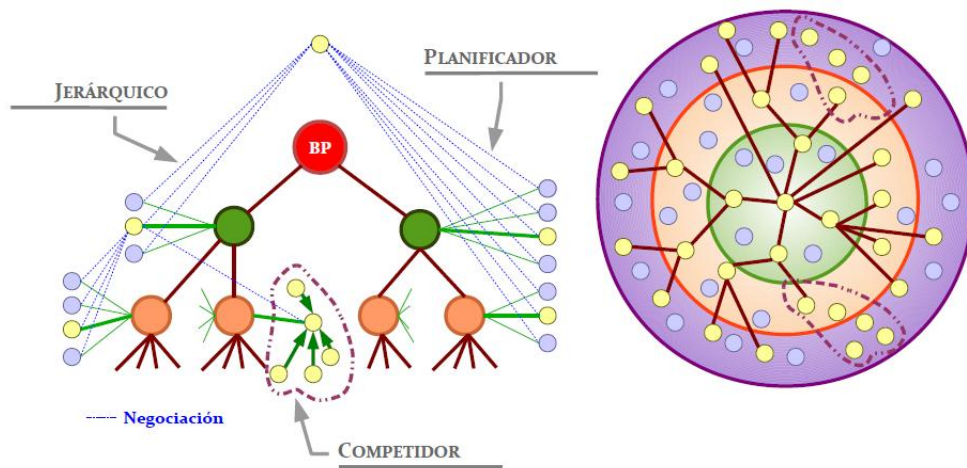


Figura 2. Ejemplo de DVE configurada a partir de nuestro modelo.

En definitiva, hemos definido un modelo del proceso de selección multienfoque y global que, de forma innovadora, amplía las posibilidades de los modelos existentes en la literatura, pero que no deja de ser un modelo notablemente sencillo. Gracias a él podemos construir, por ejemplo, DVE federadas, DVE controladas por un único miembro, DVE con diferentes niveles de control en cada subproceso de negocio, etc.

2.2. Desarrollo y descripción de la aplicación DVEBreeder

El modelo descrito en el apartado anterior constituye la base conceptual de la aplicación DVEBreeder, una herramienta multiagente diseñada expresamente para soportar el proceso de selección de socios en las DVE. Para su desarrollo se ha seguido un proceso iterativo de planificación, análisis, diseño, construcción, verificación y validación. A continuación se describen brevemente los aspectos más relevantes de dicho proceso.

Una vez definido el problema de partida, durante la etapa de *planificación* se valora qué tecnologías son las más apropiadas para afrontar el problema y se decide qué herramientas utilizar en la solución. En este sentido, y tras el estudio de las distintas orientaciones existentes en la literatura, la tecnología multiagente y los sistemas expertos se han impuesto como la mejor solución tecnológica, del mismo modo que JADE y Jess han sido las herramientas seleccionadas para construir, respectivamente, la aplicación multiagente y el módulo de decisión de los distintos agentes. La Figura 3 permite sintetizar gráficamente las distintas herramientas empleadas en su construcción.

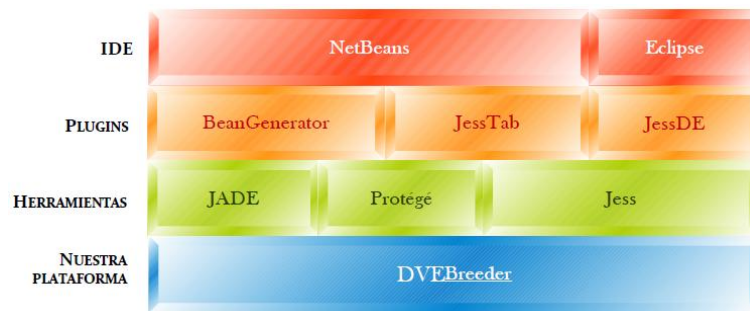


Figura 3. Visión general de las herramientas empleadas en el desarrollo de la aplicación.

Partiendo de estas decisiones, y siguiendo el conjunto de indicaciones establecidas en la metodología para JADE (Nikraz, Caire y Bahri, 2006), se llevó a cabo el análisis y posterior diseño de la plataforma. El resultado de la fase de *análisis* han sido los diagramas de casos de uso, el diagrama de agentes (véase Figura 4), la tabla de responsabilidades y el diagrama de despliegue de agentes que, convenientemente refinados, han constituido la base para la siguiente fase de la metodología, la de diseño.

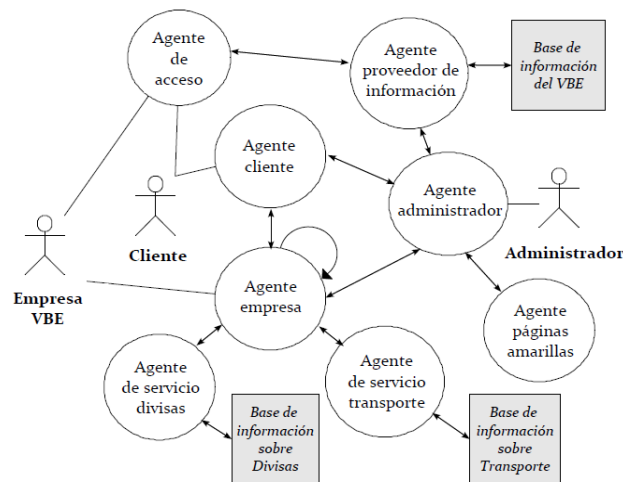


Figura 4. Diagrama de agentes de la plataforma DVEBreeder.

Durante la etapa de *diseño* se especificaron diferentes elementos previos a la codificación como son las interacciones entre agentes y los protocolos de interacción, las plantillas de los mensajes, la descripción de los servicios a registrar/buscar en el agente páginas amarillas, las interacciones agente-recurso y agente-usuario, los comportamientos internos de los agentes o el lenguaje de contenido. En esta etapa también se definieron las ontologías, entre ellas la del dominio de aplicación (la “ontología principal”) y la de gestión.

Todas estas consideraciones conducen a la arquitectura que se muestra en la Figura 5. Como puede apreciarse, la plataforma se compone de *un contenedor principal* en el que residen el agente administrador y los agentes del servicio (junto con los agentes AMS y DF de Jade) y *varios contenedores remotos* donde se alojan los agentes de acceso y aquellos que representan a los usuarios de la plataforma (cliente o empresa). La unión de los contenedores remotos con el contenedor principal es lo que da lugar a una plataforma de agentes distribuida.



Figura 5. Arquitectura distribuida de la plataforma.

El resultado es una plataforma multiagente capaz de dar respuesta a las necesidades que plantea la formación de DVE dentro del contexto de los VBE. Una aplicación en la que los agentes, en representación de los diferentes miembros del VBE y los clientes, interactúan para formar consorcios temporales capaces de responder rápidamente a los requerimientos de los clientes. En la Figura 6 se pueden observar algunas de las interfaces de usuario (GUI, *Graphical User Interface*) de la plataforma en su versión 1.0.

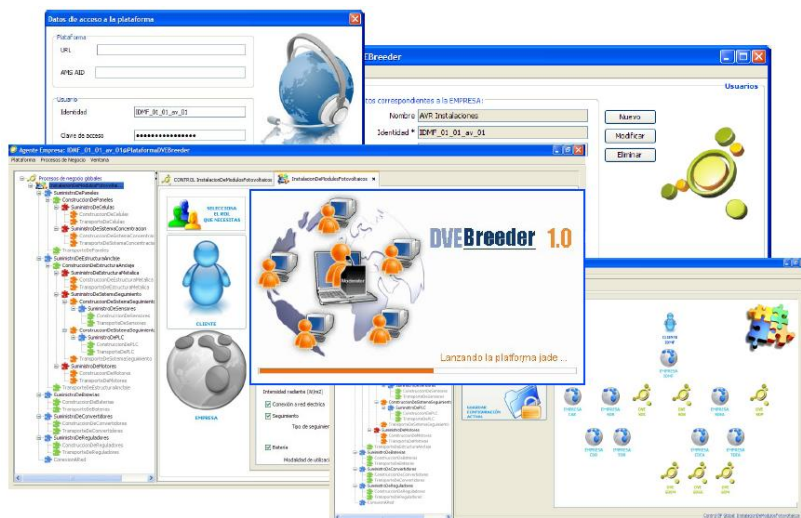


Figura 6. Instantáneas de la interfaz de la plataforma.

El proceso de selección no se realiza en base a complejas funciones matemáticas sino que se apoya en un razonamiento basado en reglas similar al que realiza cualquier experto o directivo humano. Para cada tipo de agente y para cada proceso de negocio se han definido un conjunto inicial de reglas y hechos Jess que tienen en cuenta una serie de parámetros clave como son el coste y el tiempo de suministro, y otros muchos de naturaleza tanto objetiva como subjetiva. Entre estos parámetros destacan algunos como la fiabilidad, calidad, eficiencia, confianza, etc., derivadas tanto de la experiencia particular de cada usuario como de la actividad desarrollada en el propio entorno de gestación. La Figura 7 muestra un ejemplo de una regla de selección basada en algunos de estos parámetros, así como algunas de las interfaces donde se pueden gestionar los hechos y las reglas Jess asociadas a los procesos de negocio.



Figura 7. Ejemplo de una regla Jess de los módulos de decisión y de las interfaces para su gestión.

Tras el proceso de codificación de la plataforma es necesario estudiar su comportamiento a fin de verificar si responde adecuadamente a las necesidades del proceso de selección de socios en las VE dinámicas. Para llevar a cabo dicho estudio se han definido una serie de escenarios dentro del dominio de aplicación, la instalación de colectores fotovoltaicos, en los que distintas empresas castellano-leonesas han actuado como proveedoras de los procesos de negocio necesarios.

Se ha partido de un escenario de competencia perfecta, en la que las distintas empresas suministradoras de un mismo proceso de negocio ofrecen el mismo producto/servicio a un precio idéntico. No existen empresas vetadas, ni preferidas, ni descuentos, etc., y los valores de sus propiedades operativas (calidad, confianza, etc.) son máximos. A partir de este escenario se han ido introduciendo imperfecciones con el fin de alejarnos del modelo ideal. Para ello, se han modificado ciertos parámetros críticos, tales como el precio de los servicios/productos, el tiempo de suministro, las características operativas de cada proveedor, el precio del combustible, etc., e incluso el tipo de control o las propias reglas de selección, lo que ha dado como resultado la formación de diferentes DVE.

El estudio de estos escenarios ha permitido verificar, por un lado, la adecuación del modelo inicial y, por otro, lo acertado de combinar la tecnología multiagente y los sistemas expertos para dar respuesta a este problema.

3. Conclusiones

En el presente documento se ha presentado la herramienta informática DVEBreeder creada para soportar de forma eficaz el problema de la selección de socios en las DVE. Esta herramienta es flexible, dinámica e innovadora tanto desde el punto de vista tecnológico, al unir dos tecnologías como son los MAS y los ES, como desde el conceptual, fruto de su absoluta conformidad con el modelo inicial en el que se tienen presente las distintas orientaciones tradicionales y el concepto de VBE. Al mismo tiempo es escalable, la comunicación es asíncrona, se respetan los estándares FIPA, los agentes son autónomos y muestran un comportamiento inteligente, la interfaz es intuitiva, permite una fácil reutilización de su código, etc. Además, en su construcción se ha utilizado software libre o, en su defecto, software con licencia para uso académico, como es el caso de Jess.

Pero esta aplicación no sólo puede utilizarse para la selección de entidades en el sector empresarial, sino que su ámbito de actuación puede ir más allá. De hecho, actualmente se está trabajando en dos proyectos de investigación que buscan adaptarla a problemas tan dispares como el maltrato infantil, a través de la formación de Organizaciones Virtuales Dinámicas (DVO, *Dynamic Virtual Organization*), o el control de planta (SFC, *Shop Floor Control*). A fin de cuentas, el objetivo que se persigue en la “DVE/DVO/SFC” no es otro que encontrar la mejor combinación de “empresas/entidades/recursos productivos” para dar respuesta a la “oportunidad de negocio/situación de maltrato/pedido de un cliente” de forma ágil y eficiente.

Este trabajo de adaptación a otros ámbitos ha permitido descubrir algunos problemas que han de ser solucionados, así como posibles mejoras que necesitan ser exploradas. Por todo ello, los esfuerzos se dirigen actualmente hacia la construcción de un framework que permita una fácil particularización a cualquier dominio de aplicación sin tener que realizar un gran esfuerzo en su codificación. Además, se está trabajando en la mejora del comportamiento de los agentes, de la interfaz de control, en facilitar la integración con el software de la empresa, etc., así como en la incorporación de nuevas tecnologías como son Jade Leap, los Web Services o el razonamiento basado en casos.

Referencias

Adams W.M.; Wallas, R.M.; Sengupta, A., (2001). “Collaborative Commerce: The Agile Virtual Enterprise Model. Pushing the Digital Frontier: Insights into the Changing Lands of E-Business”. Penn State eBusiness Research Center, pp. 242-262.

Afsarmanesh, H. (ed.) (2005). “Key Components, Features, and Operating Principles of the Virtual Breeding Environment”. ECOLEAD Deliverables. Available <http://www.ve-forum.org/>.

Beer, M.; Eisenstat, R.A.; Spector, B., (1990). “Why Change Programs don’t Produce Change”. Harvard Business Review, vol. 68, nº 6, pp. 158-166.

Byrne, J.A.; Brandt, R.; Port, O., (1993). The Virtual Corporation: The Company of the Future Will Be the Ultimate in Adaptability (Cover Story). International Business Week, vol. 8, pp. 36-40.

Camarinha-Matos L. M.; Afsarmanesh, H., (2001). “Virtual Enterprise Modeling and Support Infrastructures: Applying Multi-Agent System approaches”. Multi-Agent Systems and Applications, Lecture Notes in Artificial Intelligence, pp. 335-364.

Dang, V.D., (2004). "Coalition Formation and Operation in Virtual Organisations". PhD, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton.

Do, V.T.; Halatchev, M.; Neumann, D., (2000), "A Contextbased Approach to Support Virtual Enterprises". Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, vol. 1, n° 4-7.

Fischer, M.; Jähna, H.; Teich, T., (2004). "Optimizing the Selection of Partners in Production Networks". Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 20, pp. 593-601.

Nikraz, M.; Caire, G.; Bahri, P.A., (2006). "A Methodology for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems Using JADE". International Journal of Computer Systems Science and Engineering, 21(2).

Ouzounis, E. K., (2001). "An Agent-Based Platform for the Management of Dynamic Virtual Enterprises". Ph.D thesis. Universität Berlin.

Petersen, S.A., (2003). "An Agent-based Approach to Support the Formation of Virtual Enterprises". Ph.D thesis. Norwegian University of Science & Technology.

Rabelo, R.; Camarinha-Matos, L.M.; Vallejos, R. (2000). "Agent-based Brokerage for Virtual Enterprise Creation in the Moulds Industry". In E-business and Virtual Enterprises, Kluwer Academic Publishers, pp.281-290.

Rocha, A.; Oliveira, E., (1999). "An electronic market architecture for the formation of virtual enterprises". In Infrastructures for Virtual Enterprises, Kluwer.

Sanz, P. (2008). "Selección de Socios en las Empresas Virtuales Dinámicas". Tesis doctoral. Dpto. de Informática. Universidad de Valladolid.