

Aplicaciones de Tecnología de Agentes en Comercio Electrónico

Pablo Noriega, Juan A. Rodríguez-Aguilar, Carles Sierra

Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC)

Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona

08193 Bellaterra, Barcelona

pablo@iia.csic.es, jar@iia.csic.es, sierra@iia.csic.es

Resumen

Este artículo tiene objetivo ilustrar la utilidad de la tecnología de agentes a la hora de desarrollar aplicaciones de comercio electrónico. Con este objetivo se describen varios ejemplos de aplicaciones de agentes en diferentes dominios de comercio electrónico. A continuación se realiza un análisis de tales aplicaciones a fin de determinar en qué aspectos resultó útil la tecnología de agentes. Además, se exponen las lecciones aprendidas durante los procesos de desarrollo. El análisis ofrecido pretende ofrecer directrices que puedan resultar de utilidad a los desarrolladores de aplicaciones de comercio electrónico que se planteen el empleo de tecnología de agentes.

Palabras clave: agentes, comercio electrónico, instituciones electrónicas, negociación, subastas.

1. Introducción

El objetivo de este artículo consiste en analizar cómo las tecnologías de agentes pueden ser empleadas en el desarrollo de aplicaciones de comercio electrónico. Esbozaremos sólo una panorámica de tan rico tema a través de tres casos de estudio de aplicaciones que ilustran distintos aspectos del uso de las tecnologías de agentes y que dan pie a diversas consideraciones tanto conceptuales como prácticas. Para efectos de este artículo, tomaremos la noción de Comercio Electrónico (CE) en una acepción laxa, que incluya aquellas actividades asociadas a las transacciones comerciales realizadas por medio de una red informática.

Las tecnologías de agentes (TA) se han utilizado en CE de maneras diversas desde que ambas nociones, TA y CE, fueron acuñadas. Esa utilización está documentada de manera asequible en las memorias de los principales congresos del área de agentes (p. e. *Autonomous Agents*¹, *Autonomous Agents and Multi-agent Systems*², *ACM Conference on Electronic Commerce*, etc.), seminarios especializados de respetable longevidad (p. e. *Agent-mediated Electronic Commerce*, *Agent Theories, Architectures and Languages*, *Cooperative Information Agents*, etc), y en revistas especializadas (p. e. *International Journal of Electronic Commerce*, *Electronic Commerce Research*, *Journal of Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, etc.).

¹ <http://autonomousagents.org>

² <http://www.aamas-conference.org>

En esta literatura se puede constatar que las TA se han usado de manera bastante creativa, muchas veces más voluntariosa que práctica aunque se pueden documentar ejemplos exitosos en aplicaciones que se han llevado a producción.

Para las TA, el CE es un área atractiva por varios motivos. La razón más relevante es que el CE presenta problemas interesantes y complejos tanto teórica como técnicamente, problemas que suscitan innovaciones y desarrollos para esta tecnología. Por otra parte, el CE es un área de aplicación que dispone de recursos más abundantes que otras por la percepción positiva que tiene la industria de la potencialidad de TA. Finalmente, una razón no despreciable es el hecho que el CE contiene con una realidad preponderantemente digital, para la cual es posible “encapsular” tecnologías de inteligencia artificial (IA) ya disponibles y aplicarlas en problemas suficientemente acotados para hacerlas exitosas.

Motivos complementarios impulsan a la industria del CE a utilizar TA. La característica más evidente de los agentes, su versatilidad, es fácilmente aprehensible por los usuarios: ubicuidad de los agentes, multiplicación de la capacidad de acción o intervención. Percepción que proviene probablemente de la mencionada capacidad –objetiva--- de encapsular racionalidad eficientemente aprovechando desarrollos ya disponibles. Por otra parte, esa percepción de versatilidad incita, a veces de manera ingenua, la formulación de funcionalidades informáticas novedosas que sugieren nuevas prácticas de negocio y la aparición de nichos o la reestructuración de cadenas de producción o servicio existentes. También comienzan a aparecer servicios y productos *para* las TA y sus aplicaciones como certificación, configuración o *add-ons*. Y ciertamente han aparecido productos y servicios –exitosos-- que utilizan de forma distinta y más o menos esencial las TA, como las aplicaciones que aquí discutimos.

2. Casos de estudio

2.1. COMPRANET

Compranet es un sistema para administrar procesos de compras (licitaciones) gubernamentales [Jaso 2004]. A través de este sistema centralizado se realizan de forma electrónica todas las compras de todas las dependencias del Gobierno Federal mexicano, de las grandes empresas públicas (Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad) y de buena parte de los gobiernos estatales y municipales. El sistema se concibió para ser administrado por la Contraloría³ General de la Federación que interviene como garante del proceso de adquisición y supervisa y sanciona el cumplimiento de los participantes (entidades compradoras y empresas proveedoras) a la normativa existente y tanto la operación como la ubicación física del servicio quedan bajo el control exclusivo de la misma⁴. Compradores y vendedores lo utilizan de forma remota.

³ **Contralor.** En Latinoamérica, funcionario encargado de examinar la contabilidad oficial.

⁴ La Contraloría General de la Federación --actual Secretaría (ministerio) de la Función Pública-- del gobierno de México es responsable del sistema, desde su concepción en 1995, hasta la fecha. El prototipo del sistema fue realizado por un centro de investigación (LANIA). Sistemas derivados de COMPRANET se han adoptado en el Banco Mundial y en gobiernos de otros países. En 1999 COMPRANET recibió el

La funcionalidad del sistema se ha ido incrementando paulatinamente (por diseño), para contener con problemas legales (p. e. la validez de la oferta electrónica) y de aceptación de los usuarios. Actualmente, el proceso de licitación se hace de manera totalmente electrónica: desde la publicación de las bases de licitación, la recepción de ofertas, declaración de fallos y revisión de impugnaciones, como se ilustra en la Figura 1.

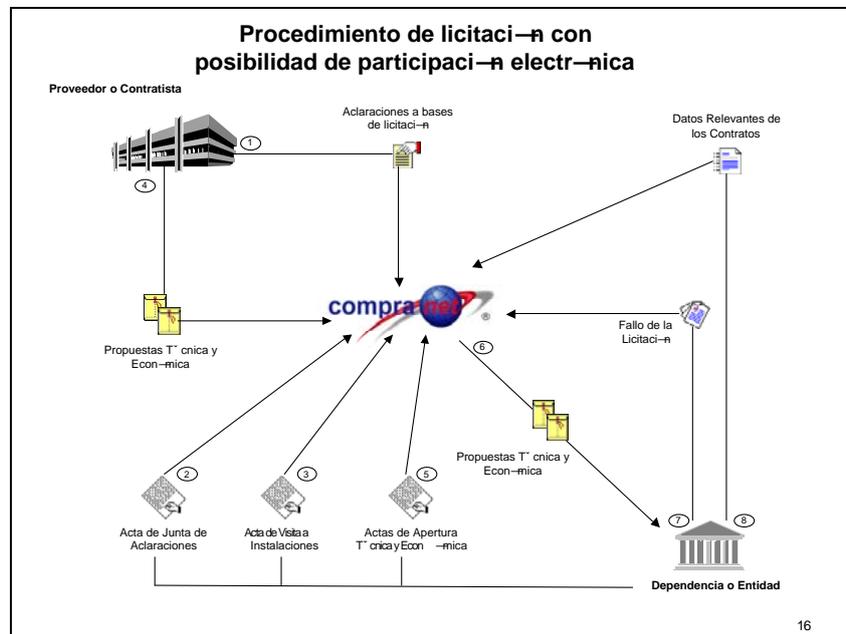


Figura 1. Procedimiento de licitación en Comprasnet

Desde su concepción, en *Comprasnet* se contempló la utilización de TA en dos vertientes: agentes de uso interno (*back-office*), y agentes “externos” que podrían realizar servicios para los compradores o vendedores sobre la información pública de *Comprasnet* y los procesos en que un participante lo deseara.

Los agentes “internos” se concibieron para recopilar y buscar información anómala (precios fuera de expectativas, patrones de colusión, etc.) y como procesos de monitorización que auditan cada proceso de licitación. Concretamente:

- En toda licitación, seguimiento de plazos y documentación de anomalías.
- En toda impugnación o en caso de una anomalía previsible leve (p. e. vulneración de plazos o cancelación de la licitación), disparo de alarmas, marcaje de participantes involucrados e identificación de casos precedentes.
- En caso de reincidencia de un participante en anomalías previsibles (impugnaciones reiteradas, por ejemplo) y ante anomalías graves: identificación y documentación de precedentes, activación de procesos de monitorización, y dependiendo del caso, inicio de auditoría tradicional.

Los agentes “externos” son empleados por los usuarios externos del sistema para detectar oportunidades de participación, para conocer el comportamiento de los

premio Bangemann de la Comisión Europea como el mejor software del área de Comercio Electrónico.

competidores o de los proveedores, y para formar coaliciones. En ocasiones es el propio comprador o vendedor quien crea esos agentes para su propio uso, y en otras ocasiones es un tercero quien los desarrolla para ser adquiridos por algún participante, o que ofrece esos tipos de servicio, usando sus propios agentes.

El caso de los agentes internos en *Compranet* no es del todo atípico. El diseño original de *Compranet* contempló los agentes de uso interno, el prototipo incluyó ya ejemplos de éstos, y el plan de puesta en marcha los previó para una tercera fase de liberación de funcionalidades (la misma que incorporaba las ofertas en línea). Sin embargo, hasta la fecha no han sido desarrollados por razones diversas: la operativa de COMRANET ha impuesto su propia dinámica, que privilegia asuntos de coyuntura y rendimiento por encima de extensiones funcionales; el equipo promotor pasó a desarrollar otros proyectos; muchas de las funciones originalmente depositadas en agentes se han implementado como procesos de explotación de las bases de datos con métodos tradicionales. Una razón significativa ha sido el recelo de algunos funcionarios de la propia Contraloría, quienes cuestionaron aspectos diversos de la propuesta original de *Compranet* y de los agentes internos: su legalidad, su operatividad y su confiabilidad. Cuestionamientos que encubren intereses poco institucionales.

2.2. iBundler

iBundler es un sistema basado en agentes (compuesto por agentes y componentes software) cuyo propósito es facilitar la negociación de procesos complejos de compras (o ventas), transacciones que típicamente suponen la agregación de ofertas de distintos proveedores para cumplir un contrato de forma óptima [Giovannucci et al. 2004].

Específicamente, *iBundler* facilita la negociación de contratos de lotes de bienes (ya sean éstos productos y/o servicios), considerando que tanto el número de unidades como los atributos de cada bien son negociables. Para ello, *iBundler* ofrece un alto grado de expresividad tanto al comprador como a los proveedores a la hora de especificar sus preferencias en forma de reglas de negocio. Así, el comprador puede indicar, entre otras, restricciones en cuanto al número de proveedores o volúmenes por proveedor contratables, o incluso restricciones en cuanto a los valores de las ofertas contratables (p. e. la fecha de entrega de las ofertas seleccionadas debe encontrarse dentro de una misma semana). Estas reglas de negocio resultan esenciales para el comprador dado que para obtener el mejor contrato es necesario agregar múltiples ofertas de diferentes proveedores. En lo que se refiere a los proveedores, éstos disponen de la posibilidad de realizar múltiples ofertas de bienes individuales o de sublotes del lote que se negocia, pueden indicar incompatibilidades entre ofertas (i.e. si uno o varias ofertas no pueden ser aceptadas por el comprador simultáneamente) o complementariedad entre ofertas (al realizar ofertas por volúmenes), etc. En definitiva, los proveedores disponen de un lenguaje altamente rico para formular sus ofertas.

Partiendo de los requerimientos y reglas de negocio del comprador y de las ofertas y reglas de negocio de los proveedores, *iBundler* generaliza y resuelve el problema de la determinación de los proveedores ganadores en una subasta combinatoria inversa con restricciones naturales presentado en [Sandholm et al. 2001].

En *iBundler* se apoya al comprador (humano) con agentes que desempeñan las tareas de una licitación: presentación de requerimientos (RFQ), invitación de proveedores y bases de licitación (CFP), recepción y evaluación de ofertas y notificación de ganador(es).

La funcionalidad de *iBundler* se implementa como una colaboración de agentes con componentes software como se ilustra en la Figura 2. Mientras que los agentes median

con el comprador y con los proveedores y ejecutan las labores propias de una agencia de licitación, los componentes software se encargan de la determinación del conjunto de proveedores ganadores previa a la adjudicación del contrato.

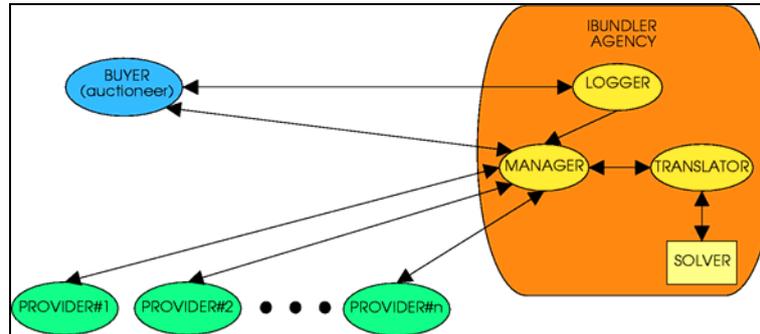


Figura 2. Interacciones internas y externas de iBundler

El usuario humano utiliza un mediador (*buyer/auctioneer*) que interactúa con un controlador (*logger*) que se activa para iniciar una licitación específica y finalizarla a petición del usuario, y con un gestor (*manager*) a quien entrega las bases de licitación (RFQ), de quien recibe la evaluación de las ofertas y a quien le entrega la selección de la(s) oferta(s) ganadora(s). El gestor (*manager*) tiene dos funciones. Por una parte, controla los protocolos de coordinación con el *buyer/auctioneer* y con los agentes proveedores – *provider₁, ..., provider_k* --- que median con los proveedores reales: selección de proveedores, solicitud de ofertas (CFP), recepción de ofertas y adjudicación a ganador(es). Por otra parte, el gestor dialoga con el un componente software traductor (*translator*) para someter las ofertas a evaluación y recibir los resultados de esa evaluación. La evaluación consiste en la determinación del conjunto de ofertas ganadoras teniendo en cuenta tanto las reglas de negocio del comprador como de los proveedores. Este proceso es llevado a cabo por un componente software de optimización (*solver*)⁵ resolviendo el problema de optimización que construye el traductor con los datos proporcionados por el gestor.

La implementación de *iBundler* es compatible con FIPA⁶, y fue el ganador del premio a la “Mejor Aplicación” en la Competición Internacional en Tecnología de Agentes de Agentcities en el 2003⁷.

El tipo de negociación que *iBundler* facilita es muy común tanto en la licitación de compras consolidadas, como en la integración de ventas por consorcio; procesos habituales éstos en contratos de construcción, en las redes de abasto y en la contratación de servicios web, por ejemplo. Estos procesos de negociación pueden ser utilizados por compradores, vendedores, brokers o mercados verticales. El mercado de sistemas como *iBundler* es considerable.

⁵ *iBundler* adapta con TA parte de la funcionalidad del sistema *QUOTES* [Reyes-Moro et al. 2003], desarrollo comercial de la empresa iSOCO, S. A. que lleva a cabo alrededor de 20.000 negociaciones anuales con ahorros de hasta el 40% en precio y hasta el 60% en tiempo de proceso. El componente software “*solver*” utilizado por *iBundler* está integrado dentro del sistema *QUOTES*.

⁶ <http://www.fipa.org>

⁷ <http://www.agentcities.org/EUNET/Competition/>

2.3. MASFIT

iBundler ilustra una forma de negociación asistida por agentes notablemente práctica para el CE cada vez más utilizada. Otras formas de negociación estructurada también se han usado exitosamente [Jennings et al. 1999] pero las subastas merecen particular atención [Noriega et al. 1999] y *Masfit* es un buen ejemplo de lo que se puede lograr gracias al uso de TA en este campo.

Masfit es un sistema de subasta intermediada por agentes que permite a los compradores participar en varias subastas que tienen lugar simultáneamente. Fue desarrollado para las subastas de pescado que se llevan a cabo diariamente en las lonjas de los puertos, pero es aplicable a otras casas de subastas [Cuní et al. 2004]⁸.

El proyecto *Masfit* se diseñó sobre TA: en una misma subasta participan compradores humanos físicamente presentes en la subasta y compradores software, es decir, agentes, que participan en representación de compradores no presenciales físicamente en las subastas.

El desarrollo de *Masfit* incluye dos productos básicos que comentaremos brevemente: una *federación de subastas electrónicas y arquetipos de agentes compradores* que pueden participar en esta federación.

Para federarse virtualmente, varias casas de subastas (lonjas) convienen lo siguiente:

- Cada lonja sigue realizando las subastas diarias en exactamente las mismas condiciones en que las realizaba habitualmente: su reloj de subasta, su sala de remate, sus dispositivos electrónicos de puja, sus propias convenciones de gestión de compradores con las consiguientes garantías, sistemas contables, procedimientos de pago y retiro de mercancía, etc.
- Estandarizar las formas de etiquetar productos, protocolos de puja y convenciones de información.
- Aceptar pujas de compradores no presenciales que participan con los mismos derechos y deberes que los compradores físicamente presentes en las subastas.
- Integrarse en una federación de subastas que permite la participación de los compradores no presenciales.

La federación de subastas se implementa mediante una Institución Electrónica⁹ (IE) que garantiza que las condiciones de participación sean idénticas para los compradores físicamente presentes en la lonja y para otros que participan mediante sus agentes

⁸ MASFIT (<http://www.masfit.net>) es resultado de un proyecto europeo (*Take-up action*, IST-2000-28221 EUTIST-AMI) entre el IIIA-CSIC (Barcelona), AUTECH, S. L. (una empresa proveedora de tecnología de salas de subasta tradicionales) y las lonjas de Tarragona y Vilanova i la Geltrú.

⁹ MASFIT resulta de la experiencia del proyecto *FISHMARKET* y de los desarrollos asociados [Rodríguez-Aguilar et al. 1997]. Se implementó usando las nociones de Institución Electrónica acuñadas en el IIIA [Noriega 1997] y las herramientas y metodologías correspondientes [Esteva et al. 2002, Esteva 2003, Esteva et al. 2004]. En términos de ese marco conceptual, MASFIT es una institución electrónica entendida como una federación de subastas.

software, con la ventaja añadida de que los agentes pueden estar participando en las subastas que se lleven a cabo simultáneamente en las otras lonjas federadas. La Institución Electrónica establece la identidad y las facultades de los agentes compradores, les facilita la información de las lonjas, y canaliza sus ofertas a las subastas.

Como puede apreciarse en la Figura 3, *Masfit* incluye las subastas reales mediante una extensión de su sistema -que permite la participación de compradores software-, la Institución Electrónica, un servidor de “información” y un “servidor de agentes” que incluyen servicios y herramientas para permitir las pujas virtuales y administrar el sistema federado.

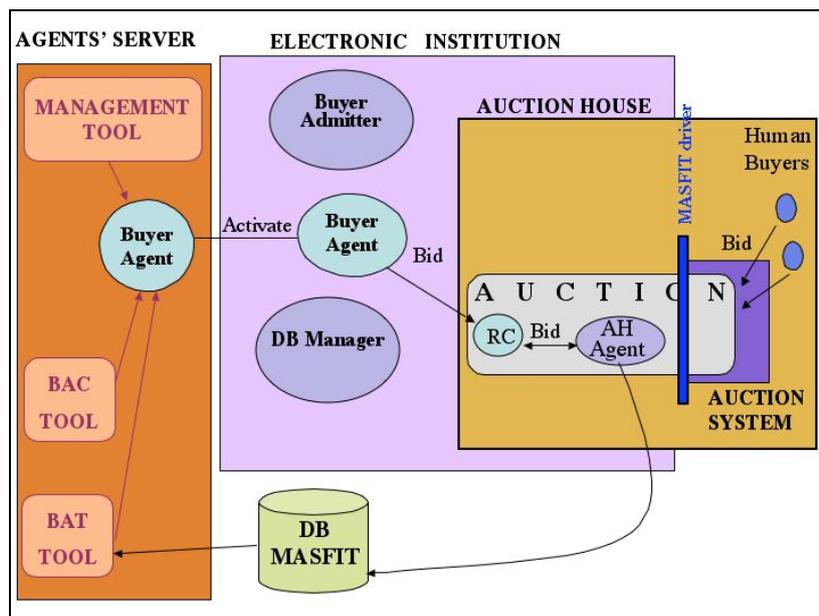


Figura 3. Arquitectura del sistema *Masfit*

La Institución Electrónica aprovecha TA para garantizar accesos controlados y condiciones de equidad a todos los compradores - presenciales o remotos- que pujen en cada una de las lonjas. La equidad del proceso es garantizada por los agentes internos de la Institución –agentes institucionales o internos (*Buyer Admitter*, *DB manager*, *AH agent*)-, que controlan el resto del funcionamiento de la Institución, incluidos el acceso a las lonjas de los agentes compradores (*buyer agent*) y su participación en las subastas [Rodríguez-Aguilar 2001, Cuní et al. 2004]. Por otro lado, cada comprador puede crear tantos agentes compradores como desee. Para participar en la federación a cada agente se le asigna un agente institucional (*governor*) que controla que su comportamiento sea el permitido dentro de la federación y le permite interactuar con los agentes institucionales. Para cada agente comprador, la Institución genera un agente institucional para cada subasta en la que participa (*RC*), que recibe la orden de pujar y a qué precio, y es quien de hecho participa en la subasta.

Por otra parte, usar TA dentro de las lonjas virtuales reduce el tráfico de mensajes con los agentes, al permitir que el comprador tenga ese representante *RC* en cada lonja virtual que sólo recibe las instrucciones de pujar o no pujar. Las decisiones que determinan esa instrucción se realizan en la cabeza o la máquina del comprador, o en los

agentes que ese comprador introduzca en la Institución Electrónica, y son sólo ellos quienes interactúan con los RCs.

El *servidor de agentes* de *Masfit* provee un acceso controlado a compradores remotos humanos al sistema. Incluye herramientas que les permiten crear, entrenar y administrar agentes compradores para que participen en las subastas. Los agentes software poseen una gran capacidad de gestión de información, tanto precisa como incierta, que les permite coordinar la participación en múltiples subastas simultáneamente. Su autonomía garantiza la adaptación de las pujas al momento del mercado en general y de cada subasta en particular, flexibilizando las estrategias siguiendo siempre las preferencias indicadas por el comprador humano.

El proyecto *Masfit* desarrolló varios “arquetipos” de agentes compradores que se adecúan a las preferencias e intereses del comprador mediante la instanciación de parámetros que determinan estrategias; ponderando factores logísticos y dando una lista de compra, definen las órdenes de compra que determinan las pujas. Entre las familias de estrategias parametrizables desarrolladas, una, por ejemplo, sigue las tendencias de precio del mercado y reacciona a los cambios de precio; otra predice los precios usando información histórica y razonamiento basado en casos haciendo a los agentes compradores más proactivos que la primera.

Tal y como está diseñado, el sistema multi-agente *Masfit* permite la participación simultánea de actores software y humanos en un mismo mercado, compitiendo exactamente por los mismos productos y en idénticas condiciones. Está instalado sobre una plataforma JADE [Bellifemine et al. 2001] que admite la inclusión de agentes creados por diferentes equipos y en diferentes lenguajes, garantizando su participación en la federación y su correcto comportamiento gracias a los *governor* y resto de agentes institucionales.

Masfit es un ejemplo interesante de transferencia de tecnología. La empresa proveedora de equipamiento para lonjas, AUTECH, S. L., cuenta ahora con un producto nuevo (lonjas virtuales federadas, el servicio de operación de éstas y potencialmente la venta o alquiler de agentes compradores *parametrizables* que son compatibles con las lonjas virtuales). Lonjas y compradores resultan beneficiados por el aumento de demanda y oferta. Por un lado, las lonjas amplían el mercado de clientes, mientras que los compradores tienen acceso a más subastas, lo que redundará en un mejor servicio y relación calidad-precio de los productos. La compra electrónica a distancia y en tiempo real ha sido bien recibida por los compradores y promovida por las propias lonjas.

3. Análisis

Del análisis de los casos de estudio anteriores se desprenden diversas consideraciones técnicas y pragmáticas. En lo que se refiere a las consideraciones técnicas, observamos que:

- En los ejemplos se puede apreciar la ventaja de tener un núcleo compatible con TA alrededor del cual se articulan las demás funciones de la aplicación. El aprovechamiento de ese núcleo con las TA dependerá generalmente de factores externos como la maduración de los usuarios, el contexto legal o la compatibilidad con sistemas complementarios.
- Los tres ejemplos contienen aplicaciones en las que pueden intervenir agentes humanos y/o software. Eso es una situación frecuente que obliga a resolver problemas técnicamente delicados de robustez y confiabilidad, por una

parte, y de ergonomía y transparencia, por otra. A veces, como en el caso de *Masfit*, consideraciones adicionales de equidad obligan a soluciones complejas que requieren necesariamente el uso de TA.

- Existen visiones alternativas de los roles que pueden desempeñar los agentes en el contexto de CE. En particular, si se concibe a los agentes como mediadores, conviene distinguir dos visiones complementarias:
 - *mediadores internos*: agentes bajo el control directo del sistema (los agentes *internos* en *iBundler* y *Masfit*), que articulan las interacciones de otros agentes internos entre sí y con los agentes externos.
 - *mediadores externos*, generalmente autónomos, (*Compranet*, compradores en *Masfit*) que aprovechan las opciones TA-compatibles de la aplicación para extender o mejorar la interacción con los usuarios.

Además de las consideraciones de funcionalidad, esta distinción arroja luz sobre las consideraciones de control y seguridad implícitas. También sugieren aspectos sobre los posibles conflictos de intereses entre los dueños del sistema y los usuarios, y por consiguiente en la clara definición de la frontera entre ambos.

- A pesar de que herramientas como JADE o Protege¹⁰ resultan altamente útiles a la hora de desarrollar aplicaciones de agentes, la complejidad inherente en aplicaciones distribuidas como las analizadas junto con el carácter crítico de las aplicaciones de CE demandan herramientas de más alto nivel en el marco de una metodología de desarrollo (p. e. Gaia [Wooldridge et al. 2000], Tropos [Giunchiglia et al. 2002] o Ingenias [Pavón et al. 2003]). En este sentido, herramientas de especificación como ISLANDER [Esteva et al. 2002] o infraestructuras de ejecución como AMELI [Esteva et al. 2004] resultan de enorme utilidad para soportar el desarrollo, como ha ocurrido en el caso de *Masfit*. Adicionalmente, es importante disponer de herramientas de simulación que permitan ajustar y validar los comportamientos de aquellos agentes software que representan a usuarios humanos.

En cuanto a consideraciones de aspecto pragmático, notamos que:

- Como en otros casos, la complejidad del problema de aplicación de TA e CE suele residir en el contexto de aplicación, tanto o más que en el uso de las TA. Ese contexto suele contener aspectos legales, sociológicos, de herencia tecnológica o de procedimiento que pueden ser un impedimento, o un catalizador para las TA. En cualquier caso no son ni obvios ni triviales.
- Un factor importante a tener en cuenta para el uso de TA en CE es el proceso de maduración de los usuarios. Parece que hubiese una progresiva disposición a delegar funciones en los agentes: primeramente el manejo de información, después gestión de procesos y finalmente decisiones.
- Los sistemas basados en TA parecen ser prácticos para aplicaciones en donde las reglas de negocio son explícitas y estables. Ante procesos de transacción complejos, pero estables y repetitivos, las TA resultan muy adecuadas, como se ilustra en los tres ejemplos.

¹⁰ <http://protege.stanford.edu/>

4. Conclusiones

Las nociones de tiempo, distancia e identidad adquieren formas y matices nuevos a la luz de los fenómenos tecnológicos y sociológicos atribuibles a la existencia de Internet con los que se ha de contender. En este contexto, algunas tecnologías informáticas tienden a afectar las prácticas comerciales de modos difíciles de anticipar, y los beneficios previsibles vienen acompañados de riesgos que no son del todo obvios. Evidentemente, entre más maleable sea la tecnología en cuestión, más amplio es el espectro de los desafíos asociados a su utilización y tal es el caso de las TA.

En particular, la irrupción de las TA en CE ha puesto de manifiesto aspectos clave de las prácticas comerciales tradicionales que deben ser reevaluadas. Por ejemplo:

- las formas de transacción (compra directa, por catálogo, subasta, negociación, etc.);
- los bienes o servicios a comerciar (distinguir entre bienes tangibles y digitales, bienes y servicios directos o indirectos, etc.);
- la infraestructura comercial (formas de pago, estándares de seguridad, convenciones de identificación, etc.);
- las cualidades del proceso de transacción (ergonomía, niveles de servicio, condiciones de cumplimiento, etc.); y
- el grado de apertura del mercado (abierto a cualquier interesado, limitado a subscriptores o a representantes debidamente acreditados).

Pero esa misma irrupción requiere una adecuada expresión de cualidades que suelen exhibir los participantes en una transacción comercial, pero que debido a la opacidad del propio agente software resultan especialmente delicadas:

- Autoridad: ¿a quién representa el agente,? ¿en qué grado es capaz de establecer compromisos?
- Propiedad: ¿quién les delega la capacidad de establecer compromisos?, ¿quiénes los fabrican?, ¿quién puede certificar su aptitud, o su identidad, o la coberturas de sus riesgos?
- Aptitud: poseer la funcionalidad e información adecuadas para intervenir en el mercado en que participa.
- Identidad: ¿son los agentes quienes se suponen que deben ser? Hay que lidiar con clones, impostores, errores de operación, etc.
- Responsabilidad: ¿cuáles son los daños que un agente puede llegar a ocasionar? ¿qué tipo de garantías deben requerirse?, ¿quién responde por los actos de un agente?

Ciertamente estas consideraciones sugieren los riesgos más obvios que el uso de las tecnologías de agentes conllevan. Pero como se ha visto en situaciones análogas, estas tecnologías se usarán a pesar de sus inconvenientes y a veces aprovechándolos. Para sacar provecho de las ventajas que las tecnologías de agentes aportan al comercio electrónico es necesario, consecuentemente, invertir esfuerzo tanto en el desarrollo de herramientas adecuadas, como en atender los aspectos de confiabilidad que tan versátil tecnología requiere.

Nosotros opinamos que una forma razonable de enfrentar ese desafío consiste en adaptar aquellas prácticas tradicionales que han sido exitosas al nuevo contexto del comercio electrónico. Un camino que nos ha resultado fructífero es trabajar con ejemplos que conllevan condiciones realistas de compra-venta, interacciones complejas y en las que el tiempo es un factor importante.

Finalmente, los casos analizados en este artículo nos permiten afirmar que la tecnología de agentes ofrece un alto potencial. Nuestros casos han intentado ilustrar cómo la tecnología de agentes resulta útil de dominios complejos de comercio electrónico. Por una parte, las aplicaciones multi-agente presentadas resultan útiles en escenarios que implican a múltiples actores, que requieren un alto grado de coordinación y colaboración y en los que el *workflow* que componen los procesos de negocio es complejo y susceptible de experimentar cambios. Por otro lado, los agentes software como elemento de delegación han resultado particularmente útiles para proporcionar soporte a la ubicuidad y a la decisión con restricciones en el tiempo. Dicho en otras palabras, los agentes software resultan una buena elección en situaciones que implican la participación en múltiples escenarios de manera simultánea en los que existe un alto grado de variabilidad y las decisiones se deben realizar con limitaciones de tiempo.

Referencias

- Bellifemine, F., Poggi, A., Rimassa, G. (2001) Developing Multi-Agent Systems with JADE. *Lecture Notes in Artificial Intelligence 1571:89-103*. C. Catelfranchi and Y. Lesperance editors.
- Cuní, G., Esteva, M., Garcia, P., Puertas, E., Sierra, C., Solchaga, T. MASFIT: Multi-Agent System for Fish Trading. *In Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)*, August 22-27, Valencia, Spain.
- Esteva, M. (2003) Electronic Institutions: from Specification to Development. Universitat Politècnica de Catalunya. Ph.D. Thesis.
- Esteva, M., de la Cruz, D., Sierra, C. (2002) ISLANDER: an electronic institutions editor. *First International Conference on Autonomous Agents and Multiagent systems*. Bologna, pp. 1045-1052.
- Esteva, M., Rosell, B., Rodríguez-Aguilar, J. A., Arcos, J. (2004) AMELI: An Agent-based Middleware for Electronic Institutions. *In Proceedings of the 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-04)*, July 19-23, New York, USA.
- Giovannucci, A., Rodríguez-Aguilar, J. A., Reyes-Moro, A., Noria F. X., Cerquides, J. (2004) Towards automated procurement via agent-aware negotiation support. *In Proceedings of the 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-04)*, July 19-23, New York, USA.
- Giunchiglia, F., Mylopoulos, J., Perini, A. (2002) The Tropos Software Development Methodology: Processes, Models and Diagrams. *In Proceedings of the AAMAS'02 Workshop on Agent Oriented Software Engineering (AOSE-2002)*, pp. 63-74.
- Jaso, C. (2004) El Impacto de Compranet en el Gobierno Electrónico en México. *EU-LAT Workshop on e-Government and e-Democracy*. Santiago de Chile, May 24-27, 2004.
- Kinny, K., Georgeff, M.P., Rao, A.S. (1996). A Methodology and Modelling Technique for Systems of BDI Agents. *Proc. 7th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Lecture Notes in Computer Science, 1038, Springer-Verlag, 56-71.
- Mas, A. (2004). *Tecnologías de Agentes Software*. Madrid: Pearson Educación.
- N. R. Jennings, P. Faratin, T. J. Norman, P. O'Brien, B. Odgers and J. L. Alty (1999) Implementing a Business Process Management System using ADEPT: A Real-World Case Study. *International Journal of Applied Artificial Intelligence.*, 14(5):421-463, Artificial Intelligence., 14(5):421-463
- Noriega, P. (1997) Agent mediated auctions: The Fishmarket Metaphor. Universitat Autònoma de Barcelona. Ph.D. Thesis.

- Noriega, P., Sierra, C. (1999) Auctions and multiagent systems. *Klusch M. (ed) Intelligent Information Agents*, Springer, pp. 153-175.
- Pavón, J., Gómez-Sanz, J. J. (2003) Agent Oriented Software Engineering with INGENIAS. *In Multi-Agent Systems and Applications III, 3rd International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems, CEEMAS 2003*. Lecture Notes in Computer Science 2691, pp. 394-403, Springer-Verlag.
- Reyes-Moro, A., Rodríguez-Aguilar, J. A., López-Sánchez, M., Cerquides, J., Gutiérrez-Magallanes, D. (2003) Embedding Decision Support in e-Sourcing Tools: Quotes, a Case Study. *Group Decision and Negotiation* 12:347-355.
- Rodríguez-Aguilar, J. A. (2001) On the Design and Construction of Agent-Mediated Electronic Institutions. Universitat Autònoma de Barcelona. Ph. D. Thesis.
- Rodríguez-Aguilar, J. A., Noriega, P., Sierra, C., Padget, J. (1997) A Java-based Electronic Auction House. *Second International Conference on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology: PAAM'97*, pp. 207-224, London.
- Sandholm, T. and Suri, S. 2001. Side Constraints and Non-Price Attributes in Markets. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), In Proceedings of the Workshop on Distributed Constraint Reasoning*, Seattle, WA, August 4th.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R. y Kinny, D. (2000). The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3), 285-312.