



Universidad  
de Alcalá

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Departamento de Automática

TESIS DOCTORAL

**ESTRATEGIAS DE NEGOCIACIÓN  
AUTOMÁTICA BASADAS EN  
RESTRICCIONES DIFUSAS**

Autor:

Miguel Ángel López Carmona  
Ingeniero de Telecomunicación

Directores:

Juan Ramón Velasco Pérez  
Dr. Ingeniero de Telecomunicación  
Bernardo Alarcos Alcázar  
Dr. Ingeniero de Telecomunicación

Alcalá de Henares, 2006



# Índice general

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Capítulo 1. Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Antecedentes . . . . .   | 1         |
| 1.2. Objetivos . . . . .  | 2         |
| 1.3. Desarrollo . . . . .   | 3         |
| 1.4. Conclusiones . . . . .   | 4         |
| <b>Capítulo 2. Resumen de contribuciones</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>Capítulo 3. Resumen de resultados</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>Capítulo 4. Aplicabilidad</b>  | <b>13</b> |
| 4.1. Introducción . . . . .   | 14        |
| 4.2. Local e-marketplaces en ciudades inteligentes . . . . .            | 14        |
| 4.2.1. Local e-marketplaces . . . . .                                   | 14        |
| 4.2.2. Una arquitectura de agentes para ciudades inteligentes . . . . . | 15        |
| 4.3. Contribuciones . . . . .   | 15        |
| <b>Bibliografía</b>   | <b>17</b> |
| <b>Apéndice A. Anexo A. Publicaciones relacionadas</b>                  | <b>19</b> |
| <b>Apéndice B. Anexo B. Financiación y proyectos</b>                    | <b>23</b> |



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

Los sistemas concurrentes y distribuidos son la norma en los sistemas de información industriales y comerciales, de tal forma que muchos de los fundamentos de las telecomunicaciones y la informática se han tenido que revisar, en la búsqueda de modelos que reflejasen la realidad de los sistemas como procesos de interacción. La *ubicuidad*, *interconexión*, *inteligencia*, *delegación*, y *orientación hacia lo humano*, son algunas de las tendencias que han provocado la aparición de un nuevo campo, el de los *sistemas multiagente*, en los que un número de *agentes* interactúan unos con otros mediante el intercambio de mensajes a través de una infraestructura de red [Wooldridge, 2002, Weiss, 1999]. De forma general, diferentes tipos de mecanismos de interacción se ajustan a diferentes tipos de entornos y aplicaciones. El ámbito de esta tesis se centra en uno de los tipos de interacción que más atención está suscitando en la comunidad científica de los sistemas multiagente, la *negociación automática* [Walton y Krabbe, 1995].

El reto que se plantea en la construcción de un sistema de negociación automática es el de diseñar mecanismos para asignar recursos entre procesos software que representan a individuos que tienen sus propios intereses. El ámbito de aplicación clave de un sistema de negociación automática es sin duda ninguna el del *comercio electrónico* (e-commerce), en cualquiera de sus versiones, B2C, B2B y C2C. El comercio electrónico ofrece oportunidades para mejorar la forma en que los negocios o empresas interactúan con sus clientes y suministradores. Dada la naturaleza de las tareas implicadas en el comercio electrónico, la tecnología de agentes, y los procesos de negociación automática pueden jugar un papel muy importante, donde es imprescindible abordar un amplio rango de aspectos, tanto de tipo social y legal como técnico.

Desde una perspectiva técnica, un proceso de negociación requiere la regulación de tres elementos fundamentales [Jennings *et al.*, 2001]: *protocolos de negociación*, *objetos de la negociación*, y *modelos de toma de decisiones* de los agentes. La estructura que presente esta regulación determina el tipo de mecanismo de negociación: *subasta* [Vickrey, 1961], *contratación* [Kraus, 2001], *negociación bilateral*, *negociación multilateral*,... que será más o menos adecuado dependiendo del tipo de aplicación: mercados eléctricos, asignación de ancho de banda, planificación y temporización en la fabricación, mercados financieros, e-commerce, etc... Sin embargo, independientemente del modelo de negociación que presente un escenario de aplicación, las interacciones uno a uno entre entidades son fundamentales, sobre todo en el ámbito del comercio electrónico, y en este sentido el máximo interés lo presentan las *negociaciones bilaterales multiatributo* en entornos competitivos de comercio electrónico, que constituyen el eje central de la tesis.

En el área del comercio electrónico, y en relación con los sistemas multiagente, podemos identificar a grandes rasgos dos desafíos clave: el desarrollo de agentes con capacidades de

razonamiento que puedan operar en entornos abiertos, y la definición de estándares que permitan el desarrollo de estos sistemas de negociación en dichos entornos. De forma específica en la tesis se tratan dos aspectos fundamentales que entran dentro de este marco investigador: el desarrollo de algoritmos de negociación automática, y el diseño de protocolos de interacción. El trabajo desarrollado parte de la hipótesis de que mediante una nueva aproximación basada en el diseño de agentes con mayor capacidad expresiva y en la utilización de restricciones difusas, los procesos de negociación pueden hacerse más eficientes que mediante las aproximaciones existentes, centradas fundamentalmente en negociaciones posicionales. Este objetivo general nos ha llevado a plantear en primer lugar el diseño de un modelo general de negociación automática basado en restricciones difusas, aplicable en escenarios donde agentes compradores y vendedores negocian la compra de productos. El modelo descrito incorpora todos los mecanismos necesarios para dotar de expresividad a los agentes, y se ha diseñado especialmente para facilitar el contraste de estrategias de negociación. Con este objetivo el modelo utiliza como base teórica el marco de los protocolos de juego de diálogo, siendo esta la primera vez que dicho marco se utiliza en el ámbito de las negociaciones bilaterales basadas en restricciones difusas. En este sentido se propone una instancia concreta, que especifica en detalle cada uno de los mecanismos descritos en el modelo general mediante marcos estratégicos. A través de los perfiles de negociación que hemos incluido en el modelo, y por extensión, en la instancia propuesta, nos ha sido posible realizar un análisis exhaustivo de la eficiencia de las negociaciones como función del comportamiento estratégico de los agentes, donde dicho comportamiento viene determinado fundamentalmente por los perfiles de negociación especificados. Con el objeto de poder experimentar en escenarios reales de negociación, hemos desarrollado una plataforma software sobre la que se ha implementado el modelo. Los experimentos realizados han confirmado nuestra hipótesis de trabajo y la eficacia de nuestra propuesta basada en la capacidad expresiva de los agentes, y nos han permitido extraer importantes conclusiones en el ámbito de investigación de los sistemas de negociación automática bilateral multiatributo.

## 1.2. Objetivos

Esta tesis representa un esfuerzo investigador en el ámbito de la creación de modelos, protocolos de interacción, mecanismos de decisión y diseño de algoritmos de negociación, que tienen como objetivo la implantación real de sistemas de negociación automática bilateral multiatributo. La investigación comenzó como un intento por responder a la siguiente cuestión:

*¿Cómo podemos construir agentes inteligentes capaces de negociar en entornos de comercio electrónico competitivos y dinámicos de forma efectiva, siendo requisito fundamental la minimización de la revelación de información privada?*

La hipótesis sobre la que se fundamenta todo el trabajo es que mediante un modelo de interacción suficientemente expresivo que permita la argumentación de propuestas mediante la declaración parcial de preferencias, los agentes pueden llegar a acuerdos de mayor calidad, sin que se vea mermado el requisito de minimización de pérdida de privacidad. Planteamos una solución basada en el concepto de racionalidad comunicativa, en lugar de una racionalidad meramente estratégica, manteniendo como criterio fundamental el de la minimización de la revelación de información privada. En este esfuerzo por construir agentes inteligentes negociadores bajo esta hipótesis, nos planteamos las siguientes cuestiones:

*¿Qué modelo de preferencias es el apropiado para construir diálogos expresivos que permitan la argumentación mediante preferencias?*

*¿Cuáles son las primitivas de comunicación necesarias, y cómo deben articularse?*

*¿Qué mecanismos de decisión fundamentales hay que definir, y cómo se pueden estructurar para que sean sencillas las implantaciones de nuevos algoritmos que faculten las tomas de decisiones?*

*¿Es posible definir un modelo general que permita contrastar la utilización de diferentes estrategias de negociación, fundamentalmente diferenciadas en cuanto a la capacidad expresiva de compradores y vendedores?*

### 1.3. Desarrollo

Para responder a todas estas preguntas se propone un modelo general de negociación automática bilateral que incluye: un modelo general de preferencias y restricciones de los agentes, basado en la utilización del marco de los *problemas de satisfacción de restricciones difusas* [Luo *et al.*, 2003]; un modelo de actitudes expresivas y estratégicas de los agentes; un modelo de interacción basado en *juegos de diálogo formales* [McBurney y Parsons, 2003] que permite la generación automática de diálogos expresivos o no expresivos, con diferentes grados de simetría, mediante la definición de las correspondientes primitivas de comunicación; y finalmente, un modelo de mecanismos de decisión, adaptado al modelo de interacción y de preferencias de los agentes. Una vez descrito el modelo, se propone una instancia concreta, en la que los mecanismos de decisión y la lógica de extracción de preferencias son definidos de forma específica, con el objeto de evaluar el modelo, teórica y experimentalmente, y comprobar la validez de la hipótesis. Para todo ello se ha desarrollado una plataforma software de negociación automática (Anegsys) que permite instanciar de forma efectiva el modelo.

Una vez construido el marco de negociación, se han analizado sus propiedades fundamentales: garantía de éxito, satisfacción global, pareto-eficiencia, racionalidad individual, distribución, eficiencia en la comunicación, simetría, simplicidad, estabilidad, y flexibilidad. Demostramos cómo la eficiencia en la comunicación puede controlarse porque es predecible, y hemos hecho un análisis detallado de cómo influyen los diferentes operadores utilizados en el cálculo de la satisfacción global del comprador en dicha eficiencia. La pareto eficiencia es una propiedad muy importante como medida de calidad de un protocolo. En este sentido, se ha llegado a la conclusión de que el principio de revelación de información privada entra en conflicto con la pareto optimalidad de las soluciones. Como estrategia de compromiso, nuestra propuesta tiene como objetivo incrementar la probabilidad de consecución de soluciones pareto óptimas, sin renunciar a la minimización de revelación de información privada. Esta propuesta está basada en la utilización de valoración de requerimientos de compra y de requerimientos de relajación, es decir, de la utilización de argumentación basada en preferencias.

Aunque a partir del modelo y su instancia hemos constatado teóricamente que se cumplen propiedades importantes, no demuestran nuestra hipótesis inicial, según la cual, las actitudes expresivas de los participantes en una negociación mejoran la calidad de los acuerdos. Nuestro modelo de negociación nos permite probar diferentes estrategias expresivas conforme a diferentes actitudes de dichos participantes. Así, hemos podido contrastar experimentalmente cuáles son las estrategias más adecuadas bajo diferentes circunstancias. La aportación del análisis experimental es doble: por un lado validamos el modelo de negociación propuesto, y comprobamos que efectivamente es operativo, y por otro mostramos que cuando se hace un uso adecuado de estrategias expresivas, las soluciones que se alcanzan son más satisfactorias.

El proceso de realización de experimentos comienza con la extracción de los parámetros más relevantes, y en función de éstos, se desarrolla un análisis de validez de estrategias. Éste se divide en dos partes: un análisis individual, y un análisis conjunto que enfrenta las posibles estrategias de comprador y vendedor. Tomando los pares de estrategias válidas se realizan los diferentes experimentos que han constatado nuestra hipótesis inicial de trabajo, fundamentada en la utilización de estrategias expresivas.

## 1.4. Conclusiones

Tras un análisis exhaustivo de las diferentes aproximaciones a la negociación bilateral automática existentes en la literatura: teoría de juegos [Rosenschein y Zlotkin, 1994], heurísticas [Faratin *et al.*, 1998], y argumentación [Rahwan *et al.*, 2002], observamos deficiencias en cada uno de los grupos que se pueden compensar aprovechando de manera efectiva sus características más destacadas. Tomando como referente el ámbito del comercio electrónico, y teniendo en cuenta que el modelado de preferencias es una componente fundamental en cualquier sistema de negociación automática, optamos por basar nuestro modelo de negociación en la utilización de restricciones difusas. Mediante esta formalización por ejemplo, para el caso de un comprador, el núcleo de una *propuesta de compra* toma la forma siguiente:

$$\lambda_{B_{req}} = \bigwedge \{R_{k_1}^{c(\sigma_{k_1})}, \dots, R_{k_i}^{c(\sigma_{k_i})}\} \subseteq C^f | k_j \in \{1, \dots, m\},$$

donde  $R_i^{c(\sigma_i)}$  es una restricción dura extraída a partir de la restricción difusa  $R_i^f \in C^f | i = 1, \dots, m$  a un nivel de corte  $\sigma_i$ , de manera que las diferentes restricciones se enlazan mediante un operador lógico “y”. Dicha propuesta de compra tiene su origen en el modelo de preferencias del comprador  $B_{req} = (F, N_b)$ , que se define como un problema de satisfacción de restricciones difusas sobre los atributos de productos  $F = (X, D, C^f)$  tal que  $X$  define el conjunto de atributos,  $D$  sus dominios, y  $C^f$  el conjunto de restricciones difusas sobre dichos atributos; y  $N_b = \{\xi, \eta\}$  representa el perfil negociador del agente en cuanto a expresividad y receptividad respectivamente. Por otro lado, el *grado de satisfacción global* y el *grado de satisfacción global potencial* de un comprador ante una oferta de un vendedor o ante una oferta de adquisición emitida respectivamente se puede calcular como:

$$\alpha^{\lambda_{B_{req}}} = \otimes \{\sigma_i | i = 1, \dots, m\}$$

$$\alpha(v_X) = \otimes \{\mu_{R^f}(v_X) | R^f \in C^f\}$$

donde  $\otimes$  es un operador que dependerá de las necesidades del comprador, y  $\mu_{R^f}(v_X)$  representa el grado de cumplimiento de cada una de las restricciones del comprador por parte de la oferta hecha por un vendedor.

Tras un análisis de las diferentes propuestas previas que hacen uso de restricciones difusas en el ámbito del comercio electrónico, llegamos a la conclusión de que la mayor parte de ellas implementan negociaciones de tipo posicional, lo que significa básicamente que no se propagan restricciones, y se desaprovecha todo el potencial de dicho marco formal. La negociación posicional no permite acotar el espacio de negociación de forma eficiente, de manera que la negociación se convierte en un proceso iterativo complejo. La utilización del marco de los problemas de satisfacción de restricciones difusas de una forma adecuada en el campo del modelado de preferencias y la propagación de información, se presenta como una solución idónea para aplicar negociación basada en principios, fundamentada en la capacidad expresiva de los agentes y la utilización de argumentación, frente a la negociación de tipo posicional. Todos estos aspectos constituyen la respuesta a la primera cuestión

parcial planteada en la declaración de objetivos. La capacidad argumental de los agentes compradores y vendedores implica entre otras cosas que pueden argumentar el rechazo a acuerdos o sugerir el cumplimiento o satisfacción de determinados aspectos de la transacción. Por ejemplo, un agente comprador puede valorar sus requerimientos de compra mediante una valoración del tipo  $v_{\mathcal{B}_{req}} = (v_{k_1}, \dots, v_{k_i}) | v_{k_j} \in [0, 1], k_j \in \{1, \dots, m\}$ , donde  $v_{k_j}$  representa la preferencia que se tiene porque la restricción  $R_{k_j}$  sea satisfecha por una oferta de un vendedor; o un agente vendedor puede emitir un requerimiento de relajación del tipo  $\rho_{\mathcal{B}_{req}} = (r_{k_1}, \dots, r_{k_i}) | r_{k_j} \in [0, 1], k_j \in \{1, \dots, m\}$ , donde  $r_{k_j}$  representa la preferencia que se tiene porque la restricción  $R_{k_j}$  sea relajada por el comprador.

La respuesta a la segunda cuestión viene dada por la utilización del marco de los juegos de diálogo formales, adoptado del campo de la teoría de la argumentación. Por primera vez, se ha hecho uso de dicho marco para formalizar un modelo de diálogo de negociación bilateral basado en la propagación de restricciones difusas. La tabla 1.1 presenta las reglas de transición

Tabla 1.1. Reglas de transición

|   |
|---|
| <b>TR1:</b> $\langle P_b, \mathbf{B1}, have\_need(\theta) \rangle \underline{\mathbf{L1}} \langle P_s, \mathbf{S1}, . \rangle$                        |
| <b>TR2:</b> $\langle P_b, \mathbf{B1}, have\_no\_need(\theta) \rangle \rightarrow \langle P_b, \mathbf{B1}, wait \rangle$                             |
| <b>TR3:</b> $\langle P_s, \mathbf{S1}, wish\_not\_to\_enter(\theta) \rangle \rightarrow \langle P_s, \mathbf{S1}, wait \rangle$                       |
| <b>TR4:</b> $\langle P_s, \mathbf{S1}, wish\_to\_enter(\theta) \rangle \underline{\mathbf{L2}} \langle P_b, \mathbf{B2}, . \rangle$                   |
| <b>TR5:</b> $\langle P_b, \mathbf{B2}, \emptyset \rangle \rightarrow \langle P_b, \mathbf{B5}, . \rangle$   |
| <b>TR6:</b> $\langle P_b, \mathbf{B5}, withdraw(\theta) \rangle \underline{\mathbf{L11}} \langle P_s, \mathbf{S6}, . \rangle$                         |
| <b>TR7:</b> $\langle P_s, \mathbf{S6}, withdraw(\theta) \rangle \underline{\mathbf{L11}} \langle P_b, \mathbf{B5}, . \rangle$                         |
| ...   |
| <b>TR13:</b> $\langle P_s, \mathbf{S2}, purchase\_requirement(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^t) \rangle \rightarrow \langle P_s, \mathbf{S3}, . \rangle$ |
| <b>TR14:</b> $\langle P_s, \mathbf{S3}, S_P \rangle \rightarrow \langle P_s, \mathbf{S4}, . \rangle$  |
| <b>TR15:</b> $\langle P_s, \mathbf{S4}, \rho_{\mathcal{B}_{req}} \rangle \underline{\mathbf{L5}} \langle P_b, \mathbf{B2}, . \rangle$                 |
| <b>TR16:</b> $\langle P_b, \mathbf{B4}, generate\_purchase\_requirement(p_j) \rangle \rightarrow \langle P_b, \mathbf{B2}, . \rangle$                 |
| <b>TR17:</b> $\langle P_b, \mathbf{B4}, accept\_offer(p_j) \rangle \underline{\mathbf{L9}} \langle P_s, \mathbf{S5}, . \rangle$                       |
| <b>TR18:</b> $\langle P_b, \mathbf{B4}, reject\_offer(p_j) \rangle \underline{\mathbf{L7}} \langle P_s, \mathbf{S2}, . \rangle$                       |
| <b>TR19:</b> $\langle P_s, \mathbf{S5}, accept(p_j) \rangle \underline{\mathbf{L10}} \langle P_b, \mathbf{B5}, . \rangle$                             |
| <b>TR20:</b> $\langle P_s, \mathbf{S5}, reject(p_j) \rangle \underline{\mathbf{L8}} \langle P_b, \mathbf{B2}, . \rangle$                              |
| <b>TR21:</b> $\langle P_x, \mathbf{K}, wait \rangle \rightarrow \langle P_x, \mathbf{K}, . \rangle$   |

que articulan las locuciones y mecanismos de decisión de los agentes.

La respuesta a la tercera cuestión toma la forma de una arquitectura genérica de mecanismos de decisión. La flexibilidad de la arquitectura reside en la declaración de marcos estratégicos ubicados dentro de los mecanismos. Un marco estratégico define una o más estrategias, que en último lugar se especifican de forma abstracta como una función concreta con unas determinadas entradas y salidas. El modelo de diálogo y los mecanismos de decisión se enlazan a través de una semántica operacional. La semántica operacional define las reglas de transición que articulan la activación de los mecanismos de decisión tras la recepción de locuciones, y la emisión de locuciones tras la ejecución de mecanismos de decisión. Se demuestra que agentes equipados con la funcionalidad declarada en los mecanismos de decisión, bajo el modelo de diálogo y las locuciones especificadas, y siguiendo las reglas de transición, son capaces de entablar diálogos de negociación de compra automatizados.

La respuesta a la cuarta cuestión es una síntesis de las tres primeras. La capacidad expresiva de los agentes viene determinada por la definición de un modelo de negociación con

la capacidad de incorporar argumentación, requisito que se cumple con el modelo de diálogo propuesto. Esta capacidad expresiva está modulada por los perfiles negociadores que se describen en los dominios de conocimiento de los agentes. Mediante la asignación de diferentes perfiles es posible contrastar estrategias de forma experimental. Sin embargo, para poder responder afirmativamente a la cuestión, y por extensión, a las tres primeras cuestiones, se hace necesaria la implementación práctica del modelo. Esto pasa en primer lugar por la especificación de una propuesta de instancia del modelo, consistente en la construcción detallada de todos los mecanismos de decisión para los que se han declarado marcos estratégicos. Como ejemplo, uno de los mecanismos clave detectados en el lado del vendedor es el de la generación de ofertas de venta potenciales. Dicho mecanismo es capaz de ponderar la idoneidad de un producto del catálogo, como venta durante el proceso de negociación. Así se define la función:

$$prefer(s_j) = \beta * u_j + (1 - \beta) * \hat{viability}(p_j, \lambda_{\mathcal{B}_{req}}^t, v_{\mathcal{B}_{req}})$$

donde  $u_j$  representa la utilidad local de la venta del producto,  $viability$  es un estimador de la viabilidad de la venta, y  $\beta$  pondera la importancia relativa de los dos elementos anteriores. La viabilidad toma la siguiente forma:

$$viability = 1 - \text{sqrt}\left(\sum_{i=1}^n (\hat{dist}(a_{ji}, \lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i}) * v_{boundary(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i})})^2 / n\right)$$

donde se observa una dependencia de la distancia de los atributos de los productos del catálogo a los límites de las restricciones incluidas en las ofertas de compra, y un valor de ponderación  $v_{boundary(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i})}$  que incluye la valoración subjetiva del comprador al respecto de cada una de las restricciones de su oferta de compra. Finalmente, el cálculo de la distancia de cada atributo a los límites de las restricciones se determina como una función del grado de certidumbre subjetivo de las estimaciones  $\gamma_i^t$ , y la estimación de la predisposición a la relajación  $\tau_i^t$  por parte del comprador para una restricción:

$$\hat{dist}(a_{ji}, \lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i}) = \begin{cases} \left( \text{abs}\left(\frac{a_{ji} - \text{boundary}(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i})}{a_i^{res} - \text{boundary}(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i})}\right)^{1/\tau_i^t} - 1 \right) * \gamma_i^t + 1 & a_{ji} \in [a_i^{res}, \text{boundary}(\lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i})] \\ 0 & a_{ji} \in \lambda_{\mathcal{B}_{req}}^{t,i} \\ 1 & \text{resto} \end{cases}$$

Finalmente, se aborda el análisis experimental del marco de negociación. Tras la extracción de los parámetros de experimentación, y el análisis exhaustivo de la validez y compatibilidad de estrategias de los agentes compradores y vendedores, nuestra hipótesis de trabajo se ve confirmada. Así, la solución más adecuada pasa por dotar al vendedor de un perfil expresivo, y al comprador de un perfil receptivo pero no expresivo, aunque no se descarta la posibilidad de utilizar perfiles expresivos en ambos lados con los ajustes adecuados. En cualquiera de los casos, ninguna combinación de estrategias genera resultados peores que aplicando una combinación no expresiva en ambos agentes. Por último, un análisis de robustez de la propuesta de instancia nos lleva a concluir que el punto crítico de la propuesta se ubica en el mecanismo de generación de requerimientos de relajación, en concreto en el proceso de selección de productos como ofertas de venta potenciales. La clave de la efectividad del algoritmo propuesto radica en la ponderación correcta de la utilidad que genera una venta, y la viabilidad de dicha venta (es decir, del parámetro  $\beta$ ). Se concluye tras el análisis experimental, y un desarrollo teórico, que la ponderación más efectiva es función de la distribución de utilidades y de la distribución de las características de los productos.

## Capítulo 2

# Resumen de contribuciones

A continuación se enumeran a modo de resumen las contribuciones originales de esta tesis, estructuradas en cuatro bloques generales: modelo de negociación, instancia del modelo de negociación, análisis del marco de negociación, y desarrollo de plataforma de negociación.

### Modelo de negociación

- Se propone un modelo de negociación automática bilateral multiatributo basado en restricciones difusas, aplicable en el ámbito del comercio electrónico. El modelo es el primero descrito en la literatura que incorpora conceptos de las aproximaciones heurísticas y de argumentación a la negociación automática bilateral de forma simultánea.
- Nuestra aproximación es la primera en hacer uso de un marco de juegos de diálogos formales para definir un modelo de diálogo de negociación basado en restricciones difusas. Mediante esta formalización, el modelo se ha estructurado conforme a un modelo de diálogo, una arquitectura de mecanismos de decisión, y una semántica operacional que enlaza los mecanismos con las locuciones del modelo de diálogo. Con esta estructura, la sintaxis de la locuciones, los mecanismos de decisión que engloban los marcos estratégicos, y las reglas que enlazan las locuciones y los mecanismos, están desacoplados. De esta forma ha sido más sencilla la especificación de un modelo general de negociación sobre el que probar diferentes estrategias de negociación.
- Nuestra conceptualización del agente vendedor y comprador incorpora la noción de perfil de negociación. Cada perfil negociador está compuesto por un perfil expresivo y otro receptivo. Dichos perfiles están desacoplados, de manera que cualquier combinación es posible. Los perfiles enlazan con los mecanismos de decisión, y son los que permiten modelar las actitudes de los agentes durante las negociaciones. Hasta ahora, ningún modelo previo ha parametrizado los perfiles negociadores de los agentes, formando parte de los modelos de requerimientos. Gracias a la introducción de los perfiles negociadores en el modelo, hemos sido capaces de realizar un análisis exhaustivo de los resultados que se consiguen combinando diferentes estrategias de negociación basadas en actitudes.
- En la especificación de los mecanismos de decisión del modelo, se incorpora la noción de marco estratégico. Mediante este concepto, el mecanismo se especifica en detalle hasta un cierto nivel. Se ha intentado que el nivel de detalle permita que el mecanismo sea flexible, con el objeto de permitir la implementación de diferentes variantes de estrategias y algoritmos. De alguna manera el marco estratégico permite la especificación de las directrices estratégicas generales del mecanismo, facilitando la instanciación posterior del modelo mediante la instanciación de tales mecanismos. Hasta lo que conocemos, es la primera vez que se utiliza esta formalización en el caso de la especificación de modelos de negociación automática.

### **Instancia del modelo de negociación**

- Proponemos una instancia del modelo general de negociación con la que analizar de forma práctica la importancia de la expresividad en las negociaciones bilaterales. En este sentido, nuestra propuesta es la primera que incluye las nociones de valoración de requerimiento de compra, y de requerimiento de relajación.
- La propuesta de instancia incluye la especificación detallada de todos los mecanismos de decisión que componen el modelo general. Todos los algoritmos propuestos que implementan los mecanismos son originales.

### **Análisis del marco de negociación**

- Demostramos de forma teórica que el marco de negociación propuesto cumple propiedades fundamentales: garantía de éxito y de finalización, distribución y comunicación eficiente, simetría, estabilidad, y flexibilidad.
- Se analizan en detalle las propiedades de distribución y comunicación, lo que nos permite concluir que la eficiencia en la comunicación es función de los operadores utilizados por el comprador en el cálculo de la satisfacción, de la predisposición a la revelación de información privada, y de sus preferencias.
- Se analiza en detalle el cumplimiento de la propiedad de pareto-optimalidad de la propuesta de instancia, y se establecen las condiciones que deben satisfacer los requerimientos de compra para satisfacer de forma estricta dicha propiedad. Se llega a la conclusión además de que para garantizar la consecución de soluciones pareto-óptimas se debe violar el principio de minimización de revelación de información.
- Se demuestra mediante ejemplos cómo mediante la valoración de requerimientos de compra y de requerimientos de relajación, se puede mantener el principio de minimización de revelación de información privada y a la vez incrementar la probabilidad de conseguir soluciones pareto-óptimas.
- Se han analizado a nivel de agente las diferentes combinaciones de perfiles negociadores con el objeto de prever su validez. Dadas las combinaciones válidas de perfiles a nivel de agente, se han analizado las estrategias conjuntas, que viene definidas por la aplicación de diferentes perfiles negociadores. Este análisis concluye con la especificación de 6 pares de estrategias sobre las que ha sido necesaria la experimentación. Estos análisis son los primeros que se recogen en la literatura sobre la negociación automática bilateral.
- Tras un análisis experimental exhaustivo se confirma nuestra hipótesis de trabajo, según la cual, una aproximación expresiva en los procesos de negociación permite que se alcancen soluciones más satisfactorias.

### **Desarrollo de plataforma de negociación**

- Se ha desarrollado una plataforma de negociación (Anegsys) basada en Matlab y Jade que implementa el modelo general de negociación propuesto, y que permite una instanciación eficiente. De forma específica se ha implementado la propuesta de instancia del modelo.

## Capítulo 3

# Resumen de resultados

Los resultados que a continuación se exponen son una síntesis del análisis experimental exhaustivo realizado con la plataforma Anegsys. Esta síntesis presenta únicamente los resultados que se alcanzan en procesos de negociación, o completamente expresivos, o completamente inexpressivos, pero no presenta resultados para estrategias intermedias. Dichos resultados se encuentran convenientemente documentados en la memoria de la tesis.

En la Figura 3.1 se resumen los resultados alcanzados con las estrategias BANenr vs

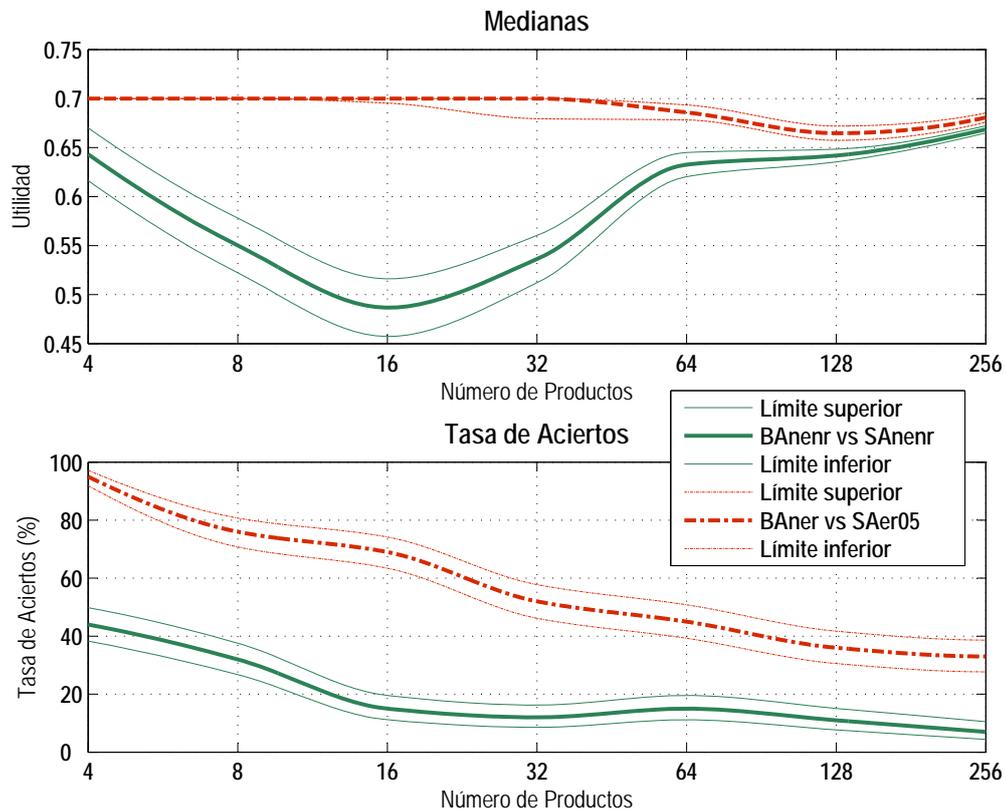


Figura 3.1. Comparativa de Estrategias BANenr vs SANenr y BANer vs SAer05

SANenr, y BANer vs SAer05. Una estrategia BANenr es una estrategia de comprador no expresiva y no receptiva, mientras BANer es una estrategia no expresiva pero receptiva. En el caso del vendedor, una estrategia SANenr es una estrategia no expresiva y no receptiva, mientras SAer05 es una estrategia expresiva y receptiva ponderada al 50%. En la gráfica superior se muestran las medianas, y en la gráfica inferior las tasas de aciertos. Las medianas representan las medianas de utilidad conjunta, donde el valor óptimo es 0.7. Un acierto implica

la consecución de una venta óptima en el proceso de negociación (en cualquier negociación se fija sólo un producto a este valor óptimo). Nos vamos a centrar en estas estrategias porque constituyen, el escenario de referencia con el cual nos comparamos (BANer vs SANer), y la mejor combinación de estrategias (BANer vs SAer05).

Las tasas de aciertos siguen una misma tendencia para todos los catálogos, con una mejora apreciable en el caso de las estrategias BANer vs SAer05. En el caso de las medianas, para catálogos de hasta 64 productos, los resultados son óptimos, con lo que la introducción de expresividad en el comprador no se hace necesaria. Para catálogos de más de 256 productos las estrategias tienden a converger, con lo que la expresividad no juega un papel tan determinante. Un catálogo muy poblado permite que el vendedor tenga ofertas válidas con una utilidad alta, siempre que la distribución de utilidades sea uniforme. Tan sólo para catálogos de 128 productos se detecta un pequeño valle en la mediana de la utilidad, que aún así, mejora los resultados conseguidos sin la utilización de estrategias expresivas, y en cualquier caso, los valores están muy cercanos al valor de utilidad óptimo. Estos resultados nos permiten concluir, que la expresividad permite que los resultados mejoren notablemente, y que sólo es necesaria una estrategia expresiva en el lado del vendedor.

Finalmente, en la Figura 3.2 se presentan dos gráficas que describen el *porcentaje de*

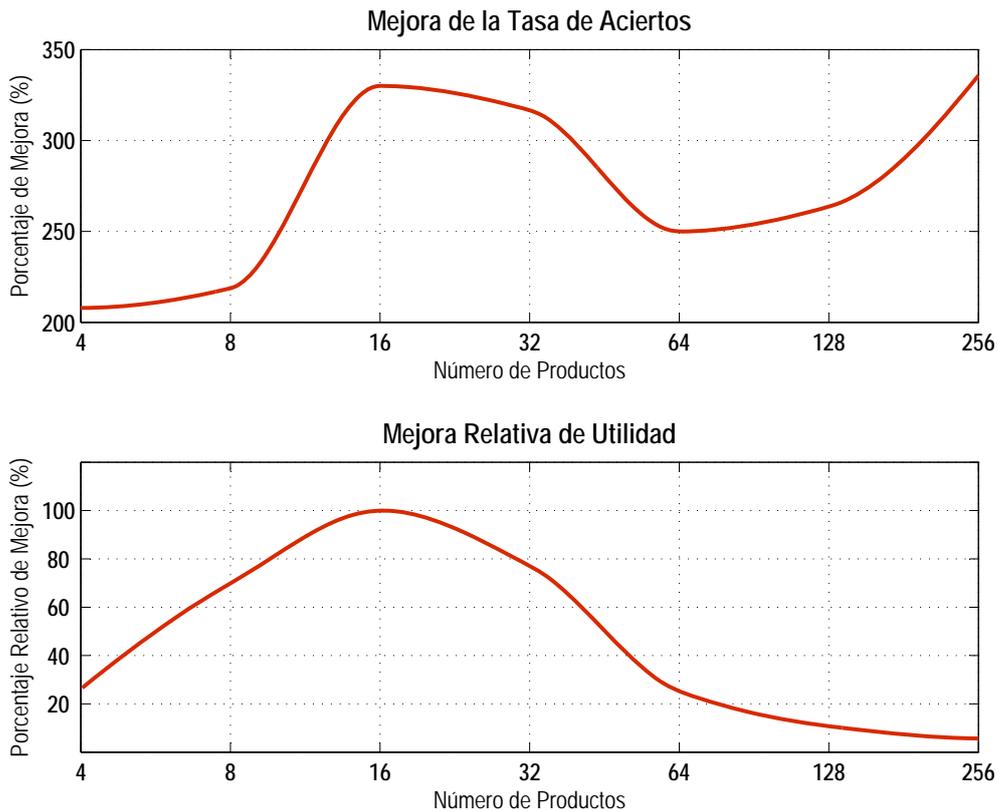


Figura 3.2. Mejora de la Tasa de Aciertos y Mejora Relativa de Utilidad

*mejora de la tasa de aciertos*, y el *porcentaje relativo de mejora de utilidad*. La *mejora de la tasa de aciertos* representa la relación porcentual entre las tasas de aciertos que se consiguen con las estrategias BANer vs SAer05 y las que se consiguen con las estrategias BANer vs

SAner. Esta gráfica muestra una propiedad muy importante, que es la tendencia exponencial de mejora relativa de la tasa de aciertos. Para catálogos con un conjunto solución pequeño la mejora es de aproximadamente el 200%, observándose un incremento entorno al 325% para tamaños intermedios de 16 y 32 productos. Hay que tener en cuenta que cuando hay muy pocos productos, la posibilidad de que aleatoriamente se consiga una buena solución es mayor que si el catálogo es grande, y es por ello por lo que la mejora es menor para 4 y 8 productos. Aunque para 64 productos se produce un decremento al 250%, a medida que los catálogos aumentan de tamaño aparece una tendencia exponencial de mejora en la tasa de aciertos. A medida que los catálogos se hacen muy grandes, sin expresividad, la probabilidad de conseguir la solución óptima decrece exponencialmente, y tiende a cero, mientras que con expresividad se persigue la solución óptima de forma explícita.

La *mejora relativa de utilidad* es una medida relativa de la mejora que se obtiene con las estrategias BAner vs SAer05 para los diferentes catálogos, en relación con la máxima mejora que se consigue respecto de las estrategias BAner vs SAner. Podemos observar que la referencia es el catálogo de 16 productos, que es el escenario con el que se consigue la máxima utilidad. Así, la gráfica muestra un porcentaje relativo de mejora del 100% para este catálogo. Para catálogos grandes el porcentaje relativo de mejora decrece por debajo del 10%, siendo el porcentaje mínimo de mejora para catálogos de tamaño inferior de aproximadamente el 10%, y un valor medio entorno al 60%.



## Capítulo 4

# Aplicabilidad

El dominio de aplicación natural del marco de negociación propuesto es el comercio electrónico, aunque puede hacerse extensible a cualquier tipo de escenario en el que sea necesaria la resolución de conflictos de asignación de recursos, donde la distribución, autonomía, automatización y privacidad sean requisitos indispensables del sistema. Nos vamos a centrar en uno de los dominios concretos en los que hemos aplicado los resultados de las investigaciones realizadas en la tesis, las transacciones comerciales B2C (Business to Consumer).

Un problema fundamental de los sistemas de comercio electrónico B2C de primera generación (catálogos electrónicos, asistentes de compra,...) reside en el hecho de que están centrados en un único aspecto de la transacción: el precio. Aunque el precio es claramente importante, las empresas quieren normalmente fidelizar al cliente, mientras los clientes no sólo están interesados en el precio, sino también en la calidad, garantía, tiempo de entrega o servicio posventa. Queda claro que se necesitan formas más complejas de asistentes de compra. Si analizamos el modelo de comportamiento de compra de un consumidor [He *et al.*, 2003, Guttman *et al.*, 1998], comprobamos que de las seis fases definidas: identificación de una necesidad, gestión de selección de producto, gestión de búsqueda de vendedor, negociación, pago y entrega, y servicio y evaluación, la fase de negociación es la menos implantada a efectos de automatización. Las tres primeras fases están cubiertas por los sistemas de primera generación, al igual que la fase de pago y entrega, mientras que la última fase no se ha identificado normalmente con sistemas de comercio electrónico, o puede en todo caso ser implementada con sistemas de captación de información triviales. La pregunta es qué puede aportar la automatización de la fase de negociación. En principio hay dos ventajas fundamentales: es posible reducir significativamente el tiempo de negociación (se pueden llevar a cabo un gran número de transacciones en cortos intervalos de tiempo), y se pueden eliminar las reticencias de los humanos a verse implicados en procesos de negociación que podrían a posteriori suponer una ventaja en la transacción. El objetivo es por tanto desarrollar sistemas de negociación prácticos, que aporten ventajas a todos los participantes en un escenario de transacción comercial. Nuestra propuesta cubre una de las interacciones comerciales más importantes, las bilaterales, donde los objetos de la negociación presentan múltiples atributos negociables.

El primer ámbito concreto de aplicación de la tesis ha sido el desarrollo de ANEGSYS Recommender [Lopez-Carmona *et al.*, 2006], un sistema de recomendación de adquisición de productos que se basa en la concurrencia de múltiples negociaciones bilaterales entre compradores y vendedores con el objeto de generar preacuerdos de compra que maximizan las utilidades de compradores y vendedores. Las negociaciones tienen lugar en mercados electrónicos locales, que se definen como plataformas de comercio electrónico desplegadas por proveedores de servicios y productos y accedidas por clientes locales mediante dispositivos móviles.

## 4.1. Introducción

En el contexto de una ciudad inteligente, los procesos de adquisición de productos son susceptibles de ser automatizados mediante aproximaciones basadas en agentes. Un cliente potencial que visita un centro de compras o cualquier otra clase de área donde se ofertan productos, puede tener que hacer frente a unos procesos de tomas de decisiones complejos con el objeto de seleccionar los productos que mejor se adaptan a sus preferencias de entre todos los disponibles. Por otra parte, la complejidad inherente del proceso de compra se incrementa debido a ciertas implicaciones físicas de la interacción del comprador-vendedor. La necesidad de visitar físicamente las diversas dependencias para recopilar la información sobre todas las ofertas disponibles, para determinar la satisfacción, y regresar al lugar donde la oferta fue hecha, para finalmente adquirir el producto, puede convertirse en una actividad tediosa y poco efectiva. Además, la mayoría de los clientes tienen aversión a la idea de negociar los términos y las condiciones de una compra, incluso cuando esta negociación podría beneficiar finalmente a ambas partes. Por ésto, las interacciones entre compradores y vendedores dan lugar generalmente a acuerdos subóptimos, cuando se podrían conseguir acuerdos ganador-ganador.

ANEGSYS Recommender genera automáticamente acuerdos de compra entre compradores y vendedores, atendiendo a las preferencias privadas de ambas partes, de manera que las soluciones alcanzadas mejoran significativamente los resultados de las transacciones en términos de eficiencia y optimalidad.

## 4.2. Local e-marketplaces en ciudades inteligentes

### 4.2.1. Local e-marketplaces

El comercio electrónico B2C está creciendo rápidamente, y cada vez son mayores las capacidades necesarias para proporcionar respuestas oportunas a las necesidades comerciales de los clientes [He *et al.*, 2003]. Los *e-marketplaces* son plataformas que ofrecen la posibilidad de realizar transacciones comerciales online. En la mayoría de los casos, los *e-marketplaces* se despliegan sobre la Web, pero podemos imaginar un escenario donde el alcance del mercado se limite a un área local. Esta clase de plataformas se pueden desplegar, por ejemplo, en las ferias comerciales, centros de compras, o en todos los almacenes de una zona comercial de una ciudad. En un *local e-marketplace*, los compradores no necesitan estar físicamente en las dependencias de los vendedores, tan sólo se necesita estar dentro del área de cobertura de la plataforma. Esto permite que los usuarios recopilen la información que necesitan para poder tomar decisiones acerca de dónde y qué productos adquirir, de forma más eficiente, en menor tiempo y con menor esfuerzo.

Consideramos el escenario descrito como un *mercado electrónico controlado*, en tanto que los participantes intentan alcanzar acuerdos partiendo de un conjunto de reglas que fijan qué puede ser comprado y vendido, y cuáles son los términos y las condiciones específicas de los procesos de transacción. En nuestro escenario se deben articular múltiples negociaciones bilaterales multiatributo concurrentes, donde la privacidad y distribución son requisitos fundamentales, y dónde las preferencias descritas de forma difusa (mediante un marco basado en restricciones difusas), constituyen a priori una formalización muy adecuada de los requerimientos de compra de los consumidores. En este contexto nuestro marco de negociación es aplicable directamente.

### 4.2.2. Una arquitectura de agentes para ciudades inteligentes

ANEGSYS Recommender se despliega sobre nuestra plataforma SETH [Marsa *et al.*, 2006]. La arquitectura SETH está basada en el concepto de espacios inteligentes (SS, Smart Spaces), que representan localizaciones autónomas dentro de un ambiente más general. Desde un punto de vista funcional, un SS es caracterizado por un set de dispositivos, un set de servicios disponibles, y un contexto. Los espacios inteligentes pueden ser jerárquicos si las características del ambiente lo requieren. Esta visión jerárquica permite proporcionar diversas capas de servicios, de información del contexto, y de seguridad. En el caso de la incorporación de Anegsys, consideramos una ciudad inteligente, que contiene varias tiendas (SSs Shop), que se agregan en un SS superior denominado ShoppingCenter.

Se pueden establecer reglas de herencia y agregación en la jerarquía para gobernar la información, los servicios y los dispositivos de contexto de diferentes niveles. La herencia y las reglas de agregación se pueden combinar para permitir, por ejemplo, que los usuarios que pasean por la ciudad y entran la zona de cobertura de la plataforma puedan tener acceso con herencia a los servicios proporcionados por todos los SS de las tiendas de la ciudad, que los han puesto a disposición de la ciudad por medio de agregaciones.

## 4.3. Contribuciones

ANEGSYS Recommender es el primer sistema de recomendación para mercados electrónicos locales basado en negociaciones bilaterales automáticas. Proporciona un sistema de recomendaciones individualizadas para dirigir al usuario de una manera personalizada hacia las opciones disponibles más interesantes. A diferencia de las aproximaciones a la recomendación de adquisición de productos basadas en utilidad [Reilly *et al.*, 2004], y regidas fundamentalmente por el parámetro precio, nuestro marco negociador permite incorporar múltiples parámetros en el proceso de adquisición, automatizar los procesos, perseguir de forma explícita soluciones pareto-óptimas, y modelar mediante restricciones difusas las preferencias de los compradores.



# Bibliografía

- [Faratin *et al.*, 1998] Faratin, P., Sierra, C., y Jennings, N. R. (1998). Negotiation decision functions for autonomous agents. *Robotics and Autonomous Systems*, 24(3-4):159–182.
- [Guttman *et al.*, 1998] Guttman, R. H., Moukas, A. G., y Maes, P. (1998). Agent-mediated electronic commerce: A survey. *The Knowledge Engineering Review*, 13(2):147–159.
- [He *et al.*, 2003] He, M., Jennings, N. R., y Leung, H.-F. (2003). On agent-mediated electronic commerce. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 15(4):985–1003.
- [Jennings *et al.*, 2001] Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., Parsons, S., Sierra, C., y Wooldridge, M. (2001). Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 10(2):199–215.
- [Kraus, 2001] Kraus, S. (2001). *Strategic Negotiation in Multiagent Environments*. Mit Press.
- [Lopez-Carmona *et al.*, 2006] Lopez-Carmona, M. A., Velasco, J. R., y Alarcos, B. (2006). Automated purchase negotiations in a dynamic electronic marketplace. In *Proceedings of the 1st International Conference on Ubiquitous Computing, ICUC'06*, pages 203–211, Alcalá de Henares, Spain.
- [Luo *et al.*, 2003] Luo, X., Lee, J. H., Leung, H. F., y Jennings, N. R. (2003). Prioritised fuzzy constraint satisfaction problems: axioms, instantiation and validation. *Fuzzy Sets and Systems*, 136(2):151–188.
- [Marsa *et al.*, 2006] Marsa, I., López-Carmona, M. A., Velasco, J. R., y Navarro, A. (2006). Seth, a hierarchical agent-based architecture for smart spaces. In *ICPS'06 : IEEE International Conference on Pervasive Services 2006*, pages 209–302, Lyon, France.
- [McBurney y Parsons, 2003] McBurney, P. y Parsons, S. (2003). Dialogue game protocols. In *Communication in Multiagent Systems*, volume 2650 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 269–283, Berlin, Germany. Springer Verlag.
- [Rahwan *et al.*, 2002] Rahwan, I., Kowalczyk, R., y Pham, H. H. (2002). Intelligent agents for automated one-to-many e-commerce negotiation. In Oudshoorn, M., editor, *Proceedings of the 25th Australasian Conference on Computer Science*, pages 197–204, Melbourne, Australia. Australian Computer Society Press.
- [Reilly *et al.*, 2004] Reilly, J., McCarthy, K., McGinty, L., y Smyth, B. (2004). Dynamic critiquing. In *Advances in Case-Based Reasoning*, volume 3155 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 763–777, Berlin, Germany. Springer Verlag.
- [Rosenschein y Zlotkin, 1994] Rosenschein, J. S. y Zlotkin, G. (1994). *Rules of Encounter*. MIT Press, Cambridge MA, USA.

- [Vickrey, 1961] Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *Journal of Finance*, (1):8-37.
- [Walton y Krabbe, 1995] Walton, D. N. y Krabbe, E. C. W. (1995). *Commitment in Dialogue: Basic Concepts of Interpersonal Reasoning*. SUNY Press, Albany NY, USA.
- [Weiss, 1999] Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press, Cambridge MA, USA.
- [Wooldridge, 2002] Wooldridge, M. (2002). *An Introduction to Multiagent Systems*. John Wiley & Sons.

## Apéndice A

### Anexo A. Publicaciones relacionadas

Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco, "A Fuzzy Constraint Based Model for Automated Purchase Negotiations", In: Lecture Notes in Computer Science, Trading Agent Design and Analysis & Agent Mediated Electronic Commerce VIII (TADA/AMEC), AAMAS'06, 2006.

Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco, "An Expressive Approach to Fuzzy Constraint Based Agent Purchase Negotiation", International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS'06, Hakodate, Japan, 8-12 May 2006.

Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco, "A Fuzzy Constraint Based Model for Automated Purchase Negotiations", International Joint Workshop on Trading Agent Design and Analysis & Agent Mediated Electronic Commerce VIII (TADA/AMEC), AAMAS'06, Hakodate, Japan, 9 May 2006.

Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco, Bernardo Alarcos. "Automated Purchase Negotiations in a Dynamic Electronic Marketplace". 1st International Conference on Ubiquitous Computing. Alcalá de Henares. June 2006.

Miguel A. López-Carmona, Iván Marsá, Juan R. Velasco, Alvaro Paricio, "Mobile Devices for Personal Smart Spaces", 3rd International Workshop on Web and Mobile Information Systems (WAMIS'07), in the 21st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2007), Niagara Falls, Ontario, Canada, 21-23 May 2007.

Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco, Iván Marsá Maestre y Andrés Navarro, Modelo de negociación automática bilateral para entornos abiertos de comercio electrónico, Conferencia IADIS Ibero-americana WWW/Internet 2004.

Iván Marsá, Miguel A. López-Carmona, Juan R. Velasco. "SETH, A hierarchical Agent-based Architecture for Smart Spaces". ICPS'06 : IEEE International Conference on Pervasive Services 2006. 26-29 June 2006, Lyon, France.

Iván Marsá, Juan R. Velasco, Miguel A. López-Carmona, Andrés Navarro, A fully-distributed, multiagent approach to negotiation in mobile ad-hoc networks, International Conference IADIS WWW/Internet 2005.

Miriam Machuca, Miguel A. López-Carmona, Iván Marsá Maestre and Juan R. Velasco, A contextual ontology to provide location-aware services and interfaces in smart environments. International Conference IADIS WWW/Internet 2005, October 2005.

Susel Fernández, Ukrania Díaz, Iván Marsá, Miguel A. López-Carmona, "Extending the bdi-asdp methodology for real-time", International Conference on Applied Computing, Salamanca, 17-20 February 2007.

Juan R. Velasco, Miguel A. López-Carmona, M. Sedano, M. Garijo, D. Larrabeiti, M. Calderon. "Role of Multi-agent system on minimalist infrastructure for service provisioning in ad-hoc networks for emergencies", First International Workshop on Agent Technology for Disaster Management, AAMAS'06, Hakodate, Japan, 8 May 2006.

M. Machuca, Miguel A. López-Carmona, J. R. Velasco, I. Marsá, Infraestructura para servicios e interfaces sensibles a la localización en hogares inteligentes. Jornadas de Ingeniería Telemática JITEL'05, Septiembre-05.

Velasco, J.R., Maestre, Iván M., Navarro, A., López-Carmona, M.A., Vicente, A.J., de la Hoz , E., Paricio, A., Machuca, M.: Location-aware services and interfaces in smart homes using multiagent systems. Proceedings of the 2005 International Conference on Pervasive Systems and Computing PSC'05: June 27-30, 2005 , Las Vegas , USA, 2005.

J.R. Velasco, Iván Marsá Maestre , Andrés Navarro , Miguel A. López-Carmona, Antonio J. Vicente, Enrique de la Hoz , Alvaro Paricio and Miriam Machuca, "Personalización de servicios multimedia en el hogar digital inteligente," in X Congreso Internet, Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (Mundo Internet 2005), 2005, pp. 467-474.

Alvaro Paricio García, Juan Ramón Velasco Pérez, Miguel A. López-Carmona, Iván Marsá Maestre, Arquitectura de agentes para entornos domóticos en XIV Jornadas Telecom I+D. 2004.

Iván Marsá Mestre, Andrés Navarro, Miguel A. López-Carmona y Juan R. Velasco. Arquitectura para un sistema domótico basado en agentes, Conferencia IADIS Ibero-americana WWW/Internet 2004.



## Apéndice B

### Anexo B. Financiación y proyectos

Título del proyecto: IMPROVISA Infraestructura Minimalista para la PROVISión de Servicios en redes Ad-hoc. Entidad financiadora: MEC-TSI2005-07384-C03-03. Entidades participantes: U. Politécnica de Madrid, U. Carlos III de Madrid y U. de Alcalá. Duración: Desde: 12/2005 hasta: 11/2008. Cuantía de la subvención: 79.000,00 EUR. Investigador responsable: Juan Ramón Velasco Pérez. Número de investigadores participantes: 7 (por la UAH).

Título del proyecto: ASPID - Agentes de Sistema, Personales y de Interfaz para entornos Domóticos. Entidad financiadora: Comunidad de Castilla la Mancha. Entidades participantes: U. de Castilla la Mancha, U. de Alcalá. Duración, desde: 7/2005 hasta: 7/2008. Cuantía de la subvención: 16.000,00 EUR Investigador responsable: Juan Ramón Velasco Pérez Número de investigadores participantes: 5 (por la UAH).

Título del proyecto: MIDAS ASAP Agentes de Sistema y Agentes Personales. Entidad financiadora: MCYT-TIC2003-09192-C11-05. Entidades participantes U. Politécnica de Madrid, U. de Alcalá, U. de Castilla la Mancha, U. de Oviedo, U. de Las Palmas de Gran Canaria. Duración, desde: 12/2003 hasta: 11/2004. Cuantía de la subvención: 18.000,00 EUR. Investigador responsable: Juan Ramón Velasco Pérez. Número de investigadores participantes: 3,5 (por la UAH).

Título del proyecto: SARA, Servicios de valor Añadido en un entorno urbano basado en Redes Ad-hoc. Entidad financiadora: Universidad de Alcalá. Entidades participantes: Universidad de Alcalá. Duración, desde: 21/02/2005 hasta: 21/02/2007. Cuantía de la subvención: 8.600,00 EUR. Investigador responsable: Bernardo Alarcos Alcázar. Número de investigadores participantes: 4.