

ANEGSYS: Un sistema de recomendación basado en negociaciones automáticas para mercados electrónicos locales

M. A. López-Carmona, I. Marsá-Maestre, J. R. Velasco, *Member IEEE* y B. Alarcos

Resumen— Los mercados electrónicos locales son plataformas de comercio electrónico local desplegadas por proveedores de productos y servicios, y accedidas por clientes locales mediante dispositivos móviles. En este escenario, los consumidores necesitan obtener información acerca de las ofertas disponibles procedentes de los diferentes proveedores de la zona, con el objeto de seleccionar aquellas más adecuadas a sus necesidades y preferencias. El artículo presenta ANEGSYS, un sistema de recomendación para la adquisición de productos basado en agentes que utiliza negociaciones bilaterales automáticas para generar preacuerdos de compra entre compradores y vendedores. Este sistema mejora sustancialmente la búsqueda de soluciones que maximizan las utilidades de compradores y vendedores de forma simultánea.

Palabras clave— Comercio electrónico, negociación automática, sistemas de recomendación.

I. INTRODUCCIÓN

UNA de las líneas principales de investigación en tecnología de agentes es la utilización de agentes software para automatizar la personalización del entorno, de tal forma que los usuarios se vean liberados de la realización de tareas rutinarias para cambiar dicho entorno y adaptarlo a sus preferencias. El objetivo perseguido en el artículo es un entorno inteligente, capaz de adaptarse automáticamente a las necesidades de un usuario y tomar las acciones oportunas o hacer las recomendaciones necesarias para acomodar esas necesidades. Con este objetivo, se propone la utilización de un sistema multiagente, dado que se ha revelado como una tecnología muy adecuada en el desarrollo de sistemas distribuidos, inteligentes y autónomos. En particular, se ha desarrollado una arquitectura jerárquica basada en agentes para espacios inteligentes, que hemos llamado SETH (Smart Environment Hierarchy). La arquitectura puede desplegarse en capas, lo que permite crear entornos complejos combinando, por ejemplo, un cierto número de habitaciones inteligentes para crear un edificio inteligente, y un cierto número de edificios inteligentes y espacios exteriores inteligentes, para crear una ciudad inteligente.

En el contexto de una ciudad inteligente, los procesos de compra-venta de productos son especialmente susceptibles de ser automatizados mediante la utilización de tecnología de agentes. Un cliente potencial que visita un centro de compras, o cualquier otro tipo de área donde sea posible la adquisición de productos, tiene en muchas ocasiones que hacer frente a procesos de toma de decisiones complejos con el objeto de elegir de entre todos los productos ofertados por diferentes proveedores, aquel que mejor se adapta a sus necesidades. Además, la complejidad inherente de un proceso de compra empeora debido a ciertas implicaciones físicas de la interacción comprador-vendedor. La necesidad de visitar físicamente las diferentes tiendas para obtener información sobre las ofertas disponibles, seleccionar la más satisfactoria, y retornar a la tienda donde se ubica dicha oferta, para finalmente adquirir el producto, puede convertirse en una actividad tediosa que implica un consumo de tiempo y un esfuerzo importante. Finalmente, la idea de negociar las condiciones y términos de una compra, incluso cuando esta negociación podría beneficiar a ambas partes, es una actividad que disgusta normalmente a la mayor parte de los compradores. Debido a esto, las interacciones comprador-vendedor conducen a acuerdos subóptimos, lejos de los resultados ganador-ganador deseados.

En este contexto se presenta ANEGSYS, un sistema de recomendación para la adquisición de productos basado en negociaciones bilaterales automáticas, pensado fundamentalmente para mercados electrónicos locales.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar se presenta el marco de los mercados electrónicos locales y se propone una arquitectura de agentes. La sección 3 aborda los procesos de compra que se van a desarrollar sobre la arquitectura mencionada, y la sección 4 presenta un ejemplo de aplicación basado en una feria de vehículos de segunda mano. Finalmente las secciones 5 y 6 presentan respectivamente los resultados de las simulaciones realizadas y el apartado de conclusiones.

II. MERCADOS ELECTRÓNICOS LOCALES EN CIUDADES INTELIGENTES

A. Mercados electrónicos locales

Los mercados electrónicos son plataformas que permiten el comercio online entre compradores y vendedores. En la mayor

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia Español, proyecto TSI2005-07384-C03-03.

Todos los autores trabajan en el Grupo de Ingeniería de Servicios Telemáticos del Departamento de Automática de la Universidad de Alcalá, Ctra. de Madrid-Barcelona km. 31.600, 28871 Alcalá de Henares (Madrid), España (correos e.: miguelangel.lopez@uah.es; ivan.marsa@uah.es; juanramon.velasco@uah.es; benardo.alarcos@uah.es).

parte de los casos, los mercados electrónicos se despliegan sobre la Web, pero podemos imaginar un escenario donde el ámbito del mercado esté restringido a un área local. De esta manera, un mercado electrónico local es una plataforma de comercio electrónico local desplegada por proveedores de productos y servicios, y accedida por clientes locales a través de dispositivos móviles: pdas, teléfonos móviles o equipos portátiles. Este tipo de plataformas pueden ser desplegadas, por ejemplo, en ferias comerciales, centros comerciales, e incluso en todos los almacenes de una ciudad inteligente. En un mercado electrónico local, los compradores no necesitan estar ubicados físicamente en una tienda para interactuar con el vendedor. Sólo se necesita estar dentro del área de cobertura de la plataforma. Esto permite a los usuarios obtener la información que necesitan para ser capaces de tomar decisiones acerca de dónde y qué productos adquirir.

Consideramos el escenario descrito como un mercado electrónico controlado, ya que los participantes intentan alcanzar acuerdos bajo una serie de reglas al respecto de qué puede ser comprado y vendido y cuáles son los términos y condiciones específicas de cada transacción. La Fig. 1 muestra una taxonomía de mercados electrónicos controlados representada mediante cajas morfológicas [1]. Estamos interesados fundamentalmente en mercados electrónicos B2C, donde se va a utilizar un modelo de negociación multiatributo muchos-a-muchos (n:m), y donde agentes compradores y vendedores utilizarán restricciones difusas [2].

Criterion	Possible values		
Type of e-marketplace	B2B	B2C	C2C
Type of negotiation model	1:n (A)	m:1 (B)	n:m (C)
Negotiation issues	One issue	Many issues	
Type of consumer's constraints	Crisp	Fuzzy	
Type of merchant's constraints	Crisp	Fuzzy	

Fig. 1. Clasificación de mercados electrónicos controlados [1].

B. Una arquitectura de agentes para ciudades inteligentes

ANEGSYS se despliega sobre la plataforma desarrollada SETH [3]. La arquitectura SETH está basada en el concepto de espacios inteligentes (SSs, Smart Spaces), que son lugares específicos dentro de un entorno. Desde un punto de vista funcional, un espacio inteligente está caracterizado por un conjunto de dispositivos, un conjunto de servicios disponibles, y un contexto. Los espacios inteligentes pueden organizarse jerárquicamente si las características del entorno lo requieren. En nuestro escenario de aplicación para ANEGSYS, consideramos un *espacio inteligente ciudad*, que contiene varios *espacios tienda*, algunos de ellos agregados en *espacios centro comercial*.

Se pueden establecer reglas de herencia en la jerarquía para definir qué información de contexto, servicios o dispositivos desde niveles más altos van a estar disponibles en una localización específica. De forma similar, se pueden definir

también reglas de agregación de tal forma que un espacio puede exportar información de contexto, servicios y dispositivos a otros espacios localizados en niveles más altos en la jerarquía.

Dispositivos en SETH: La *Plataforma de Agentes de Espacio Inteligente* (SSAP, *Smart Space Agent Platform*), obligatoria en cualquier espacio SETH, contiene la plataforma de agentes que soporta la existencia de todos los agentes en el espacio inteligente. Distinguimos entre *dispositivos con agentes*, *sin agentes* y *dispositivos personales móviles*. Los dispositivos sin agentes son aquellos sensores y actuadores sin autonomía o inteligencia, controlados desde el SSAP. Los dispositivos con agentes son sensores o actuadores con un mínimo grado de autonomía. Finalmente, los dispositivos personales móviles (pda, móvil,...), pueden alojar los agentes necesarios para identificar al usuario en el sistema, aprender, mantener e intentar satisfacer las preferencias de usuario, y mostrar los interfaces adecuados en función de los servicios disponibles cuando sea necesario.

Agentes software en SETH: El *Agente de Coordinación del Espacio Inteligente* (SSCA, *Smart Space Coordination Agent*), que reside en el SSAP, proporciona descubrimiento de dispositivos, servicios y contexto a todos los usuarios o agentes de un espacio, y a SSCAs de otros espacios. Los *Agentes de Dispositivos* proporcionan un interfaz común a los dispositivos, de tal forma que otros agentes del sistema pueden usarlos independientemente de aspectos hardware específicos. Los *Agentes de Sistema*, como los agentes de seguridad y de contexto, residen en el SSAP, y añaden una capa adicional de inteligencia sobre los dispositivos del entorno mediante mecanismos de coordinación y control. Los *Agentes de Servicio* están pensados para proporcionar los servicios directamente al usuario. Finalmente, los *Agentes Personales* (PA, *Personal Agent*) están al cargo de satisfacer las preferencias de los usuarios.

ANEGSYS distingue dos tipos distintos de agentes en los procesos de compra: compradores y vendedores. Los *Agentes Compradores* (BAs, *Buyer Agents*) se implementan usando agentes personales. Los *Agentes Vendedores* (SAs, *Seller Agents*) son los proveedores de servicios o productos, implementándose como agentes de servicio.

III. PROCESO DE COMPRA

Con el objetivo de analizar las tareas que pueden desarrollar los agentes compradores y vendedores, vamos a utilizar el modelo de comportamiento de compra de un consumidor descrito en la Fig. 2 [4]. El modelo distingue cuatro fases en un proceso de compra: identificación de una necesidad, selección de mercado, negociación, y acuerdo final o compra.

En lugar de desarrollar una automatización completa del proceso de compra, creemos que es más realista definir un proceso que genere un número de pre-acuerdos con los diferentes proveedores, dejando que la decisión final de compra sea manual. ANEGSYS es un sistema de

recomendación para mercados locales que proporciona una lista con los mejores proveedores, y un conjunto de pre-acuerdos que especifican los términos de las transacciones potenciales. El acuerdo final entre comprador y vendedor se realiza manualmente.

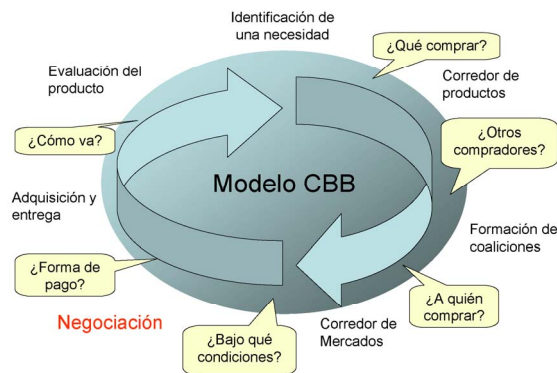


Fig 2. Modelo de comportamiento de compra de un consumidor [4].

A. Identificación de una necesidad

En la fase de la identificación de una necesidad, un cliente detecta la necesidad de comprar un producto y notifica esta necesidad a su agente comprador, junto con las preferencias acerca de las características que definen el producto deseado. El origen de esta necesidad puede ser diverso, desde una sugerencia del agente personal que conoce el perfil del usuario, hasta un mensaje publicitario enviado por un proveedor.

B. Búsqueda de mercado

En la fase de localización o búsqueda de mercados, se identifican aquellos mercados que pueden ofertar productos que encajan con las necesidades del comprador. Considerando que los agentes vendedores son agentes de servicio SETH que proporcionan un servicio de venta, este proceso es básicamente un proceso de descubrimiento de servicios, que es proporcionado por los agentes de coordinación SSCA. La plataforma propuesta se ha desarrollado en conformidad con los estándares IEEE FIPA¹, y el proceso de descubrimiento de servicios se aprovecha de los servicios de directorio proporcionados por FIPA DF (Directory Facilitator), que permiten que el SSCA conozca todos los dispositivos, agentes y servicios disponibles en el espacio correspondiente.

Los servicios pueden ser heredados desde niveles altos de la jerarquía o agregados desde niveles más bajos. Pueden ser además heredados o agregados a nivel del SSCA o a nivel del agente personal. La herencia o agregación a nivel del SSCA ocurren cuando un SSCA está interesado en proporcionar un servicio disponible en otro SSAP. En este caso, el SSCA añade el servicio a su lista de servicios disponibles, proporcionando la dirección del agente que proporciona el

servicio en el SSAP remoto. En nuestro escenario de aplicación, la herencia de servicios a nivel SSCA se proporciona automáticamente, es decir, todos los SSCA consultan regularmente los niveles más altos para ver qué servicios se pueden heredar. La agregación se proporciona mediante un mecanismo de suscripción. Los agentes de servicio de niveles bajos se suscriben en SSCA de niveles más altos para poner a disposición de usuarios de niveles más altos de la jerarquía sus servicios. Por ejemplo, en una feria comercial o centro comercial, los servicios proporcionados por las diferentes tiendas y stands son agregados en el centro comercial de tal forma que puedan ser heredados por las zonas comunes puestas a disposición de los usuarios que se mueven de una tienda o stand a otro.

Los agentes compradores utilizan este mecanismo de descubrimiento de servicios para identificar los agentes vendedores que proporcionan productos en los que dicho comprador está interesado.

C. Negociación

Una vez que los vendedores que proporcionan los productos en los que el comprador está interesado han sido identificados, el agente comprador establece negociaciones bilaterales multiatributo en paralelo con cada uno de ellos. ANEGSYS implementa un modelo de negociación bilateral que permite que un cliente negocie con diferentes proveedores y genere un conjunto de pre-acuerdos ordenados por el grado de satisfacción sobre las preferencias definidas. Mediante el ranking de los diferentes pre-acuerdos alcanzados con los diferentes proveedores, el sistema proporciona al usuario las recomendaciones de compra especificando los términos y condiciones de las ofertas más satisfactorias.

Con el objeto de definir un marco de negociación que regule todas estas cuestiones, necesitamos en primer lugar analizar las estrategias dominantes de los participantes. Hacemos las siguientes suposiciones sobre el escenario de mercado electrónico local de trabajo:

- Las coaliciones entre participantes no son posibles, lo que significa que no hay un grupo de compradores o vendedores que puedan cambiar sus estrategias conjuntamente de forma que se incremente su beneficio mientras que el resto de agentes que no son miembros del grupo no se desvían de sus estrategias originales.
- La participación en la negociación es racional para el agente, por lo que el beneficio obtenido con una solución negociada no es en ningún caso menor que la obtenida sin participar en la negociación.
- Los participantes no saben nada acerca de otras negociaciones en las que ellos no participan.

Si estas condiciones se satisfacen, podemos razonar acerca de las estrategias de los participantes de la siguiente forma:

- Compradores y vendedores intentarán maximizar su grado de satisfacción. Por ello, cuando negocien,

¹ FIPA es un organismo de estandarización del IEEE Computer Society que promueve la tecnología basada en agentes y la interoperabilidad de sus estándares con otras tecnologías (<http://www.fipa.org>).

intentarán realizar concesiones tan pequeñas como sea posible.

- Los compradores asumen el peor caso de escenario de negociación, donde otros compradores pueden alcanzar acuerdos sobre los mismos productos, y éstos son escasos.
- Los vendedores asumen el peor caso de escenario de negociación, donde múltiples vendedores pueden ofrecer productos similares.

Bajo estas circunstancias, los agentes compradores y vendedores deberían utilizar estrategias que intentasen acelerar las negociaciones, de tal forma que ambos agentes deberían hacer propuestas que incluyesen sus preferencias a la vez que se minimizase la revelación de información privada [5]. Teniendo todos estos aspectos en cuenta, ANEGSYS define un modelo de negociación general (dominio de conocimiento de los agentes, modelo de diálogo, y modelo de toma de decisiones) basado en restricciones difusas.

1) Dominio de conocimiento de los agentes

El dominio de conocimiento de los agentes está descrito principalmente por los modelos de preferencias. Las preferencias del comprador se definen a partir de un conjunto de restricciones difusas que determinan la influencia de los diferentes valores de los atributos que caracterizan un producto, sobre el grado de satisfacción de dicho comprador. Por otro lado, las preferencias del vendedor se describen mediante un catálogo de productos que especifica la utilidad de cada posible transacción. Por ejemplo, si asumimos un escenario de mercado de vehículos de segunda mano, la Fig. 3 representa las preferencias del comprador al respecto de los atributos de un coche (precio, calidad, y año de fabricación), y la Fig. 4 muestra el catálogo de coches del agente vendedor.



Fig. 3. Preferencias del comprador en relación con el precio, calidad y antigüedad de los coches.

Cuando se negocia, un agente comprador expresa sus preferencias por la adquisición de un producto utilizando un requerimiento de compra. Un requerimiento de compra se construye como una proposición lógica que enlaza un conjunto de restricciones duras sobre los atributos que definen un producto. Las restricciones duras se extraen del conjunto de restricciones difusas que definen las preferencias del

usuario. El agente comprador es capaz de computar el grado de satisfacción de una oferta de un vendedor comprobando el grado de satisfacción conseguido para cada una de las restricciones difusas del modelo de preferencias. Cuando se expresa un requerimiento de compra, el agente comprador puede también valorar el requerimiento, es decir, puede adjuntar a cada restricción dura una calificación que denote su importancia relativa.

Product	price	quality	age	utility
p1	Very low	Very low	2006	Very low
p2	Very high	Very high	2006	Very high
p3	Low	High	2004	Medium
p4	Low	Medium	2005	Very low
...				
p _n				

Fig. 4. Catálogo de productos del vendedor y utilidad asociada a la venta de cada producto.

2) Modelo de diálogo

Los agentes compradores y vendedores sólo desarrollan negociaciones bilaterales, aunque pueden negociar simultáneamente con compradores y vendedores diferentes. Cualquier diálogo negociador se estructura en cuatro fases: apertura (*opening stage*), negociación (*negotiation stage*), confirmación (*confirmation stage*) y cierre (*close stage*). Cada fase comprende un conjunto de locuciones que dan la posibilidad a los agentes compradores y vendedores a expresar propuestas, deseos o compromisos durante el proceso de negociación, de forma que la negociación se implementa como un juego de diálogo [6].

En la fase *opening stage* un agente comprador o vendedor pueden iniciar una negociación emitiendo la locución *L1:Open_dialogue*. El diálogo se establece si se obtiene como respuesta *L2:Enter_dialogue*. Estas locuciones incluyen una descripción de la categoría de producto sobre la que se abre el proceso de negociación.

En la fase *negotiation stage* un agente comprador puede emitir requerimientos de compra usando las locuciones *L3:Desire_to_buy* o *L4:Prefer_to_buy*. *L3* establece que el agente comprador desea adquirir un producto que satisface un requerimiento de compra específico. *L4* trabaja como *L3*, pero añade información al respecto de la importancia que cada restricción tiene en el requerimiento de compra. Decimos que un agente comprador muestra una *actitud expresiva* cuando usa la locución *L4* en lugar de la locución *L3*. Finalmente, un agente comprador puede rechazar una oferta emitiendo la locución *L5:Refuse_to_buy*.

Por otro lado, el agente vendedor puede realizar una oferta utilizando la locución *L6:Willing_to_sell*, o rechazar un

requerimiento de compra utilizando las locuciones *L7:Refuse_to_sell* o *L8:Prefer_to_sell*. Mientras *L7* no incluye argumentos que expliquen por qué el agente comprador está rechazando un requerimiento de compra, *L8* establece cómo las diferentes restricciones en el requerimiento de compra deberían relajarse por el agente comprador con el objeto de encontrar un acuerdo. Decimos que un agente vendedor muestra una *actitud expresiva* cuando utiliza la locución *L8* en lugar de la locución *L7*.

En la fase **confirmation stage** los agentes comprador y vendedor pueden respectivamente utilizar la locuciones *L9:Agree_to_buy* y *L10:Agree_to_sell* para confirmar un pre-acuerdo de compra.

En la fase ***close stage*** un agente puede emitir la locución *L11:Close_dialogue* cuando en algún momento necesite cerrar el diálogo negociador.

3) Mecanismos de toma de decisiones

Soportan las diferentes fases de los procesos de toma de decisiones de los agentes. Se implementan seis mecanismos principales.

En *B1:Generate Purchase Requirement* un agente comprador genera un requerimiento de compra teniendo en cuenta sus preferencias y las propuestas de relajación procedentes del agente vendedor. Un agente comprador minimiza la pérdida de satisfacción cuando se seleccionan las restricciones a relajar al generar un nuevo requerimiento. Por otro lado, con el objetivo de alcanzar soluciones ganador-ganador, las preferencias del agente vendedor se atienden siempre que se mantenga el objetivo de minimización de pérdida de satisfacción mencionado antes.

En *B2:Generate Purchase Requirement Valuation* un agente comprador genera una valoración de requerimiento de compra que califica con valores más altos aquellas restricciones que si tienen que ser relajadas, generan pérdidas de satisfacción mayor.

En *B3:Consider Offers* un agente comprador acepta una oferta si la satisfacción asociada es igual o mayor que el valor de satisfacción asociado al siguiente requerimiento de compra que se generaría a continuación. En caso contrario, se rechaza la propuesta.

En *SI:Assess Purchase Requirement* un agente vendedor evalúa los requerimientos de compra recibidos, y busca en el catálogo productos que los cumplan.

En *S2:Generate Relax Requirement* un agente vendedor genera los requerimientos de relajación adecuados para conducir al comprador al espacio de acuerdos más conveniente, cuando no se encuentra un producto que cumpla los requerimientos de compra recibidos. La generación de requerimientos de relajación conlleva dos tareas fundamentales: búsqueda en el catálogo de productos que se consideran buenos candidatos como futuras ofertas de venta, y generación de los requerimientos de relajación específicos para conducir al comprador hacia dichos candidatos. La consideración como buen candidato de un producto del catálogo es función de la utilidad potencial de la venta y de su viabilidad. La viabilidad se estima mediante el cálculo de

similitud entre el producto y el requerimiento de compra recibido, teniendo en cuenta la valoración hecha por el agente comprador, si esta existe.

En *S3:Accept o Reject Offer* un agente vendedor decide aceptar o rechazar un compromiso de compra que articula un comprador.

D. Compra

Después de la fase de negociación, se ordenan los diferentes pre-acuerdos alcanzados en función del grado de satisfacción del comprador, y las mejores ofertas son mostradas como recomendaciones al usuario.

IV. EJEMPLO DE APLICACIÓN

La Fig. 5 muestra un escenario de ejemplo para el sistema ANEGSYS. Un usuario entra a la zona común de una feria de vehículos de segunda mano con la intención de comprar un coche (1). El usuario lleva una PDA, que usa para notificar a su agente comprador acerca de esta intención, junto con sus preferencias por la compra. Esto finaliza la fase de identificación de una necesidad del proceso de compra, con lo que comienza la fase de búsqueda de vendedor, preguntando al SSCA del espacio común acerca de la existencia de vendedores de coches (2). El SSCA retorna la lista de agentes vendedores (3), con lo que el agente comprador puede entrar en la fase de negociación, realizando negociaciones bilaterales con cada vendedor potencial (4).

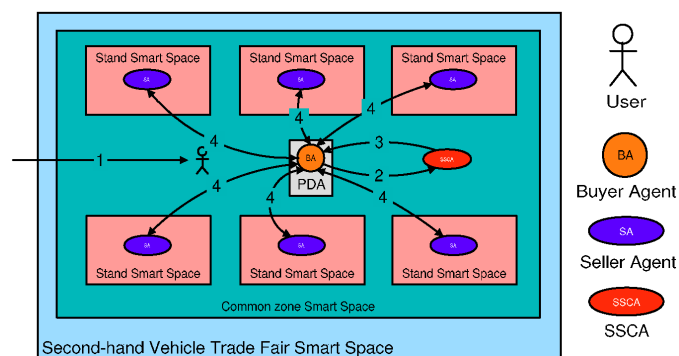


Fig. 5. Escenario de ejemplo de aplicación correspondiente a una feria de vehículos de segunda mano.

Vamos a suponer que en una negociación bilateral dada, las preferencias de comprador y vendedor son las que se describen en Fig. 3 y Fig. 4. La Fig. 6 muestra la fase de negociación para un *diálogo inexpressivo*, donde los agentes no usan locuciones que les permitan expresar sus preferencias. Cada propuesta de un comprador es una locución *Desire_to_buy* que contiene un conjunto de restricciones duras. Por ejemplo, una locución puede expresar: "Deseo comprar un coche a bajo precio o muy bajo precio, con calidad media, alta o muy alta, fabricado en el 2005 o 2006". Cada locución del vendedor es *Refuse_to_sell* o *Willing_to_sell*, por lo que su expresividad está limitada a rechazar o aceptar propuestas. El resultado de la negociación no es satisfactorio porque el beneficio del vendedor es "muy

bajo”.

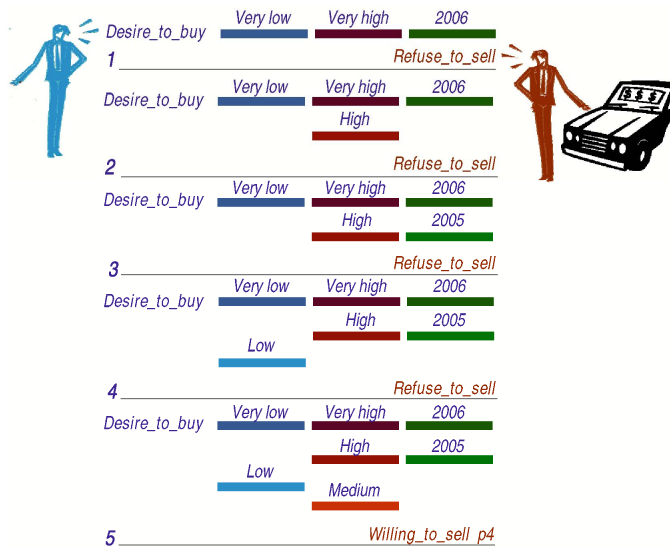


Fig. 6. Ejemplo de diálogo inexpressivo en el que los agentes no utilizan locuciones para expresar preferencias.

La Fig. 7 representa un *diálogo expresivo*. El agente comprador califica cada restricción enviada y el agente vendedor sugiere explícitamente la relajación de restricciones específicas, utilizando las locuciones apropiadas. El diálogo opera de la siguiente manera:

1. El agente comprador afirma que prefiere un coche a un precio *muy bajo*, calidad *muy alta* y año de fabricación *reciente*. Además, destaca la restricción sobre el precio como *muy importante*. El agente vendedor no dispone de coches con estas características, de manera que las restricciones están lejos de ser satisfechas por los productos del catálogo. Por ello, el agente vendedor informa al agente comprador que debería relajar alguna de las restricciones para poder alcanzar un acuerdo.
2. El comprador relaja la restricción sobre calidad, y la califica como muy importante debido a que una futura relajación implicaría una pérdida de satisfacción mayor que si se relajasen las otras dos restricciones. El vendedor analiza la propuesta y selecciona los productos *p2* y *p3* como buenos candidatos futuros de venta. *p2* da un *alto* beneficio, y *p3* está más cerca de los requerimientos de comprador a la vez que proporciona un beneficio razonable (*medio*). Finalmente, el agente vendedor dice que las restricciones sobre el precio o el año deberían relajarse.
3. Esta fase es similar a la anterior.
4. El comprador relaja la restricción sobre el precio y la califica como la más importante. El vendedor cree que el producto *p3* está incluso más cerca de los requerimientos del comprador, por lo que se selecciona como una oferta de venta potencial. Sin embargo, *p2* se descarta porque el precio es calificado como muy importante. Con el objeto de vender *p3*, el agente vendedor informa que la restricción sobre el año

debería relajarse.

5. El agente comprador podría relajar las restricciones sobre el año y calidad. Conforme a las recomendaciones del vendedor el comprador relaja la restricción sobre el año. Finalmente, el resultado de la negociación es *p3*, que es el acuerdo óptimo.

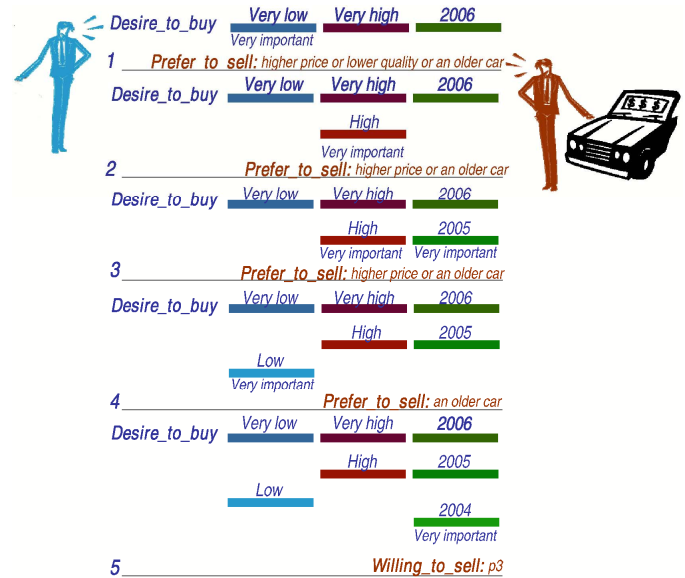


Fig. 7. Ejemplo de diálogo expresivo en el que los agentes utilizan locuciones para expresar preferencias.

Se comprueba cómo ambos agentes se benefician de la revelación parcial de preferencias. Un comprador atiende los requerimientos de relajación de un vendedor con el propósito de seleccionar las propuestas que con más probabilidad van a beneficiar a ambos. Las restricciones pueden valorarse para ayudar al vendedor a hacer una búsqueda más efectiva. El propósito de esta búsqueda es seleccionar las ofertas de venta potenciales más convenientes con el objetivo de generar requerimientos de relajación equilibrados.

V. SIMULACIONES REALIZADAS

Se ha simulado un escenario de feria comercial, donde se ubican 100 vendedores y 100 compradores. Hay diez categorías diferentes de productos, de modo que existen diez grupos de vendedores, donde los vendedores en cada grupo ofrecen solamente una de las categorías de productos. De una manera similar, hay diez grupos de compradores, donde cada comprador en un grupo tiene la necesidad de comprar un producto en la misma categoría. El primer experimento prueba si la fase de búsqueda de mercado se realiza correctamente. Un agente de prueba, que actúa como representante de todos los compradores en la feria comercial, pronuncia una locución que le indica a cada agente comprador que su usuario asociado tiene una necesidad de comprar un producto en una categoría dada. Cada agente comprador en un grupo tiene sus propias preferencias sobre las cualidades de un producto en la categoría correspondiente. Una vez el agente prueba emite la locución de inicio, los agentes comprador inician la búsqueda

de vendedores de productos en la categoría deseada. Los experimentos realizados demuestran que SETH opera correctamente, y cada agente comprador inicia un diálogo de negociación con los correspondientes agentes vendedores. Al final del experimento tenemos diez grupos de negociación, donde cada grupo lo forman diez agentes compradores y diez agentes vendedores.

En el segundo experimento se prueba la fase de negociación. En esta prueba se analiza la tasa del éxito y la utilidad conjunta obtenidas por los agentes compradores y vendedores. Cada agente vendedor posee un catálogo de productos con una utilidad asociada generada aleatoriamente en el intervalo $[0,1]$. Decimos que una negociación es un éxito cuando los agentes alcanzan un acuerdo que es una solución óptima. Para comparar el sistema propuesto con las aproximaciones al problema desarrolladas en trabajos previos [7], generamos dos tipos de experimentos. Primero, se prueba un escenario de diálogo inexpresivo, donde los agentes no emiten requerimientos de relajación ni valoran los requerimientos. Esto significa que el proceso de negociación es simplemente un proceso aleatorio de búsqueda donde la convergencia depende solamente de los criterios de utilidad locales. El segundo conjunto de experimentos presenta diálogos expresivos: los agentes utilizan todas las capacidades expresivas del modelo, emitiendo requerimientos de relajación y valoraciones de requerimientos de compra. La Fig. 8 compara ambos conjuntos de experimentos, mostrando las mejoras porcentuales con respecto a las tasas de éxito y a las utilidades conjuntas obtenidas cuando ambos agentes son expresivos. Podemos ver que la tasa de éxito muestra una tendencia exponencial que depende del tamaño del catálogo de productos. El diálogo inexpresivo genera soluciones al azar, así que la probabilidad de alcanzar soluciones óptimas decrece a medida que el tamaño de los catálogos crece. Por otra parte, el diálogo expresivo permite limitar el espacio de acuerdos de una manera más eficiente. Sin embargo, la ganancia de utilidad relativa decrece a medida que el catálogo se hace mayor, ya que el vendedor dispone de más productos con los que satisfacer al comprador. Esto es, el agente vendedor tiene una alta probabilidad de encontrar un producto con utilidad alta que satisfaga al comprador.

VI. CONCLUSIONES

ANEGSYS es, hasta lo que conocemos, el primer sistema de recomendación para mercados electrónicos locales que se basa en negociaciones bilaterales automáticas. Proporciona un conjunto de recomendaciones individualizadas con el objetivo de guiar al usuario hacia las opciones de compra más interesantes de entre las disponibles. ANEGSYS utiliza una aproximación a la recomendación basada en utilidad, y aunque es cercana a otras aproximaciones [8], introduce dos aspectos diferenciales clave. Primero, utiliza un nuevo mecanismo de negociación bilateral automático para precisar el espacio de búsqueda de una solución mientras se persigue la maximización de la utilidad de los participantes. Además, el modelo de negociación combina restricciones difusas y

argumentación para proporcionar una aproximación más expresiva que conduce a mejores balances entre eficiencia en la búsqueda y revelación de información privada. Estas características hacen a ANEGSYS especialmente adecuado para su funcionamiento en escenarios de mercados electrónicos locales.

ANEGSYS ha sido desplegado sobre la plataforma aquí propuesta SETH, que es una arquitectura basada en agentes para espacios inteligentes, que cumple los estándares IEEE FIPA. SETH permite que ANEGSYS pueda ser fácilmente desplegada en entornos como ferias comerciales, centros comerciales o ciudades inteligentes.

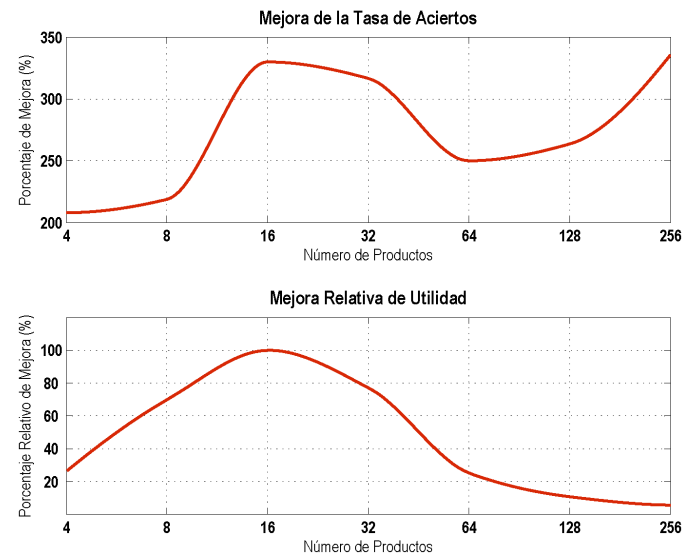


Fig. 8. Mejora medida de la tasa de éxitos y de la utilidad con diálogos expresivos frente a inexpresivos.

REFERENCIAS

- [1] K. Kurbel and I. Loutchko, "Towards multi-agent electronic marketplaces: What is there and what is missing?" *The Knowledge Engineering Review*, vol. 18, no.1, pp. 33-46, 2003.
- [2] D. Dubois, H. Fargier, and H. Prade, "Propagation and satisfaction of flexible constraints," *Fuzzy Sets, Neural Networks and Soft Computing*, pp. 166-187, 1994.
- [3] I. Marsa, M. A. López-Carmona, J. R. Velasco, and A. Navarro, "Seth, a hierarchical agent-based architecture for smart spaces," in *ICPS'06: IEEE International Conference on Pervasive Services 2006*, Lyon, France, pp. 209-302, 2006.
- [4] M. He, N. R. Jennings, and H. F. Leung, "On agent-mediated electronic commerce," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 15(4), pp. 985-1003, 2003.
- [5] M. A. Lopez-Carmona and J. R. Velasco, "An expressive approach to fuzzy constraint based agent purchase negotiation," in *Proceedings of the International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS-2006)*, Hakodate, Japan, pp. 429-431, 2006.
- [6] P. McBurney, R. M. V. Euk, S. Parsons, and L. Amgoud, "A dialogue game protocol for agent purchase negotiations," *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 7, no. 3, pp. 235-273, 2003.
- [7] X. Luo, N. R. Jennings, N. Shadbolt, Ho-Fung-Leung, and J. H. M. Lee, "A fuzzy constraint based model for bilateral, multi-issue negotiations in semi-competitive environments," *Artificial Intelligence*, vol. 148, no.1-2, pp. 53-102, 2003.
- [8] J. Reilly, K. McCarthy, L. McGinty, and B. Smyth, "Dynamic critiquing," in *Advances in Case-Based Reasoning*, ser. Lecture Notes in Computer Science, vol. 3155. Berlin, Germany: Springer Verlag, pp. 763-777, 2004.

BIOGRAFÍAS



Miguel Ángel López-Carmona es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (1999) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Alcalá (2006), España.

Ha ejercido profesionalmente en las empresas del sector de las telecomunicaciones Alcatel y Logytel. Actualmente es Profesor Titular de Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Alcalá, Departamento de Automática, Edificio Politécnico, 28871, Alcalá de Henares, Madrid, España. Sus intereses en

investigación se centran en la teoría y práctica de computación basada en agentes en mercados electrónicos.



Iván Marsá-Maestre es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Alcalá (2004) y candidato a Doctor por la Universidad de Alcalá, España.

Actualmente es Profesor Ayudante de Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Alcalá, Departamento de Automática, Edificio Politécnico, 28871, Alcalá de Henares, Madrid, España. Sus intereses en investigación incluyen los sistemas basados en agentes, entornos inteligentes, y seguridad en agentes móviles.



Juan Ramón Velasco Pérez (M'84) es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (1987) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (1991), España.

Actualmente es Profesor Titular de Ingeniería Telemática en la Universidad de Alcalá donde es coordinador del Grupo de Investigación de Ingeniería de Servicios Telemáticos, Departamento de Automática, Edificio Politécnico, 28871, Alcalá de Henares,

Madrid, España. Sus intereses en investigación se centran en la personalización de servicios basados en agentes.

El doctor Velasco es *acting chair* del *Mobile Agents Working Group* del *IEEE-FIPA Standard Committee*.



Bernardo Alarcos Alcázar es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (1999) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Alcalá (2005), España.

Actualmente es Profesor Titular de Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Alcalá, Departamento de Automática, Edificio Politécnico, 28871, Alcalá de Henares, Madrid, España. Sus intereses en investigación incluyen los sistemas basados en agentes, redes ad-hoc y seguridad en redes.