

Estrategia descentralizada de negociación conjunta de varios productos entre múltiples agentes aplicado a un mercado virtual

Diana Biscay, Romina Torres
Facultad de Ingeniería
Universidad Andrés Bello
Chile

Marcelo Alquintuy, Hernán Astudillo
Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María
Chile

Rodrigo Salas
Escuela de Ingeniería Civil Biomédica
Facultad de Ingeniería
Universidad de Valparaíso
Chile

Resumen—En mercados virtuales basados en sistemas multiagentes, los clientes y proveedores delegan la responsabilidad de comprar o vender un producto o servicio a agentes de software los cuales representan sus preferencias. En este sentido, la formulación de estrategias de negociación descentralizada en sistemas multiagente es clave para lograr que los agentes que participan en una propuesta de licitación puedan alcanzar acuerdos. No obstante, en ambientes donde no existe un ente mediador, no siempre es posible que los agentes lleguen a un consenso que a la vez asegure la máxima utilidad posible en beneficio de sus representados. En este trabajo proponemos una estrategia descentralizada de negociación de manera tal que los agentes puedan negociar en forma conjunta varios productos a la vez donde diferentes propiedades (características) pueden ser consideradas. La estrategia es aplicada a un caso de estudio para el Mercado Virtual de ChileCompra, donde a través del sistema *VirtualMarket* los proveedores generan coaliciones para satisfacer licitaciones que solicitan productos con diferentes restricciones.

Palabras clave: sistema multiagente, negociación, coalición, mercado virtual.

I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas multiagentes, los agentes interactúan entre sí de forma colaborativa con el fin de resolver un problema. En los mercados virtuales, los agentes representan a sus usuarios respecto a los diferentes productos-servicios que están presentes en el contexto de una negociación. En los procesos de negociación, los agentes buscan alcanzar el consenso y formar una coalición con los otros agentes, pero al mismo tiempo buscan maximizar la utilidad de sus representados. De esta forma, los humanos u otros sistemas delegan estas tareas en los agentes para que las ejecuten de forma automática.

En la literatura se han propuestos estrategias de *negociación mediada* o *centralizada* y de *negociación no mediada* o *descentralizada*. En el primer tipo de negociación, un agente u observador externo supervisa que se logren los “mejores” acuerdos. Por otro lado, en la *negociación no mediada*, los agentes implicados negocian y llegan, o no, a acuerdos mediante el envío de mensajes. Además, las negociaciones entre agentes podrían considerar sólo una característica, aspecto o propiedad del producto, o podrían considerar varias propiedades de manera simultánea (*multi-aspecto*), siendo esta última más compleja de resolver.

Lai & Sycara [1] proponen una estrategia para la *negociación sin mediación* entre dos agentes pero que considera varios aspectos. Posteriormente, Zheng et al. [2] realizaron modificaciones a la propuesta del trabajo anterior para incluir *múltiples aspectos* en la negociación en un contexto multiagente, donde interactúan más de dos agentes. En muchas situaciones reales, se requiere además poder incluir varios productos o servicios en el proceso de negociación simultánea, puesto que esta tarea no puede hacerse en forma independiente y requiere que los agentes puedan tener una visión conjunta de los elementos y de los aspectos que están negociando. Por ejemplo, un agente podría estar dispuesto a bajar el precio del producto *A* siempre cuando pueda aumentar el precio del producto *B*. Cuando los agentes además interactúan en virtud de lograr un acuerdo con varios productos o servicios, este problema se conoce como *negociación múltiples elementos*.

En este trabajo se propone una extensión de la estrategia de negociación propuesto por Zheng et al. [2] que permitirá no sólo la inclusión de múltiples elementos a tratar al mismo tiempo, sino también que cada agente pueda estar involucrado en aquellos aspectos de aquellos elementos que para él sean más relevantes. Para ilustrar esta propuesta, se presenta un caso de estudio en un contexto de mercado virtual, específicamente con fines de ser aplicado al mercado *online* de ChileCompra. La propuesta de negociación será implementada en trabajos futuros en el sistema *VirtualMarket* usando la plataforma software para el desarrollo de agentes JADE (Java Agent Development Framework).

El resto de este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la Sección II se destacan algunos de los artículos más relevantes sobre la negociación entre agentes y que están relacionados a este trabajo; luego en Sección III se presenta nuestra propuesta de estrategia de negociación; seguidamente en la Sección IV se introducen los principales conceptos del área de mercados virtuales y en la sección V se entrega un ejemplo como caso de estudio; en la Sección VI concluimos el trabajo y entregamos algunas líneas de trabajos futuro.

II. ESTADO DEL ARTE

En lo que respecta a las estrategias de *negociación centralizada* o *mediada*, destacamos el trabajo de Chalamish & Kraus [3]. En este trabajo, un agente exterior trata de obtener las preferencias de negociación y las analiza; el agente supervisa

la negociación y propone de manera imparcial ofertas a los agentes implicados, tratando de resolver los conflictos. En este caso, los agentes no se comunican entre sí. Por otro lado, en la *negociación descentralizada o no mediada*, los agentes intercambian información y negocian directamente entre ellos. La mayoría de las propuestas de estrategias de *negociación no mediada* se restringen a la negociación entre dos agentes oponentes (por ejemplo un proveedor y un licitador) y un único aspecto (por ejemplo precio).

En la negociación *multi-aspecto* se han presentado estrategias agrupadas en dos grupos. Por un lado las que están basadas en la “Teoría de Juegos” y por el otro lado las que incluyen paradigmas de Inteligencia Artificial. En la “Teoría de Juegos”, las propuestas parten de la premisa que un agente conoce de antemano las preferencias del oponente y, además, asumen que esas preferencias forman funciones de utilidad lineales (por ejemplo las propuestas de Kalai [5] o de Lang & Rosenthal [6]). Situaciones como las anteriores son poco frecuentes en las negociaciones de la vida real, entre ellas las que ocurren en mercados de compra-venta donde la información suele ser incompleta y las funciones de utilidad son privadas y más complejas. En las técnicas basadas en la Inteligencia Artificial, se han propuesto que los agentes adapten sus estrategias en función del tiempo transcurrido de la negociación (idea utilizada por primera vez por Faratin et al. [7]).

En los primeros trabajos tanto de Nash [8] y de Faratin et al. [9], consideran la inclusión de varios aspectos a la *negociación descentralizada*, donde se asume un conocimiento total o parcial de las preferencias del agente oponente, además de utilizar funciones de utilidad sencillas. Buffet & Spencer [10] propusieron una estrategia de negociación de *multi-aspectos* que utiliza técnicas bayesianas, pero aplicable solamente a ciertos tipos de agentes, y por lo tanto, no generalizable. Wu et al. [11] consideró la negociación con más de dos agentes en un contexto de negociación *multi-aspecto* donde los agentes no conocen de antemano las preferencias de sus oponentes. En este último trabajo sólo se consideró una formulación para tres agentes y dos aspectos.

Lai & Sycara [1] proponen una estrategia de *negociación no mediada* para dos agentes oponentes respecto a varios aspectos. En esta propuesta se presenta una *estrategia de concesión* donde los agentes van disminuyendo el valor de su utilidad de manera alternante en proporción al tiempo t considerando una ventana de negociación que dura una cantidad total de tiempos T . Además, en esta propuesta la función de utilidad es privada para cada agente y es estrictamente cóncava. En esta técnica se construyen las *curvas de indiferencia* que se obtienen al variar los parámetros de la función de utilidad sin alterar su valor. Con el fin de entregar una oferta, el agente selecciona aquel punto de su curva de indiferencia que tenga la menor distancia a la oferta entregada por el oponente en un período anterior. Zheng et al. [2] realiza modificaciones a la propuesta anterior para incluir más de dos agentes en la *negociación no mediada*. Zheng et al. propone una estrategia de *proyección secuencial* para la generación de ofertas. Esta estrategia consta esencialmente de dos pasos: a) un paso de *concesión* en el que los agentes reducen su utilidad. Los agentes pueden reducir su utilidad mientras no alcancen su utilidad reserva, que corresponde a

la mínima utilidad aceptable por el agente y b) un paso de *generación de la oferta*, donde el agente utiliza las últimas dos ofertas anteriores de sus oponentes y las suyas para generar una nueva oferta que preserve su utilidad dentro de los márgenes permitidos. Los autores demostraron que si el espacio de factibilidad no es vacío, entonces el método converge a un acuerdo aceptable entre los agentes en tiempo finito. Basados en estos trabajos, nosotros extendemos los resultados para la negociación de multiagentes a *múltiples aspectos y múltiples elementos* (productos o servicios).

III. PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE NEGOCIACIÓN

Consideremos un sistema *multiagente* compuesto por un total de M agentes, $M \geq 2$, donde el agente i -ésimo está dado por A_i . Los agentes buscan alcanzar una coalición donde desean llegar a un acuerdo en la negociación de N elementos (productos o servicios), donde cada elemento E_j , $j = 1..N$, posee K_j atributos o propiedades. Los elementos están definidos como los diferentes objetos (ya sean abstractos o reales) que pueden ser negociables por los agentes, mientras que los atributos corresponden a las características, aspectos o propiedades que presentan los elementos; en este último caso, similar a como se ha señalado en la literatura. Sea $E_j^{(k)}$ el aspecto k -ésimo del elemento E_j , donde $k = 1..K_j$ y $j = 1..N$. Por lo tanto, estamos bajo la presencia de una negociación descentralizada con múltiples elementos y atributos.

A diferencia con respecto a los trabajos realizado por Lai & Sycara [1] o Zheng et al. [2], se considera el grado de participación del agente A_i en la negociación del aspecto $E_j^{(k)}$, por lo cual la variable W_{ijk} toma valor entre en el dominio $\Omega = [0, 1]$, donde

$$\sum_{i=1}^M W_{ijk} = 1 \quad j = 1..N, k = 1..K_j$$

	E_1		E_j		E_N
	$E_1^{(1)} \dots E_1^{(K_1)}$...	$E_j^{(1)} \dots E_j^{(K_j)}$...	$E_N^{(1)} \dots E_N^{(K_N)}$
A_1	$W_{111} \dots W_{11K_1}$		$W_{1j1} \dots W_{1jK_j}$		$W_{1N1} \dots W_{1NK_N}$
\dots					
A_i	$W_{i11} \dots W_{i1K_1}$		$W_{ij1} \dots W_{ijK_j}$		$W_{iN1} \dots W_{iNK_N}$
\dots					
A_M	$W_{M11} \dots W_{M1K_1}$		$W_{Mj1} \dots W_{MjK_j}$		$W_{MN1} \dots W_{MNK_N}$

Cuadro I. NIVEL DE PARTICIPACIÓN DE LOS AGENTES EN LA NEGOCIACIÓN

Cada agente tiene una función de utilidad U_i privada, continua y cóncava con valores entre 0 y 1 ($U_i \in [0, 1]$); donde el valor 0 indica que no tiene utilidad dicha propuesta para el agente, y el valor de 1 es el máximo valor al que puede llegar. Cada agente cuenta, además, con una utilidad de reserva privada (ru_i) también con valores entre 0 y 1 que es el valor de la utilidad para los valores mínimos dispuestos a aceptar por el agente en la negociación, los que son llamados *valores reservados*. Las ofertas que le brinden a un agente una utilidad menor que su utilidad de reserva no son aceptadas por ese agente. Siguiendo lo propuesto por Zheng et al. [2] cualquier punto dentro de la zona de acuerdo se llama un *acuerdo satisfactorio*. En la negociación, por lo tanto, el objetivo es encontrar una oferta que constituya una solución

que se encuentre en esta zona de acuerdo, la cual no es de conocimiento de ningún otro agente salvo él mismo.

La generación de ofertas es realizada por los agentes de manera secuencial en un orden establecido antes del inicio de la negociación. Un recorrido completo de ofertas realizadas por todos los agentes se denominará *ronda*. En cada ronda t un agente tendrá la oportunidad de generar una nueva oferta o aceptar la oferta del agente anterior, siempre cuando el valor de la oferta se encuentre dentro de su conjunto de valores aceptables. Una oferta dada por el agente A_i en la ronda t consiste en un vector de valores

$$\mathbf{x}_i^t = [x_{ij}^{(k)}(t)]_{j=1..N, k=1..K_j}$$

donde la variable $x_{ij}^{(k)}(t)$ corresponde al valor asignado por el agente A_i al aspecto k del elemento E_j en el instante t .

El Algoritmo 1 muestra el mecanismo de negociación del sistema mutiagente. Al inicio de la negociación, cada agente realiza una oferta inicial respecto de cada elemento, la que se expresa en la línea 2. Posteriormente, se realizan las siguientes rondas recorriendo todos los agentes en un orden preestablecido (líneas de la 9 a la 14) hasta que se cierre la negociación o se concluya sin acuerdo.

Algorithm 1 Proceso de Negociación de los Agentes

```

1: for all agente  $A_i, i = 1..M$ , en la negociación do
2:   Generar la oferta inicial  $\mathbf{x}_i^0$ 
3:   Enviar  $\mathbf{x}_i^0$  como mensaje al resto de los agentes
4: end for
5: finalizado  $\leftarrow FALSE$ ;
6:  $t = 0$ ;
7: while NOT finalizado do
8:    $t \leftarrow t + 1$ ;
9:   for cada agente  $A_i, i = 1..M$ , do
10:    EvaluarOfertas( $A_i, t$ );
11:    if se cerró negociación or negociación sin acuerdo then
12:      finalizado  $\leftarrow TRUE$ ;
13:    end if
14:  end for
15: end while
```

Para la evaluación, como se muestra en el Algoritmo 2, primeramente cada agente recibe un conjunto de ofertas \mathbf{X}_t de todos los otros agentes (línea 1). Para cada iteración se calcula la utilidad mínima aceptable, la cual se calcula de manera diferente si es la primera ronda (línea 3) o si es una ronda superior a la primera (línea 14). Para la primera ronda la utilidad mínima s_i para el agente A_i en la ronda t se calcula de la siguiente forma:

$$s_i(1) = 1 - (1 - ru_i) \left(\frac{1}{T} \right)^{\frac{1}{\beta_i}} \quad (1)$$

donde ru_i es la utilidad reservada del agente A_i , T es una estimación del número máximo de épocas y $\beta_i, \beta_i > 0$, es un parámetro privado de la estrategia de reducción del agente A_i . Si el valor del parámetro $\beta_i < 1$, se concede lentamente al

principio, pero rápidamente cuando se acerca el tiempo límite T ; si $\beta_i > 1$, se concede rápidamente al principio, pero poco a poco cuando el tiempo límite T se acerca; y si $\beta_i = 1$, el agente concede de manera uniforme durante toda la negociación (La propuesta fue realizada por Lai, G. & Sycara, K. en [1]).

Algorithm 2 EvaluarOfertas

```

1: Agente  $A_i$  recibe las ofertas de todos los agentes  $\mathbf{X}_{t-1} = [\mathbf{x}_1(t-1), \dots, \mathbf{x}_M(t-1)]$ ;
2: if es la primera ronda,  $t == 1$ , then
3:   Para cada agente  $A_i$  calcular  $s_i(1) \leftarrow 1 - (1 - ru_i) \left( \frac{1}{T} \right)^{\frac{1}{\beta_i}}$ 
4: else
5:   if todos los agentes aceptan las ofertas  $\mathbf{X}_t$  then
6:     Cerrar negociación;
7:     return
8:   end if
9:   if ningún agente cambió su oferta  $\mathbf{x}_i(t-1), i = 1..M$  then
10:    Concluir negociación sin acuerdo;
11:    return
12:   end if
13:   Calcular la reducción de utilidad  $\Delta U_{ir}(t)$  utilizando la ecuación 4;
14:   Calcular  $s_i(t) \leftarrow s_i(t-m) - \Delta U_{ir}(t)$ 
15:   if  $s_i(t) < ru_i$  then
16:      $s_i(t) = ru_i$ ;
17:   end if
18: end if
19: if  $\mathbf{x}_{i-1}(t-1)$  está en su zona de satisfacción then
20:   Aceptar oferta del agente antecesor  $\mathbf{x}_i(t) \leftarrow \mathbf{x}_{i-1}(t-1)$ 
21:   Enviar la nueva oferta  $\mathbf{x}_i(t)$  a todos los agentes
22:   return
23: else
24:   Rechazar  $\mathbf{x}_{i-1}(t-1)$ ;
25:   Determinar el conjunto  $Z_i$  de las ofertas aceptables para el agente  $A_i$  en el tiempo  $t$ 
26:   Calcular  $\mathbf{w}_p \leftarrow \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \mathbf{x}_i(t-1)$ , con  $\mathbf{x}_i(t-1) \in Z_i$ .
27:   Calcular la nueva oferta utilizando el método de proyección:  $\mathbf{x}_i(t) \leftarrow \text{Proy}(\mathbf{w}_p) = \min_{\mathbf{x}} \|\mathbf{x} - \mathbf{w}_p\|^2$ .
28:   Enviar oferta  $\mathbf{x}_i^t$ ; //A todos los agentes.
29: end if
```

Cuando ya se tiene más de una iteración, la reducción de la utilidad mínima depende del cambio de utilidad mínimo percibido $\Delta U_{ij}(t)$ de las últimas dos ofertas de todos los agentes, y para obtenerla cada agente deberá haber propuesto anteriormente como mínimo dos ofertas. Para este último caso se comprueba, además, si la utilidad mínima actual es menor que la reservada, caso en el que se iguala la primera a la segunda (líneas de la 15 a la 17). La negociación concluye satisfactoriamente si el agente i recibe del agente $i-1$ la misma oferta que envió en la ronda anterior, lo cual significa que todos los agentes aceptaron dicha oferta (líneas de la 5 a la 8). Sin embargo, si ningún agente cambia el valor de su oferta de una ronda a otra, es debido que no hay zona factible común a todos los agentes, por lo que no se llegaría a acuerdo (líneas de las 9 a la 12).

Finalmente, si la oferta que recibe el agente i del agente $i-1$ está en su zona de satisfacción la acepta y la envía (líneas

de la 19 a la 22), de lo contrario envía una nueva oferta que es el punto de la nueva *curva de indiferencia* del agente actual i que tiene la menor distancia respecto a la media de las últimas propuestas de cada agente, incluyéndose a él mismo (líneas de la 23 a la 29). La *curva de indiferencia* es calculada en cada iteración, y es la curva que contiene todas las combinaciones de valores de los aspectos que devuelven el mismo valor actual de utilidad mínima para el agente.

IV. APLICACIÓN AL MERCADO VIRTUAL

Para la adaptación a las condiciones del mercado virtual para múltiples productos (elementos) comenzaremos contextualizando de manera resumida los principales agentes presentes en el mercado.

Un *agente licitador (AL)* es quien envía una licitación, la cual contiene la solicitud de un conjunto de productos que desea obtener (por ejemplo, licitación que pide 300 jeringas y 40 kilos de algodón). El licitador, tiene además un conjunto de criterios para evaluar los proveedores que en conjunto, formando una coalición o alianza, le informen que pueden responder a su solicitud. Entre esos criterios se encuentra el precio total de la licitación, y por cada producto la reputación del proveedor que lo proveerá, experiencia global del proveedor, la cantidad o porcentaje de productos que le serán entregados así como el tiempo de respuesta. Estos criterios determinan la función de utilidad del licitador (U_L) como se indica en la ecuación 2.

$$U_L(\mathbf{x}) = \left[\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{K_j} W_{Ljk} (1 - \nu(x_j^{(k)}))^3 \right]^{1/3} \quad (2)$$

donde $U_L(x)$ es la utilidad de la propuesta \mathbf{x} para el agente licitador. K_j es la cantidad de atributos que se considera para cada elemento E_j . W_{Ljk} es el peso otorgado por el agente licitador al atributo k del elemento E_j . $\nu(z)$ es la evaluación del aspecto z por parte del agente licitador, donde $0 \leq \nu(z) \leq 1$.

Por otro lado, se encuentran los *agentes proveedores (APs)* que representan a los proveedores, el cual puede proporcionar diferentes elementos (productos o servicios). Los agentes negociarán con el fin de conformar en forma cooperativa una alianza y de esta forma responder a la licitación generada por el agente licitador. Cada proveedor tiene sus criterios de niveles deseados y reservados para cada aspecto considerado para cada elemento. Por ejemplo, si los aspectos considerados para cada producto son el precio y la cantidad, entonces cada proveedor definirá los *precios reservados* y los *precios deseados*, las *cantidades reservadas* y las *cantidades deseadas*.

La función de utilidad de los agentes proveedores U_{P_i} está definido por la siguiente ecuación:

$$U_{P_i}(\mathbf{x}) = \left[\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{K_j} W_{ijk} \mu(x_j^{(k)})^3 \right]^{1/3} \quad (3)$$

donde W_{ijk} es el peso que asigna el agente i al aspecto k del elemento E_j ; y $x_j^{(k)}$ es el valor del aspecto k del elemento

E_j en la propuesta \mathbf{x} . $\mu(z)$ es la evaluación del aspecto z por parte del agente proveedor, donde $0 \leq \mu(z) \leq 1$

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de función de utilidad considerando dos aspectos. Para el ejemplo se establecieron los pesos de 0.2 y 0.8 para el aspecto 1 y el aspecto 2 respectivamente.

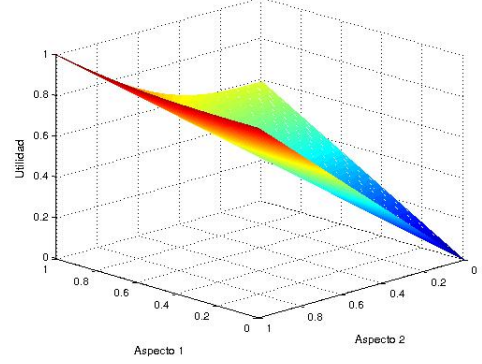


Figura 1. Función de Utilidad con dos aspectos

En nuestro mercado virtual, para el cálculo de la diferencia de las utilidades de una oferta por parte de un agente i , es importante tener en consideración que la oferta propuesta por otro agente r puede variar en aspectos en los no influyen en la utilidad del agente i (donde un AP no participa). Por lo anterior, y a diferencia de lo propuesto por Zheng et al. [2], se propone que el agente mida el cambio en la función de la utilidad con respecto al agente licitador, la cual es además la única utilidad que es conocida públicamente por todos los agentes. Lo anterior queda reflejado en la ecuación 4.

$$\Delta U_{ir}(t) = \min_r |U_L(\mathbf{x}_r(t-1)) - U_L(\mathbf{x}_r(t-2))| \quad (4)$$

donde $\Delta U_{ir}(t)$, es el cambio mínimo de utilidad percibido por el agente i respecto a las ofertas del resto de los agentes r . $\mathbf{x}_r(t-1)$ es la última oferta del agente r ; $\mathbf{x}_r(t-2)$ es la penúltima propuesta del agente r ; y $U_L(\mathbf{x})$ es la utilidad del agente licitador para la oferta \mathbf{x} .

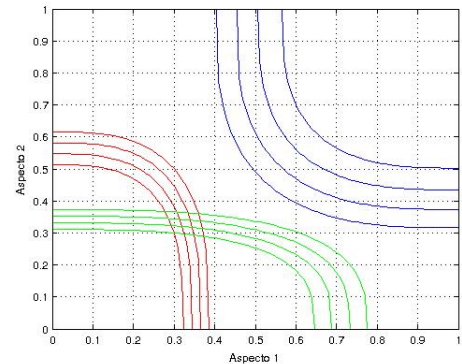


Figura 2. Curvas de indiferencias resultantes para tres agentes

V. CASO DE ESTUDIO

En este trabajo aplicamos la estrategia de negociación a un caso sintético basado en el funcionamiento del Mercado Virtual de ChileCompra. Supongamos que se tienen tres agentes: un agente licitador *AL* y dos agentes proveedores *APs*. El *AL* (A_1) envía una licitación donde solicita un conjunto de productos y además define los *valores deseados* y *reservados* de los atributos de elementos a negociar, que en este ejemplo es el precio. En respuesta a esta licitación se forma una alianza factible entre dos agentes proveedores para responder a la petición del licitador. Tenemos por un lado al A_2 que es un proveedor de jeringas que, para la cantidad de 200 elementos de ese producto, define su *precio deseado* y *reservado* como se observa en el cuadro III. Y por otro lado, el agente A_3 es proveedor de jeringas y de algodón, de modo que define sus *valores deseados* y *reservados* para cada producto como se muestra en el cuadro IV.

1. Agente licitador (agente A_1):

Producto	Jeringas	Algodón
Cantidad	300	40 kilos
Precio Total	60.000	

Cuadro II. PARÁMETROS DEL AGENTE LICITADOR A_1 .

2. Proveedor (agente A_2):

Producto	Jeringas
Precio Reservado	200
Precio Deseado	400
Cantidad	200

Cuadro III. PARÁMETROS DEL AGENTE PROVEEDOR A_2 .

3. Proveedor (agente A_3):

Producto	Jeringas	Algodón
Precio Reservado	200	400
Precio Deseado	800	1000
Cantidad	100	40 kilos

Cuadro IV. PARÁMETROS DEL AGENTE PROVEEDOR A_3 .

En el cuadro V se muestran los valores de las propuestas de los diferentes agentes en la *ronda* 0. El agente licitador en su primera propuesta, distribuye de forma uniforme el precio deseado a cada producto. En el ejemplo, se asumirá que ambos agentes proveedores A_2 y A_3 presentarán los mismos valores de esos criterios, y por lo tanto, para la primera propuesta del *AL* se ha distribuido de manera equitativa el precio al que se venderán los productos en relación al *valor deseado* del agente licitador.

Por otro lado, los agentes proveedores reflejarán en su primera propuesta los valores que maximicen su utilidad, asignando a los aspectos en los que ellos participan el valor 1, y en los aspectos en los que no participan el valor 0, ya que éstos últimos no influyen en su utilidad.

Se ejecutó el algoritmo utilizando varios criterios de disminución de utilidad por ciclo, los resultados se muestran en el cuadro VI.

	Precio Jeringa Agente 2	Precio Jeringa Agente 3	Precio Algodón Agente 3
A_1	20000	20000	20000
A_2	80000/100000	0	0
A_3	0	80000/100000	40000/100000

Cuadro V. VALORES DE LA PRIMERA PROPUESTA DE CADA AGENTE.

Nivel de disminución	Proporción de Participación			utilidad A_1	utilidad A_2	utilidad A_3
0.01	0.42532	0.29025	0.18582	0.984571	0.425257	0.24908
0.005	0.43066	0.28475	0.16922	0.984571	0.430735	0.240715
0.001	0.43613	0.28912	0.08806	0.984571	0.436135	0.240715
0.0005	0.43687	0.28966	0.04962	0.984571	0.436879	0.230293
0.0001	0.43742	0.28889	0.00710	0.984571	0.437428	0.2293
0.00005	0.43754	0.28862	0.00789	0.984571	0.437548	0.22908

Cuadro VI. PROPUESTA FINALES Y UTILIDADES PARA DIFERENTES VALORES DE DISMINUCIÓN

VI. CONCLUSIONES

En los mercados virtuales, la negociación descentralizada que se presenta en este trabajo demuestra la importancia de las negociaciones que ocurren con la participación de múltiples agentes, con varios aspectos de varios elementos, con utilidades complejas y donde los diferentes agentes no tienen conocimiento sobre las preferencias de sus oponentes. En particular, nosotros mostramos que la estrategia de negociación se puede aplicar al mercado virtual de ChileCompra, donde se busca que los agentes logren conformar coaliciones donde ellos colaboran para participar en las licitaciones públicas.

Como trabajo futuro, esperamos validar la propuesta mediante diferentes casos de estudios extraídos del mercado virtual de ChileCompra. Por otro lado, se requieren estudios respecto a la convergencia de los diferentes agentes usando las actuales *curvas de utilidad*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT mediante el proyecto *VirtualMarket: Organizaciones Virtuales de Proveedores para Identificación Dinámica de Oportunidades de Asociatividad*. I Concurso de Ciencia Aplicada del Programa IDeA de FONDEF CONICYT 2012. *FONDEF CA12i10380*

REFERENCIAS

- [1] Guoming Lai and Katia Sycara. A generic framework for automated multi-attribute negotiation. *Group Decision and Negotiation*, 18(2):169–187, 2009.
- [2] Ronghuo Zheng, Nilanjan Chakraborty, Tinglong Dai, and Katia Sycara. Multiagent negotiation on multiple issues with incomplete information: Extended abstract. In *Proceedings of the 2013 International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems, AAMAS '13*, pages 1279–1280, Richland, SC, 2013. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [3] Michal Chalamish and Sarit Kraus. AutoMed: an automated mediator for multi-issue bilateral negotiations. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 24(3):536–564, 2012.
- [4] Ken G. Binmore. Bargaining and Coalitions. In Alvin E. Roth, editor, *Game Theoretic Models of Bargaining*, pages 269–304. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [5] Ehud Kalai. Proportional Solutions to Bargaining Situations: Interpersonal Utility Comparisons. *Econometrica*, 45(7):1623–30, October 1977.
- [6] Kevin Lang and Robert W. Rosenthal. Bargaining piecemeal or all at once? *The Economic Journal*, 111(473):526–540, 2001.

- [7] Peyman Faratin, Carles Sierra, and Nick R. Jennings. Negotiation decision functions for autonomous agents. *Robotics and Autonomous Systems*, 24(3–4):159 – 182, 1998. Multi-Agent Rationality.
- [8] John F Nash. The Bargaining Problem. *Econometrica*, 18(2):155–162, 1950.
- [9] P. Faratin, C. Sierra, and N.R. Jennings. Using similarity criteria to make issue trade-offs in automated negotiations. *Artificial Intelligence*, 142(2):205 – 237, 2002. International Conference on MultiAgent Systems 2000.
- [10] Scott Buffett and Bruce Spencer. Learning opponents’ preferences in multi-object automated negotiation. In *Proceedings of the 7th International Conference on Electronic Commerce*, ICEC ’05, pages 300–305, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [11] Mengxiao Wu, Mathijs de Weerd, and Han La PoutrÃ©. Efficient methods for multi-agent multi-issue negotiation: Allocating resources. In Jung-Jin Yang, Makoto Yokoo, Takayuki Ito, Zhi Jin, and Paul Scerri, editors, *Principles of Practice in Multi-Agent Systems*, volume 5925 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 97–112. Springer Berlin Heidelberg, 2009.