

Algoritmo de negociación para que oferentes negocien su participación de una potencial sociedad

O. Cornejo, M. Alquintuy, R. Torres, H. Astudillo
Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaíso, Chile

D. Biscay, R. Torres
Facultad de Ingeniería
Universidad Andrés Bello
Viña del Mar, Chile

R. Salas
Ingeniería Civil Biomédica
Universidad de Valparaíso
Valparaíso, Chile

Resumen—Las técnicas de negociación proponen estrategias para que los participantes de un negocio puedan alcanzar acuerdos y maximizar sus ganancias de acuerdo a sus preferencias. En particular la estrategia de Zeuthen resuelve problemas de negociación entre un oferente y un demandante, pero no la problemática de cómo dos oferentes pueden llegar a acuerdo primero entre ellos antes de presentar su oferta conjunta a un demandante. En este artículo proponemos un algoritmo de negociación que extiende la estrategia de Zeuthen a negociaciones entre oferentes. La propuesta es validada mediante un estudio de caso en Virtual Market, un sistema de generación de coaliciones virtuales de proveedores de ChileCompra, donde se podrá observar el funcionamiento de la estrategia y el rendimiento del algoritmo propuesto.

Keywords—*estrategia de Zeuthen, negociación, sistema multi-agente, mercado virtual.*

I. INTRODUCCIÓN

Un agente es un componente de software capaz de actuar de manera autónoma para poder cumplir con tareas designadas por un usuario. Un agente tiene capacidades de inteligencia artificial, por lo tanto es capaz de entender y aprender las preferencias del usuario para poder incrementar su eficiencia.

El comercio electrónico mediado por agentes no es un tema nuevo (ya Mingua et al. [2] el año 2003 presenta un estado del arte bastante detallado). Acorde a Viamonte et al. [10] con el aumento del comercio electrónico sobre la Internet, la necesidad de tener agentes que apoyen tanto a compradores como proveedores en comprar y vender sus bienes o servicios ha crecido rápidamente. Una de las aplicaciones exitosas de agentes inteligentes es en los mercados virtuales (MVs). En un MV encontramos a compradores, vendedores e intermediarios [4]. Los MVs pueden ser definidos como instancias donde un conjunto de entidades tratan de ponerse de acuerdo sobre la compra de productos o servicios. Ahora bien, dado que estos mercados virtuales están sobre la Internet la cantidad de potenciales participantes demanda mercados más proactivos donde los potenciales compradores reciban las mejores ofertas en el menor tiempo posible.

En [8] modelamos un mercado virtual de servicios, donde tanto los solicitantes como los proveedores de éstos eran representados por agentes. Específicamente nuestra propuesta proponía hacer frente a la naturaleza pasiva de los proveedores de servicios durante el descubrimiento y proceso de composición (cuando la solicitud requiere servicios de diferente naturaleza) convirtiéndose en entidades activas en un ambiente

colaborativo y altamente competitivo que se asociaban para presentar sus ofertas conjuntas a los solicitantes de servicios. Ahora bien, esta propuesta no consideraba negociación entre los agentes proveedores al momento de realizar la propuesta (no eran capaces de negociar entre ellos su participación en la coalición), sino sólo entre el agente solicitante y cada una de las coaliciones de las que recibía una oferta. Para ello reutilizamos nuestra versión ligeramente modificada de la *Estrategia de Zeuthen* [9], donde agentes proveedores y demandantes disminuían los precios en proporción al tiempo transcurrido desde comenzada su negociación con la ventaja de que no necesariamente debían conocer la función de utilidad del oponente.

Específicamente en este artículo describimos nuestra propuesta que permite que dos oferentes que transan diferentes productos puedan negociar entre ellos su participación antes de presentar una oferta en conjunto a un solicitante.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: la Sección II presenta los trabajos relacionados en la línea de negociación destacando la razón por la cual es incapaz de abordar nuestra problemática; la Sección III presenta el marco teórico que consiste en la estrategia de Zeuthen original; la Sección IV presenta una visión general del algoritmo propuesto; la Sección V se estudia un caso para evaluar la factibilidad del enfoque propuesto mostrando los resultados pertinentes al estudio para finalmente concluir en la Sección VI.

II. TRABAJO RELACIONADO

La negociación entre agentes en mercados virtuales no es un tema nuevo. Ya en 1999, Dasgupta et al. [1] describieron MagNet, un sistema para tranzar electrónicamente bienes o servicios que permitían negociación. Lamentablemente, acorde a nuestros conocimientos, las propuestas consideran negociación sólo entre compradores y proveedores. Viamonte et al. [10] presentaron un simulador de un mercado multiagente diseñado para analizar diferentes estrategias de mercado, modelos de preferencia, algoritmos de precio y preferencias de riesgos. Rau et al. [6] propuso un modelo de negociación entre compradores y proveedores donde no se asume, como en la mayoría de las propuestas, que los agentes conocen la información de sus oponentes. Lopez-Carmona et al. [5] presentaron ANEGSYS, un sistema recomendador para adquisición de productos que usan negociación bilateral automática para generar pre-acuerdos entre compradores y proveedores que son representados como agentes. Zulkernine et al. [11] propuso un sistema que permitía que un agente consumidor

podiera negociar con múltiples proveedores a la vez para encontrar al más adecuado.

En otra línea, Sim [7] critica que la mayoría de los modelos están diseñados para apoyar la negociación en mercados que involucran dos tipos de participantes. Por ello incluye agentes intermediarios (*brokers*) que negocian con consumidores y proveedores con alguna estrategia.

Este trabajo consiste en extender los resultados anteriores con el fin de proponer una estrategia que permita una negociación entre proveedores para participar en forma conjunta en una licitación. En este sentido, los proveedores deben llegar a un acuerdo entre ellos sobre su participación individual en la oferta.

III. MARCO TEÓRICO

La Estrategia de Zeuthen simula el proceso de negociación comparando ganancias y pérdidas. Mide la disposición de cada agente a arriesgar conflicto. Los agentes calculan la utilidad para varios casos y acorde a esta información, ellos toman sus decisiones. En cada ronda un agente determina la pérdida de su utilidad debido a la aceptación de la oferta rival y pérdida debido a rechazar la oferta y entrar en conflicto (un conflicto tiene una utilidad de 0). La relación de estos elementos es el riesgo calculado para el agente en particular [3].

A continuación se define el riesgo:

$$Riesgo_i(\delta_t^{(i)}, \delta_t^{(j)}) = \begin{cases} 1, & \text{si } Utilidad_i(\delta_t^{(i)}) = 0 \\ \frac{Utilidad_i(\delta_t^{(i)}) - Utilidad_i(\delta_t^{(j)})}{Utilidad_i(\delta_t^{(i)}) - U_i(C_i)} & \text{en el caso contrario} \end{cases} \quad (1)$$

donde t es la iteración de la negociación; i es el agente que toma la decisión; j es el agente oponente; $\delta_t^{(i)}$ es la oferta realizada por el agente i en el paso t ; $Utilidad(\delta_t^{(i)})$ es la utilidad del agente i en el paso t de acuerdo a su propia oferta; $Utilidad_t(\delta_t^{(j)})$ es la utilidad del agente i en el paso t de acuerdo a la oferta del agente j ; $U_i(C_i)$ es la utilidad del conflicto para el agente i .

El riesgo es el indicador de cuánto un agente esta dispuesto a arriesgar en una negociación aceptando la última oferta. A medida que el riesgo se incrementa, el agente estará menos dispuesto a conceder en una negociación. La utilidad de conflicto para cada agente en el modelo se supone que es 0. La utilidad de las ofertas se calcula utilizando las curvas de utilidad de cada agente. Utilizando su curva de utilidad en cada iteración, el agente calcula la utilidad desde su oferta previa y desde la utilidad de la oferta del oponente.

La Estrategia de Zeuthen usa agentes informados, de esta forma los agentes son capaces de acceder al valor de reserva del oponente. Esta información y la primera oferta recibida desde el agente oponente son usadas para calcular la curva de utilidad del otro agente y su riesgo para esa iteración. Ya con esta información, el riesgo del oponente es comparado con el riesgo del agente que inicia, si el riesgo del oponente es mayor que el riesgo del agente que inicia, entonces se llega a una concesión. El valor de esta concesión es el valor mínimo

que hace que el riesgo del agente opositor sea igual o menor que el riesgo del agente que inicia [3].

Es importante destacar que la negociación lograda mediante la Estrategia de Zeuthen es para un sólo elemento, es decir que solo permite que un oferente pueda negociar un producto con uno o varios compradores a la vez. Ha sido demostrado además que permite encontrar soluciones *Pareto-Optima* y que maximiza el producto de *Nash*

IV. PROPUESTA

En este trabajo se propone un algoritmo de negociación que permite que dos oferentes puedan negociar y llegar a un acuerdo mediante un proceso de conversación entre agentes inteligentes, que participan en elementos diferentes pero con un fin común, es decir, formar una coalición (no necesariamente respondiendo a un tercero que lo solicita).

Dada las propiedades de la Estrategia de Zeuthen, se decide por utilizar este algoritmo de negociación como base para desarrollar nuestra propuesta. En la implementación propuesta, siguiendo los lineamientos de la Estrategia de Zeuthen, se propone que los agentes solo conozcan la propuesta y el riesgo de los otros agentes co-habitantes del sistema, de esta manera se mantiene una mejor abstracción, encapsulación del sistema y se tendrán agentes inteligentes informados de lo mínimo.

Algorithm 1 Negociación de Zeuthen modificada

```

1:  $P_i \leftarrow \arg \max V_i$ 
2: Agente  $i$  propone  $P_i$ 
3: if Agente  $j$  acepta o rechaza oferta  $P_i$  then
4:   Se cierra negociación
5:   return
6: end if
7: while  $Risk_i < Risk_j$  do
8:   Agente  $i$  recibe propuesta  $P_j$ 
9:   if  $U_i(P_j) \geq U_i(P_i)$  then
10:    Acepta  $P_j$ 
11:    return
12:   end if
13:   if  $U_i(P_i) == 0$  then
14:      $Risk_i = 1$ 
15:   else
16:      $Risk_i \leftarrow \frac{U_i(P_i) - U_i(P_j)}{U_i(P_i)}$ 
17:   end if
18:   Agente  $i$  envía  $Risk_i$  a Agente  $j$ 
19:   Agente  $i$  recibe  $Risk_j$  desde Agente  $j$ 
20:   if  $Risk_i < Risk_j$  then
21:      $P_i \leftarrow P_i'$ 
22:     if  $C_i == R_i$  then
23:       Agente  $i$  rechaza oferta  $P_j$ 
24:       return
25:     end if
26:   end if
27: end while

```

El algoritmo 1 muestra el funcionamiento de la técnica propuesta. En este algoritmo de negociación propuesto, un agente i evalúa la utilidad que virtualmente obtendría aceptando la oferta de la contraparte. Es importante notar que la utilidad de un agente es el cociente de la diferencia entre el precio de

propuesta menos el precio de reserva con la diferencia entre el precio deseado y el precio de reserva. Entonces, cada agente calcula su propia utilidad con la oferta de la contraparte y también estiman el riesgo asociado a la operación. Consecuentemente, el agente con menos riesgo debe ceder y reducir su oferta. Específicamente el nuevo precio que ofrecerá ese agente será el precio de paga por el producto multiplicado por un factor de conversión. Este factor de conversión se determina con la misión de evitar que oponentes manejen la información reservada de sus contrincantes de manera que no se aprovechen de esta. Dicha constante se calcula usando el mínimo valor entre:

- Un factor constante de 0,99
- Un factor determinado por $1 - 0,5 \cdot (Riesgo_j - Riesgo_i)$

Una vez que se determinaron los nuevos precios que ofrecerá cada parte, se envían y comienza un nuevo ciclo de negociación.

V. CASO DE ESTUDIO

El Mercado Público es una plataforma de licitaciones de ChileCompra, un ambiente donde las empresas chilenas ofertan y demandan productos y servicios de toda índole. Mediante esta plataforma se transan la gran parte de los bienes y servicios de las entidades públicas, donde los contratos se generan a partir de pre-acuerdos realizados en este sistema. Uno de los objetivos de esta plataforma es transparentar y hacer más eficiente los procesos de contratación de productos y servicios entre compradores y licitadores del estado.

En base a esta necesidad se desarrolla *Virtual Market*, un sistema multi-agentes que es capaz de identificar oportunidades de asociatividad entre distintas empresas que además de notificar a las distintas sucursales¹ cuando se inicia una licitación relevante para ellas (acorde a sus rubros), también informa la conveniencia de presentarse ante un negocio como una alianza con otros proveedores complementarios. En este sentido, este artículo realiza una extensión de la Estrategia de Zeuthen para permitir que agentes representantes de los intereses de los proveedores puedan negociar su participación en la alianza acorde a los productos que proveen decidiendo cual debe ser el precio al que debe vender cada uno.

V-A. Implementación de agentes en Virtual Market

La tecnología elegida para implementar agentes inteligentes en *Virtual Market* fue JADE². En términos arquitecturales el contenedor JADE está embebido como un *plugin* dentro de la JVM que levanta Grails (Framework de aplicaciones web sobre la que se construye el sistema). En el diagrama de la figura 1 se muestra la interacción de algunos componentes y flujo de información con el contenedor de agentes en el sistema. En primera instancia cabe destacar que los componentes mostrados son accesibles o invocables mediante la interfaz gráfica.

¹Es importante notar que un proveedor puede tener múltiples sucursales cuyas reglas de negocio no necesariamente son las mismas, por tanto en este trabajo, cada sucursal de un proveedor es representada por un agente independiente.

²<http://jade.tilab.com/>

Las principales interacciones que se tienen con el contenedor JADE son tres; la primera es para activar a los agentes que representan a los proveedores del sistema, la segunda tiene relación con la formación de alianzas, es decir cuando se notifica el inicio de una licitación existe un servicio de coaliciones que interactúa con el contenedor JADE y les comunica a todos los agentes que están activados que deben empezar a “conversar” entre ellos para generar coaliciones, según condiciones de satisfacción de licitaciones. La tercera interacción que se posee con el contenedor está relacionada con el proceso de negociación, en esta se define un servicio que se encarga de crear, modificar, eliminar instancias de negociación y lo más importante coordinar las “conversaciones” entre agentes del contenedor.

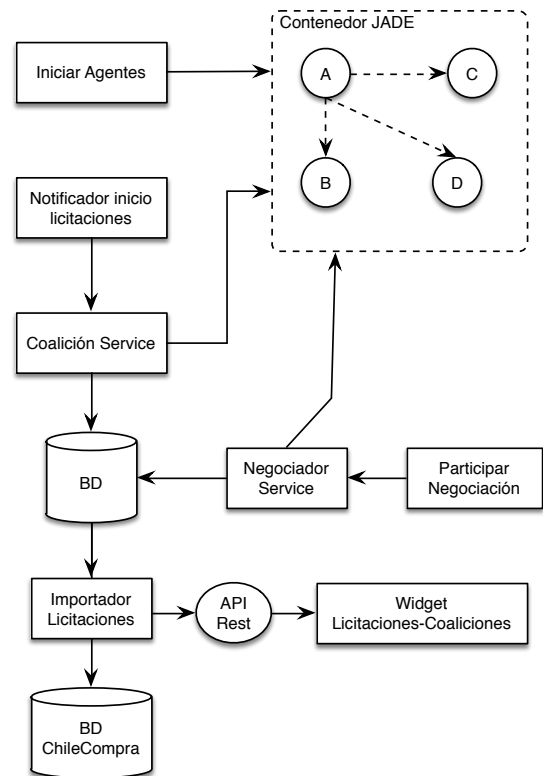


Figura 1: Diagrama conceptual de agentes en *Virtual Market*

V-B. Diseño de experimentos

Para mostrar el correcto funcionamiento de la formación de alianzas y negociaciones, se realizará un primer experimento cuyo objetivo es estudiar el rendimiento del proceso en un ambiente real. Por lo tanto estudiaremos para una licitación el tiempo que demora en generar alianzas válidas cuando la cantidad de agentes va aumentando. Para ello se deben realizar los siguientes pasos en la plataforma:

1. Levantar en el sistema n agentes.
2. Iniciar una licitación indicando plazos, presupuestos y criterios de evaluación con sus respectivos porcentajes de ponderación.

- Los agentes activos comienzan a “conversar” formando alianzas, según los rubros que satisfagan de la licitación cada sucursal del sistema

Mediante este proceso se medirá la cantidad de alianzas que se forman, el tiempo que este proceso toma y la cantidad efectiva de agentes que participan en la actividad.

En nuestro segundo experimento mediremos los tiempos que toman los agentes en negociar, variando la cantidad de negociaciones simultáneas en el sistema observando la cantidad de veces que los agentes modifican sus precios y como varían sus funciones de utilidad y riesgo acorde a ello. Es importante notar que el proceso de negociación en Virtual Market ocurre de la siguiente manera:

- El proceso inicia teniendo como requisito que las alianzas ya hayan sido conformadas.
- Cada sucursal de la alianza debe ingresar sus precios de reserva y deseados
- Cuando el último integrante de la alianza ingresa sus precios se gatilla la negociación.
- Cada agente sucursal de la alianza “regatea” los precios de la negociación de acuerdo a una función que le permite obtener la utilidad y el riesgo de cada nueva negociación acordada. En el caso que las partes estén de acuerdo, se dice que la alianza está conformada.
- En el caso que las alianzas no logren llegar a un acuerdo, incluso después de varias negociaciones intermedias, se determina que la alianza fue fallida

Para el experimento se utilizarán las siguientes licitaciones, que tienen la particularidad de solicitar dos productos de diferente naturaleza:

- ID Licitación:** 656236-1-LE13
- Nombre:** Adquisición de estufa de secado y conductímetro

Con los siguientes productos:

- Producto 1**
 - Nombre:** Contadores de conductividad
 - Rubro:** (37036) Instrumentos y accesorios para mediciones electroquímicas
- Producto 2**
 - Nombre:** Secadores de aire
 - Rubro:** (37333) Equipo de secado industrial

La segunda licitación:

- ID Licitación:** 1088-2-LP13
- Nombre:** Diseño Parque Botánico Regional

Los productos son los siguientes:

- Producto 1**
 - Nombre:** Servicios temporales de arquitectura
 - Rubro:** (38231) Servicios de personal temporal
- Producto 2**

- Nombre:** Estudios para localización de proyectos
- Rubro:** (38223) Gestión de proyectos

V-C. Discusión de resultados

Para la ejecución de las pruebas se utilizó una máquina con las siguientes características:

- RAM:** 8 GB
- OS:** OS X 10.9.3 (13D65)
- Procesador:** Intel(R) Core(TM) i5-3330S CPU @ 2.70GHz

De acuerdo a los experimentos ejecutados en *Virtual Market*, los resultados fueron los siguientes; para la formación de alianzas de una licitación se decidió medir distintas variables, tales como tiempo de ejecución del algoritmo, alianzas formadas, número de agentes que integraron las alianzas, y como variable independiente el número de agentes que se decidió utilizar por cada iteración.

Los resultados se pueden apreciar en el cuadro I. A partir de estos datos, se decidió en primera instancia analizar la generación de alianzas versus el número de agentes que se utilizó en cada iteración; la conclusión que se obtuvo y que es posible observar en la figura 2 es que a medida que la cantidad de agentes activos en el sistema aumenta, también lo hace el número de alianzas y el número de agentes que participan en las alianzas, pero si se aumenta la cantidad de agentes activos a un número mayor o igual a 100 dichos números se estabilizan y por ejemplo la cantidad de alianzas formadas bordean los 700 por iteración y de 100 en el número de integrantes por alianza.

Cuadro I: Generación de coaliciones de una licitación

Agentes activos del rubro	Cantidad de agentes que participan en alguna alianza	Número de alianzas creadas	Tiempo de ejecución [s]
10	0	0	0
50	50	209	2,21
100	100	688	2,46
150	100	558	2,66
205	100	581	16,38

En el caso de formación de alianzas de dos licitaciones, lo que se realizó fue levantar 803 agentes, es decir todos los agentes proveedores que cumplen con los rubros de ambas licitaciones (656236-1-LE13 y 1088-2-LP13). De este proceso se generaron 1.312 alianzas y el tiempo de ejecución fue de 5,75 segundos.

En el caso de las negociaciones se realizó dos tipos de pruebas, en el primer test se trabajó con una sola licitación. Para esta misma licitación se realizaron 13 iteraciones donde la meta fue ver si variando los precios deseados, reserva y presupuesto variaban realmente los resultados de la negociación. En el cuadro II se muestra el presupuesto inicial de la negociación y se observan los resultados de convergencia de cada test, en este caso se observa que en 10 de los 13 casos el resultado fue positivo.

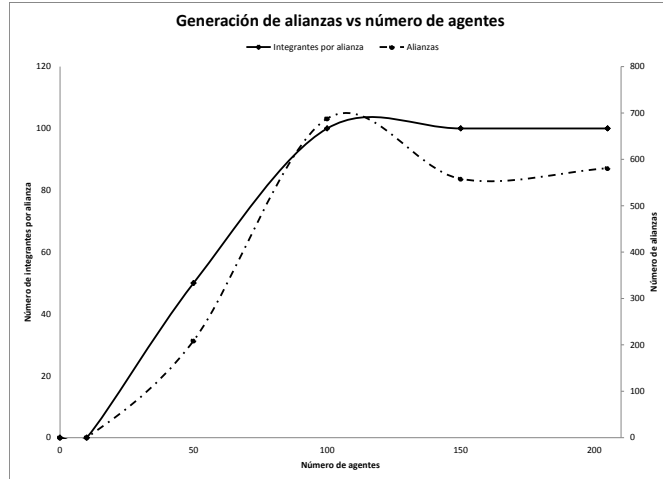


Figura 2: Generación de alianzas v/s número de agentes

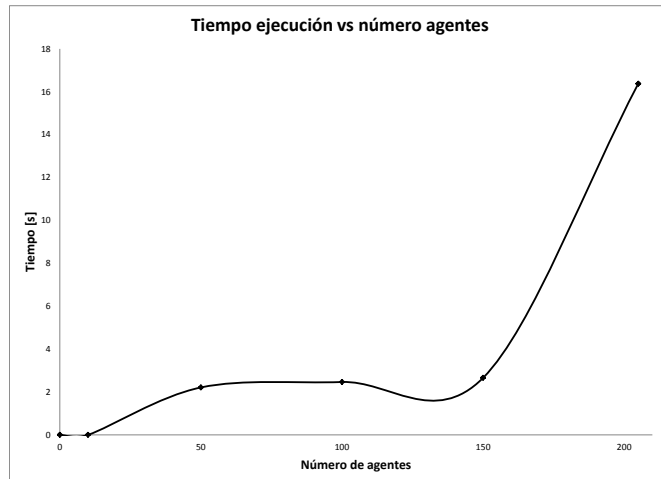


Figura 3: Generación de alianzas v/s tiempo de ejecución del algoritmo

En el cuadro III es posible observar el efecto de la variación de precios en el número de rondas que tuvo cada test y la relación que existe entre los precios deseados de cada parte, su riesgo y el valor finalmente obtenido en cada negociación realizada.

En segunda instancia se decidió medir como afectaba al rendimiento del sistema el que hubieran n negociaciones simultáneas. Para esto, en cada iteración se simulaban un determinado número de negociaciones para licitaciones totalmente diversas y se midió el tiempo de ejecución del proceso y el número de rondas totales para cada iteración. Los resultados se pueden ver en el cuadro IV.

Cuadro II: Datos

Test	Convergió	Presupuesto
1	Sí	300
2	No	120
3	Sí	320
4	No	110
5	Sí	1002
6	Sí	1000,5
7	Sí	20003
8	Sí	20010
9	No	30
10	Sí	55
11	Sí	2000
12	Sí	3000
13	Sí	4000

Cuadro III: Resultados de las Negociaciones

Test	#rondas	Utilidad P1-P2	Precio P1-P2	Precio Final
1	1	1 - 0,35	60 - 500	60 - 240
2	19	0,0001 - 0,05	60 - 500	50 - 120
3	1	1 - 0,9647	6 - 300	6 - 314
4	110	0,0001 - 0	6 - 300	2 - 110
5	1	1 - 0,02	1 - 1050	1 - 1.001
6	70	0,5 - 0,0001	1 - 1050	0,5 - 1.000
7	121	0,2 - 0,0001	10 - 20030	2,99 - 20000,01
8	1	1 - 0,0001	10 - 20030	10 - 20000
9	92	0,0001 - 0	0,5 - 60	0,2 - 30
10	1	1 - 0,45	0,5 - 60	0,5 - 54,5
11	138	0,0001	2000 - 2000	1000 - 1000
12	58	0,49 - 0,51	2000 - 2000	1494,35 - 1505,65
13	0	1	2000 - 2000	2000 - 2000

Lo que se puede observar que los tiempos no se ven excesivamente aumentados a medida que se incrementa la cantidad de negociaciones simultáneas del sistema.

Cuadro IV: Tiempo de negociaciones simultáneas

Test	# alianzas simultáneas	# rondas	Tiempo ejec.[s]
1	1	15	2,51
2	2	30	0,21
3	4	48	0,35
4	5	72	0,39

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las negociaciones en mercados virtuales no han sido completamente abordadas y este trabajo presenta un avance en cuanto refiere a la generación de coaliciones y negociaciones entre dos agentes que desean negociar productos y maximizar sus ganancias, considerando que los proveedores muchas veces poseen utilidades complejas y no manejan información sobre otros proveedores. En el contexto descrito, los estudios existentes son pocos y las investigaciones relacionadas son incipientes, pero ninguna de ellas logra incluir casos donde se negocien productos entre oferentes y particularmente no el mismo producto, es decir que complementen una licitación. La relevancia de este trabajo radica en este punto, en que basándose en trabajos anteriores se logra adaptar una estrategia para solucionar una problemática que no sólo aplica para el caso particular del mercado virtual en Chile, sino que puede ser usado en cualquier mercado virtual-electrónico.

Ahora bien, las limitaciones de esta propuestas condicen con la incapacidad del algoritmo para sostener negociaciones entre más de dos agentes a la vez, característica fundamental

para poder implementar estos desarrollos en ambientes reales. Con lo dicho anteriormente, como trabajo futuro se desarrollará una propuesta que si permita que oferentes negocien su participación de la sociedad cuando las licitaciones pidan más de dos productos.

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] P. Dasgupta, N. Narasimhan, L.E. Moser, and P.M. Melliar-Smith. Magnet: mobile agents for networked electronic trading. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 11(4):509–525, Jul 1999.
- [2] Minghua He, N.R. Jennings, and Ho fung Leung. On agent-mediated electronic commerce. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 15(4):985–1003, July 2003.
- [3] Kivanc Karakas, Irem Dikmen, and M Talat Birgonul. Multiagent system to simulate risk-allocation and cost-sharing processes in construction projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(3):307–319, 2012.
- [4] Kostas Kolomvatsos, Christos Anagnostopoulos, and Stathes Hadjiefthymiades. Sellers in e-marketplaces: A fuzzy logic based decision support system. *Information Sciences*, 278:267–284, 2014.
- [5] Miguel A Lopez-Carmona, Ivan Marsa-Maestre, J.R. Velasco, and Bernardo Alarcos Alcazar. Anegsys: An automated negotiation based recommender system for local e-marketplaces. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, 5(6):409–416, Oct 2007.
- [6] Hsin Rau, Chao-Wen Chen, and Wei-Jung Shiang. Development of an agent-based negotiation model for buyer-supplier relationship with multiple deliveries. In *Networking, Sensing and Control, 2009. ICNSC '09. International Conference on*, pages 308–312, March 2009.
- [7] Kwang Mong Sim. Complex and concurrent negotiations for multiple interrelated e-markets. *Cybernetics, IEEE Transactions on*, 43(1):230–245, Feb 2013.
- [8] Romina Torres and Hernan Astudillo. A market-based approach to the dynamic reconfiguration problem of service-based systems. *International Journal of Innovative Computing Information and Control*, 10(1):115 –132, february 2014.
- [9] Romina Torres, Denise Rivera, and Hernán Astudillo. Web service compositions which emerge from virtual organizations with fair agreements. In Gordan Jezic, Mario Kusek, Ngoc Thanh Nguyen, Robert J. Howlett, and Lakhmi C. Jain, editors, *KES-AMSTA*, volume 7327 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 34–43. Springer, 2012.
- [10] M.J. Viamonte, C. Ramos, F. Rodrigues, and J.C. Cardoso. Isem: a multiagent simulator for testing agent market strategies. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 36(1):107–113, Jan 2006.
- [11] Farhana H. Zulkernine and Patrick Martin. An adaptive and intelligent sla negotiation system for web services. *IEEE Transactions on Services Computing*, 4:31–43, 2011.