

Negociación Distribuida y Semi-Centralizada en Sistemas Multiagentes : Dos Modelos Propuestos

Francisco José Camargo Santacruz
fcamargo@campus.cem.itesm.mx

Rafael Martínez Casanova
rmartine@campus.cem.itesm.mx

Fernando Ramos Quintana
framos@campus.mor.itesm.mx

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Morelos (ITESM-MOR)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México (ITESM-CEM)

Resumen

Dentro del estudio de los sistemas multiagentes, existen diversos problemas siendo uno de los más complejos el de la NEGOCIACIÓN debido a la interacción que realizan los agentes cooperantes, a la comunicación entre los mismos, al tipo y tamaño de los problemas que ataca, entre otros factores. En este trabajo se proponen dos nuevas estrategias de negociación en sistemas multiagentes que pueden contribuir a disminuir dicha complejidad. La primera de ellas se aplica en la negociación distribuida y se basa en lo que nosotros llamamos el modelo del "PANAL". En la segunda analizamos la negociación semi-centralizada con base en el modelo que llamamos de "BALÓN DE FÚTBOL". En este artículo mostraremos que la disminución de la complejidad puede realizarse con base en la configuración o la manera como están organizados y distribuidos los agentes. De los dos modelos mencionados se describe su funcionamiento y su arquitectura.

Palabras Claves

Sistemas Multiagentes (SMA), Negociación, Inteligencia Artificial Distribuida (DAI).

1. Introducción

Un agente es una entidad de un universo del problema, el cual tiene la capacidad de:

1. Comunicarse, mediante un lenguaje, con otros agentes.
2. Interactuar a través de un protocolo.
3. Tener un comportamiento distintivo y bien definido.

Un conjunto de agentes que interactúan entre sí para lograr un objetivo en común se conoce como un sistema multiagente (SMA) cooperante [ASTED 95], el cual se encuentra inmerso en un medio ambiente de trabajo.

En ciertos dominios de aplicación, cuando un grupo de agentes interactúa y coopera para lograr un objetivo, la naturaleza diferente de los agentes, y por ende sus intereses, puede ocasionar conflictos que afecten la satisfacción del objetivo(s) planteado(s) [Sycara 91]. Estos no siempre se pueden llegar a resolver con la comunicación, interacción y comportamiento de los agentes, requieren de un mecanismo adicional, común en el ser humano, llamado NEGOCIACIÓN.

¿Qué es negociación en sistemas multiagentes?.

Entendemos por negociación un proceso de ayuda a la solución de conflictos entre agentes utilizando mecanismos de comunicación y un conocimiento propio del problema, buscando mediante una aportación común la solución global del conflicto.

El concepto de conflicto.

Según [Larousse 87], conflicto: choque, combate, lucha de sentimientos contrarios, antagonismo, situación difícil.

Un conflicto es una situación problemática dentro del SMA, la cual se da cuando se contraponen las acciones o soluciones de dos o más agentes al intentar llegar a la solución común, esto significa que cuando un agente ve afectados sus intereses por las decisiones de otro agente en esta búsqueda, se produce el conflicto. Tales conflictos son comunmente resueltos a partir de mecanismos de negociación. Esto puede llevarse de la mejor manera, cuando esta soportada por mecanismos de comunicación adecuados o por herramientas de ayuda como el CBR (razonamiento basado en casos), el cual propone un conjunto de experiencias a ser adaptadas para resolver problemas originados por los conflictos [Sycara 91]. Sin embargo, la organización, o configuración, de los agentes ha sido poco tomada en cuenta para ayudar al proceso de NEGOCIACIÓN. Este trabajo propone tal enfoque.

El estar en una situación problemática implica que los agentes están en desacuerdo respecto a las decisiones tomadas por los otros participantes al intentar solucionar el problema o posiblemente falta información sobre el mismo, más no que actúan "de mala fe" o en busca de imponer sus intereses particulares.

Diferentes autores dan por obvio el concepto de conflicto, además otros definen clasificaciones propias o tipos de conflictos de acuerdo a su problema particular como [Pelled 94], [Khedro 9?], entre otros.

El concepto de la coordinación.

De [Larousse 87], coordinación es el acto de coordinar. Coordinar es disponer las cosas metódicamente, reunir esfuerzos para un objetivo común.

Según [Stirling 91], cuando un agente toma una decisión y esta se toma de manera independiente (sin tomar en cuenta las decisiones y criterios de decisión de otros agentes), se dice que este agente está **descordinado**, en caso contrario el agente está **coordinado**.

La coordinación requiere que los agentes posean cierta información de decisiones tomadas por otros agentes. La comunicación entre agentes toma un papel primordial dentro del proceso de coordinación. La **coordinación total** se da cuando cada agente posee información relevante del medio ambiente y puede optimizar sus decisiones de acuerdo a sus propios criterios.

[Conry 91] propone un esquema de coordinación basado en la teoría de conjuntos, donde define el conjunto conflicto como el agrupamiento de aquellas sub-metas o sub-objetivos que forman una situación problemática entre agentes. El mecanismo de coordinación está basado en la habilidad de los agentes para identificar las sub-metas que producen conjuntos de conflictos, para

llegar a una situación estable en el futuro. La información intercambiada entre los agentes son los conjuntos de conflictos. La negociación se produce cuando un intercambio de información produzca una situación problemática en el agente receptor.

La coordinación en un SMA la entendemos como la característica del sistema de poder organizarse para tomar las decisiones en conjunto, ya sea a través de un mecanismo tipo pizarrón, un protocolo o de un agente "moderador" o "facilitador" especialmente diseñado para cumplir con esta función. [Griffeth 93], [Zlotking 91], [Cacciabue 92].

2. Proceso de negociación.

El llevar a cabo el proceso de negociación implica diferentes etapas, las cuales pueden ser tan complejas como se diseñe el mismo o como el problema lo requiera. Se plantean tres etapas dentro de este proceso:

1. Inicio de negociación
 - Etapa en la cual se da inicio al proceso de negociación, se determinan los participantes en el mismo registrándolos e identificándolos.
2. Rondas de negociación
 - Iteración e intercambio de información entre los participantes en la negociación.
3. Terminación de la negociación
 - Tiene dos posibles estados terminales, si es exitosa, se envía el resultado de los acuerdos tomados a los participantes para que ellos los tengan en cuenta y los utilicen, en caso contrario, se indica que no hay solución posible bajo las condiciones actuales y se permanece en conflicto.

En general, el proceso de negociación se puede englobar en el esquema de las tres etapas como lo vemos en la figura 1, teniendo diferentes implementaciones para la coordinación, el intercambio de mensajes, la definición de un conflicto dentro del dominio problema, entre otros.

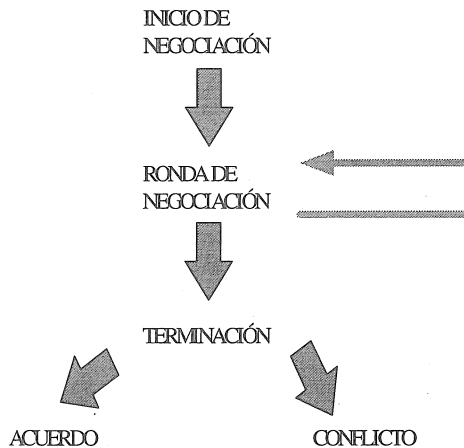


Figura 1

Además que se puede enriquecer con otros mecanismos, como lo vemos en la figura 2, tomada de [Sycara 91].

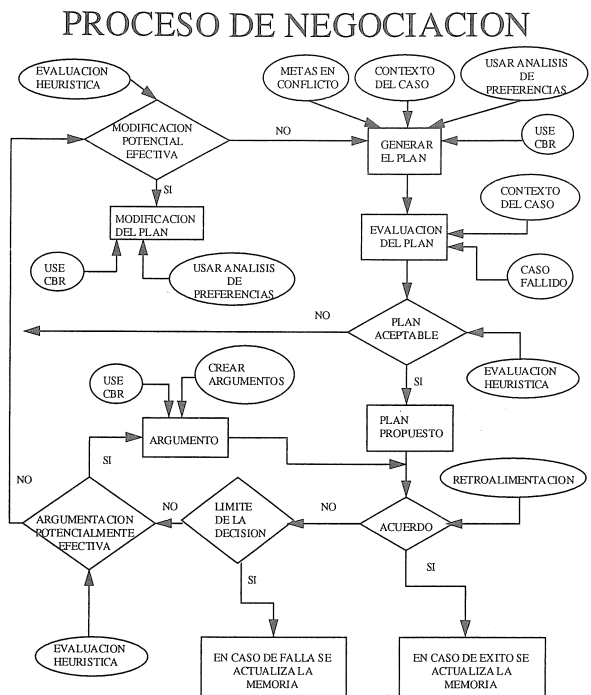


Figura 2

3. Estrategias de negociación

Se vio anteriormente en forma general el proceso de negociación en SMA. A continuación describiremos diferentes estrategias mediante las cuales se han implementado mecanismos de negociación, los cuales ven desde su punto de vista particular este problema.

Negociación progresiva.

[Kedro 9?] plantea el utilizar la estrategia de negociación progresiva para resolver conflictos entre agentes heterogéneos cooperativos y distribuidos, buscando:

- Minimizar el backtraking (reintento) a soluciones previas,
- Asegurar la consistencia entre los agentes en la solución global,
- Convergir a una solución global satisfactoria.

Como estructura de la solución utiliza un agente FACILITADOR, el cual coordina la interacción entre los agentes cooperativos, de la siguiente manera:

- Comunicando mensajes,
- Identificando conflictos,
- Utilizando negociación como una forma de resolver los conflictos.

Un conflicto crítico es aquel en el cual su solución es inconsistente con el conocimiento local de un agente, con la solución parcial o con el conjunto de criterios del mismo.

La estrategia de resolución de conflictos, basada en la negociación progresiva considera que los conflictos críticos se deben resolver, en los otros se liberan ciertos criterios o restricciones. El proceso de negociación es el siguiente:

1. Se selecciona la porción del conocimiento o los criterios que no sean consistentes con la solución.
2. Se envían al facilitador.
3. El facilitador envía este conocimiento a los agentes interesados en el mismo.
4. Verifican si es o no consistente con su conocimiento o con sus criterios.
 - Si no es consistente con el conocimiento entonces no hay solución.
 - Si es consistente entonces actualizan sus criterios y la nueva solución .
5. Se envía la solución al facilitador.
6. El facilitador la envía a los agentes interesados.

Negociación con moderador.

En las estrategias de negociación que incluyen el concepto del “moderador” (facilitador, arbitro [Hewitt 91], coordinador [De Paoli 94], [Kuhn 93]), se definen como funciones del mismo las siguientes:

- Comunicación entre agentes,
- Registrar y mantener el estado de los participantes en la negociación,
- Convertir los mensajes de acuerdo a los lenguajes utilizados, cuando sea necesario,
- Enviar mensajes de control cuando se requiera.

En este esquema podemos observar un control centralizado para el intercambio de información, además una interacción indirecta de los diferentes agentes a través de este moderador, lo cual facilita el proceso de interacción entre agentes ya que sólo requieren conocer como comunicarse con el moderador y no con todos los agentes del sistema, lo cual en ambientes heterogéneos como el planteado en [Kedro 9?] es de gran utilidad.

Negociación sin moderador.

En las estrategias de negociación donde no se utiliza un agente especial del tipo moderador, la comunicación entre los mismos se realiza de forma directa, esto trae ciertos aspectos a tener en cuenta:

- Los agentes utilizan el mismo lenguaje (homogéneo),
- Los agentes utilizan diferentes lenguajes (heterogéneo), lo cual implica mecanismos de traducción locales a cada agente,
- Los agentes necesitan conocer la forma de comunicarse con los demás.

Otra alternativa es mediante un mecanismo centralizado o un área común de discusión, algo que represente “la mesa de negociación”. El concepto de pizarrón (blackboard) podría utilizarse aquí [Cacciabue 92], así como una representación por medio de algoritmos genéticos [Matwin 91] .

4. Estrategias de negociación propuestas

Las estrategias que se plantean a continuación son modelos que toman las ventajas de los convencionales y mejoran las desventajas de los mismos para lograr así un nuevo modelo que tienen como objetivo colaborar en la solución del problema de negociación.

Negociación “disfrazada”.

En el enfoque clásico del pizarrón utilizado en SMA, algunos autores piensan que existe negociación en su sistema, pero realmente el pizarrón solamente se está utilizando como un mecanismo de comunicación entre ellos, ya que un agente solicita la ejecución de una tarea, informa algún resultado, etc., pero esta información sólo se toma para continuar el trabajo [Cacciabue 92].

El porque de la negociación “disfrazada” está ligado al hecho que se la quiere buscar donde solamente existe interacción o comunicación . Lo que nosotros proponemos es el utilizar el pizarrón como una “mesa de negociación” donde cada agente del SMA pueda poner la información necesaria para interactuar. Incorporandolo en el proceso de negociación tendríamos lo siguiente:

1. Inicio de negociación

- Etapa en la cual se da inicio al proceso de negociación, se determinan los participantes en el mismo registrandolos en el pizarrón para su posterior identificación.
- Aquí los diferentes agentes del SMA se registrarían y obtendrían el protocolo que se va a utilizar en el proceso de negociación. Este protocolo ya debería estar definido con anterioridad para determinar si está programado en forma estática en el agente o se va a realizar de manera dinámica, ganando el agente en flexibilidad.
- Por ejemplo, si el protocolo esta incluido en la programación del agente, este se utilizaría siempre y el agente no necesita tomarlo del pizarrón. En caso contrario el agente lo tomará del pizarrón y tendrá programado un mecanismo que interprete el protocolo, lo que le permite adaptarse al mismo en tiempo de ejecución y no de compilación, como en el caso anterior.

2. Rondas de negociación

- Iteración e intercambio de información entre los participantes en la negociación.
- Esta se realizará siguiendo el protocolo establecido y mediante un ciclo similar al mostrado en la figura 3. Cabe aclarar que para la máquina de determinación de similitudes se podría utilizar un mecanismo basado en CBR con lo que se enriquecería aún más el modelo.

- Cada agente pone sus condiciones de negociación y con quien está en conflicto, para que ese agente pueda tomar la información y evaluar localmente las condiciones. Así determinará si acepta, rechaza o realiza una contraoferta.
3. Terminación de la negociación
- Tiene dos posibles estados terminales, si es exitosa, se envía el resultado de los acuerdos tomados a los participantes para que ellos los tengan en cuenta y los utilicen, en caso contrario, se indica que no hay solución posible bajo las condiciones actuales.
 - El estado final de la negociación queda registrado en el pizarrón.

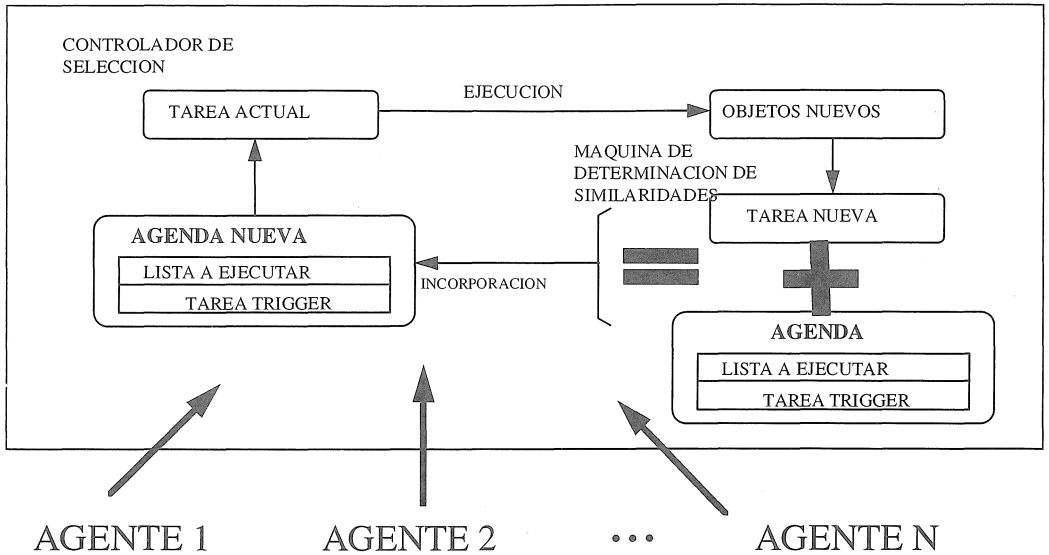


Figura 3

Negociación distribuida o modelo del "Panal"

Uno de los problemas más fuertes en la negociación distribuida tiene que ver con el número de agentes con el que se puede comunicar cada uno de ellos, debido a la diversidad de lenguajes y protocolos que pueden tener. Para solucionar este problema planteamos un esquema donde cada agente va a tener un número determinado de conexiones, las cuales se pueden referir a agentes de características comunes. En la figura 4 tenemos un ejemplo con seis conexiones del tipo $A_i R A_j$, donde A_i , A_j son agentes y R es una relación de interés común. Estas relaciones se buscan que sean las más adecuadas de acuerdo al problema a resolver, por ejemplo, dentro de una organización, analizando un proceso, cada agente se relacionaría con aquellos agentes con los cuales intercambiara información o le brindarían un valor agregado en la solución del problema.

El problema de negociación tiene tres elementos básicos desde nuestro punto de vista, conocimiento, comunicación y coordinación.

El conocimiento de cada agente se puede clasificar en:

- Conocimiento local o particular desde su punto de vista
- Conocimiento global o general del problema
- Pueden llegar a tener conocimiento de las capacidades o habilidades de los otros agentes
- Deben tener una representación de su comportamiento o disposición

Los agentes deben tener un mecanismo de comunicación donde intercambien información como objetivos, metas, resultados y conocimiento. Al incorporar el intercambio de conocimiento, se plantea que cada agente tenga algún mecanismo de aprendizaje para aprender de los otros agentes y no cometer los mismos errores, es decir, optimizar la búsqueda de la solución y aprovechar el conocimiento de los demás.

La coordinación del sistema se realiza en forma distribuida, donde cada uno de los agentes realiza actividades de control locales. Hay que recordar que la estrategia de coordinación depende del problema que se este resolviendo.

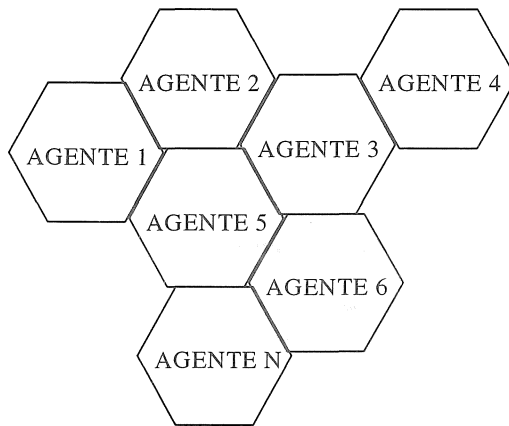


Figura 4

Un problema típico de negociación, donde se representará la interacción de agentes, tanto humanos como máquinas, se resolvería en el modelo de la siguiente manera:

El proceso inicia en cualquiera de los agentes del sistema, con la especificación del mismo. Una vez asignado iniciará a resolverlo utilizando el conocimiento que tiene; en el momento que se sienta incompetente para solucionar el problema, el podrá solicitar ayuda a sus vecinos, utilizando el sistema de comunicación, siguiendo este proceso en forma recursiva. Cuando surja un conflicto entre ellos, los agentes iniciaran el proceso de negociación, de esta forma el SMA podrá llegar a una solución.

Desde el punto de vista de modelaje, el “Panal” nos ayuda a configurar el sistema mediante el establecimiento de relaciones de interés común entre los diferentes agentes representados en el mismo, de acuerdo al problema a resolver. Un panal está formado por celdas, una celda corresponde a un agente, en caso de sistemas grandes o complejos cada celda puede estar formada por un grupo de agentes los cuales formarán un “Panal” dentro de la celda; en este caso el “Panal” que agrupa todas las celdas que componen el SMA será llamado “Meta Panal”. Este esquema nos ayuda a manejar la complejidad y permite tener mayor poder de representación, mediante una visión modular del SMA.

Negociación Semi-Centralizada o el modelo del “Balón de Fútbol”

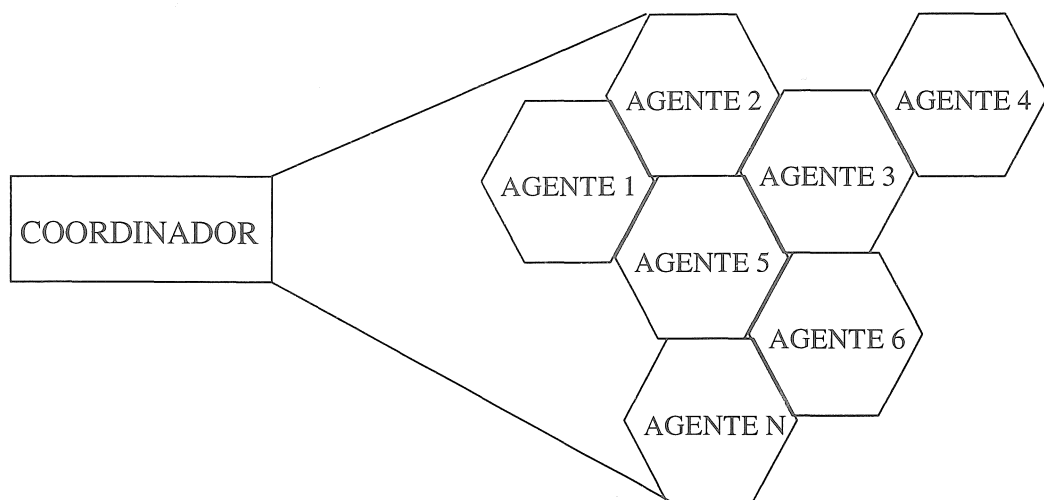


Figura 5

Este modelo semi-centralizado está basado en el modelo del “Panal”, en el cual cada gajo corresponde a una celda y el “Balón de Fútbol” corresponde al “Panal”. Este modelo tiene como característica principal que toda la información llega a un agente coordinador muy similar a el pivote (lugar por donde se introduce aire) de un balón de fútbol. La función del coordinador es llevar a cabo la distribución de las tareas a los demás agentes que están en su medio ambiente ya que tiene conocimiento de las funciones que pueden realizar cada uno de ellos.

El coordinador sólo direcciona la tarea al agente que él cree que pueda contribuir con una gran parte del problema pero el agente que reciba dicha tarea tiene la libertad de comunicarse con los otros agentes que lo rodean mediante la noción de vecindad y sus vecinos con sus respectivos vecinos, si lo consideran necesario. La vecindad nos indica la relación de interés común entre los diferentes agentes. Es por eso que este es un sistema semi-centralizado pues una vez que el problema a sido asignado se distribuye según su conveniencia para su solución, comportandose de manera muy similar que en el modelo del “Panal”.

El modelo esta diseñado para soportar tantos gajos como sean necesarios y los vecinos se acomodaran de acuerdo a la utilidad que le aporten a sus vecinos para evitar así que un problema se pueda distribuir por todo el balón o que dos agentes que tengan mucha comunicación estén muy lejos entre si y ocasionen mucho trafico.

Cada gajo del balón de fútbol puede estar compuesto por una infinidad de agentes dentro de el que pueden formar otro balón pero que unidos de acuerdo a sus características sólo formarían un gajo dándole así más poder al modelo y más posibilidades para llegar a una solución sin que este modelo se vea saturado por una gran cantidad de agentes pues estos se pueden sub-agrupar formando nuevo gajos.

4. Reflexiones acerca del proceso de negociación

Existen temas tan diversos que involucran negociación y SMA que es necesario abrir diferentes líneas de investigación para poder entender el área con mas detalle y poder realizar propuestas que generen nuevos planteamientos.

Negociación con información incompleta e incertidumbre.

Generalmente los artículos hablan de negociación y suponen que se intercambia la información completa y se tiene la certidumbre de lo que se está haciendo, pero hay veces que en los problemas reales esta suposición no es valida y por el contrario la información que intercambian los agentes es incompleta [Rosenschein 94].

Cuando en un SMA tenemos una situación en la cual los agentes deban negociar con información incompleta, se propone incluir niveles de certeza o credibilidad de la información, para que en el momento que los agentes tomen su posición en la negociación tengan mayores probabilidades de haber tomado la decisión correcta o sea la que más acerca el SMA a la solución del problema que tiene. Para esta ponderación se podrían utilizar técnicas probabilísticas.

Otra alternativa en utilizar lógica difusa, la cual se adapta mejor en esté ambiente. Esta es una buena área de oportunidad ya que es posible que algunos de los problemas que nos encontremos requieran trabajar con información incompleta.

Los ambientes cambiantes y la negociación.

Los resultados de las negociaciones en los SMA son obtenidos mediante los conocimientos adquiridos por cada agente participante y el objetivo buscado. Este resultado puede ser modificado en un período de tiempo puesto que si el mismo problema es planteado a los mismos agentes en un período de tiempo diferente es muy posible que las prioridades de los participantes hayan cambiado así como los conocimientos adquiridos por ellos por lo que también el resultado puede ser diferente [Stirling 91].

Representación del conocimiento y negociación.

Una parte muy importante en los SMA es la representación del conocimiento. Generalmente en un proceso de negociación los agentes deben tener dos tipos de conocimiento:

- Uno local o particular, el cual marca su comportamiento,

- Uno global o general, el cual permite ver el problema en una dimensión mayor y facilita que el proceso de negociación se lleve a cabo.

La representación del conocimiento puede variar desde sistemas que utilizan lógica de predicados como el visto en [Kedro 9?], hasta algunos que utilizan algoritmos genéticos como el mostrado en [Matwin 91]. Desde nuestro punto de vista la representación del conocimiento va a jugar un papel muy importante en la optimización del proceso de negociación así como en la eficiencia del mismo.

En [Lelouche 9?] se estudia de una manera más formal el problema de la categorización del conocimiento basada en un esquema de una jerarquía a varios niveles, la cual es posible nos ayude a representar información para negociación, ya que en una estructura jerárquica podemos tener los conceptos más básicos en los niveles inferiores y los conceptos más generales o combinaciones de los mismos en los niveles superiores.

5. Conclusiones.

Diferentes estrategias se han utilizado para implementar mecanismos de negociación, tales como: Negociación progresiva, Negociación con moderador y Negociación sin moderador las cuales tienen limitaciones para atacar sistemas grandes. Además, en ninguno de estos modelos se toma en cuenta la organización de los agentes bajo una estructura que los permita agruparse por vecindades. Donde la vecindad está ligada a los intereses comunes que tienen los agentes agrupados. La forma de organización en los modelos propuestos del "Panal" y el "Balón de Fútbol" permite, entre otras cosas, controlar más fácilmente al SMA y además robustecen la toma de decisiones. Los modelos propuestos pretenden contribuir a mejorar el proceso de negociación mediante la formación de grupos de agentes de intereses comunes.

La negociación en SMA no siempre se realiza con información completa de ahí la importancia de buscar la manera de llevarla a cabo bajo incertidumbre e información incompleta utilizando técnicas de otras áreas que permitan ganar certeza al momento de tomar la decisión. La varianza en el tiempo en que se lleve a cabo la decisión será otro factor determinante ya que puede influir en el resultado del proceso.

Representar el conocimiento de los agentes es un factor relevante para minimizar el tiempo del procesamiento de información y obtener buenos resultados.

Con base en los puntos anteriores el trabajo futuro de esta investigación pretende responder a preguntas como las siguientes: ¿Qué guía a un agente en el proceso de negociación?, ¿Cómo medir el grado de avance de la negociación?, ¿De qué depende que un agente ceda en un proceso de negociación?, ¿Cómo sopesas la importancia de los resultados cuando los agentes están negociando?, además de los problemas de semántica en la representación del conocimiento de los agentes y su comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [**Cacciabue 92**] Pietro Cacciabue, F Decortis y otros. "COSIMO: A cognitive simulation model of human decision making and behavior in accident management of complex plants", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 22 #5, p 1058-11074, Septiembre/Octubre de 1992.
- [**Conry 91**] Susan Conry, Kazuhiro Kuwabara y otros. "Multistage negotiation for distributed constraint satisfaction", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21 #6, p 1462-1477, Noviembre/Diciembre de 1991.
- [**De Paoli 94**] Flavio De Paoli, Francesco Tisato. "CSDL: A language for cooperative systems design", IEEE transactions on software engineering, vol. 20, #8, p. 606-616, agosto de 1994.
- [**Griffeth 93**] N.D. Griffeth, H. Velthuisen. "Reasoning about Goals to Resolve Conflicts", IEEE 0-8186-3135-X/93, 1993.
- [**Hewitt 91**] Carl Hewitt, Jeff Inman. "DAI betwixt and between: from "Intelligent Agents" to open systems science", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21 #6, p 1409-1419, Noviembre/Diciembre de 1991.
- [**IASTED 95**] F.Ramos, G. Sanchez, E. Espinoza, M.J. Elliot. "A fuzzy temporal Reasoning Mechanism for Planning in Multi-Agent domains", Third IASTED International Conference in Robotics and Manufacturing. June 14-16 1995, Cancún México.
- [**Kedro 9?**] Taha Khedro, Michael Genesereth. "Progressive negotiation for resolving conflicts among distributed heterogeneous cooperating agents", Distributed AI, p381-393.
- [**Klein 91**] Mark Klein. "Supporting conflict resolution in cooperative design systems", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21 #6, p 1379-1390, Noviembre/Diciembre de 1991.
- [**Kuhn 93**] N. Kuhn, H.J. Muller, J.P. Muller. "Task Descomposition in Dynamic Agent Societies", IEEE 0-8186-3125-2/93, 1993.
- [**Larousse 87**] Ramón García-Pelayo y Gross. "Larousse diccionario escolar", Ediciones Larousse, México, 1987.
- [**Lelouche 9?**] Ruddy Lelouche, Stéphane Doublait. "Modeling the decision-making process in a conflicting multi-actor environment", e-mail: 1170042 at vms.ulaval.ca.
- [**Matwin 91**] Stan Matwin, Tom Szapiro, Karen Haigh. "Genetic algorithms approach to a negotiation support system", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21 #1, p 102-114, Enero/Febrero de 1991.
- [**Pelled 94**] Lisa Pelled, Paul Adler. "Antecedents of intergroup conflict in multifunctional product development teams: a conceptual model", IEEE transactions of engineering management, vol. 41, # 1, p.21-28, Febrero de 1994.
- [**Stirling 91**] Wynn Stirling. "A model for multiple agent decision making", IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21, #5, p 2073-2078, Septiembre/Octubre de 1991.
- [**Sycara 91**] Katia Sycara, Michael Lewis. "Modeling group decision making and negotiation in concurrent product design", International journal of systems automation: research and applications (SARA), Vol. 1, number 3, 1991.
- [**Zlotking 91**] Gilard Zlotking, Jeffrey Rosenschein. "Cooperation and conflict resolution via negotiation among autonomous agents in noncooperative domains". IEEE transaction on systems, man and cybernetics, vol. 21 #6, p 1317-1324, Noviembre/Diciembre de 1991.