

Negociación basada en Argumentación en Sistemas Multi-Agente

Sonia V. Rueda
svr@cs.uns.edu.ar

Alejandro García
ajg@cs.uns.edu.ar

Guillermo R. Simari
grs@cs.uns.edu.ar

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

BAHIA BLANCA - ARGENTINA

Nuestro plan de investigación propone un mecanismo de negociación para un Sistema Multi-agente, articulado con un formalismo basado en Argumentación. Los participantes en la negociación son agentes BDI que mantienen conversaciones, intentando alcanzar un acuerdo compartido a partir de creencias e intenciones probablemente divergentes.

La *negociación* es un mecanismo básico de interacción que permite a los miembros de un Sistema Multi-agente coordinar sus acciones y alcanzar un acuerdo. Cuando los agentes son *colaborativos* el proceso de negociación progresa por medio de un *diálogo* en el que se presentan *propuestas* y *contrapropuestas* en un esfuerzo conjunto de avanzar hacia un acuerdo común. Este diálogo se estructura mediante un *protocolo de interacción*. La mayoría de los protocolos diseñados para regular negociación entre agentes, son modelos abstractos de alguna práctica de negociación del mundo real (v.g. subastas).

En esta investigación hemos adoptado la arquitectura BDI para caracterizar a los agentes. La capacidad cognitiva de cada agente se modela a través de *actitudes mentales*, tales como Creencias, Deseos e Intenciones, y Obligaciones. El comportamiento de un agente queda determinado por sus motivaciones, su conocimiento y sus capacidades efectoras. Cada miembro en un Sistema Multi-Agente desarrolla planes e interactúa con otros miembros del grupo para alcanzar metas propias o atender pedidos de colaboración. Su actitud mental puede cambiar a su vez como consecuencia de sus acciones y de la interacción con otros agentes. Aunque los agentes tienen una actitud colaborativa, sólo intentarán cooperar cuando la propuesta recibida no esté en conflicto con sus propias metas. Así, una solicitud puede provocar un cambio en las intenciones del agente que la recibe, quien intentará usar sus creencias y habilidades para atender el pedido.

Objetivos

Nuestro trabajo de investigación propone un protocolo de negociación para un grupo de agentes BDI que mantienen una conversación tratando que sus intereses, inicialmente divergentes, converjan. Si se llega a un acuerdo, el proceso tiene éxito y la comunicación termina.

La interacción se inicia cuando agente solicita cooperación para alcanzar una meta. La actitud del grupo es colaborativa, pero puede existir conflicto entre las intenciones de sus miembros. Los agentes interactúan intentando influir en los planes y preferencias buscando alcanzar un acuerdo compartido.

Algunos elementos cognitivos son compartidos por todos los miembros del sistema. El conocimiento de cada agente integrará en forma consistente sus propias creencias y las creencias compartidas. Para

asegurar la consistencia cuando un agente modifica el conocimiento compartido todos los demás deben comunicar su conformidad.

La negociación puede terminar en forma exitosa o no. En el primer caso el conocimiento compartido se modifica para incorporar nuevas creencias y el estado mental de ambos agentes se modifica como consecuencia de la interacción. El éxito de la negociación depende en gran medida en la habilidad de los agentes para comunicarse e intercambiar conocimiento. Por lo tanto, el rol del lenguaje es fundamental; su expresividad determina la capacidad para dar énfasis al mensaje por parte del que lo envía y la capacidad del receptor para elegir un curso de acción que sea compatible con su función.

La negociación puede fracasar porque el receptor de la solicitud no tiene el conocimiento o la capacidad para satisfacerla o porque hay conflicto con sus propias metas. En este último caso, el agente que hizo el pedido original tratará de cambiar sus planes. Si no fuera posible, volverá al diálogo e insistirá en su pedido. Así, el agente que recibe el pedido tratará de revisar sus propios planes e intenciones en un intento de efectivizar su colaboración.

Ninguno de los agentes puede modificar directamente las intenciones de los otros miembros del grupo, pero sí en forma indirecta, a través del diálogo. Cada intervención puede pensarse como un tipo especial de acción que puede modificar la actitud mental del receptor. Nuestra propuesta ofrece un conjunto de primitivas de negociación específicas, que permitan influenciar la efectividad de los actos comunicativos que se intercambian en un diálogo. Cada solicitud considera la actitud mental del receptor, el tipo de acto comunicativo utilizado y el rol que ocupa cada agente en el grupo.

Negociación basada en Argumentación

Durante la negociación, se establece un diálogo en el que los agentes intercambian mensajes que expresan propuestas y contra-propuestas. Estos mensajes son acciones que tratan de modificar las actitudes mentales de los demás participantes. La expresión *acto comunicativo* expresa el hecho de que la comunicación es un tipo particular de acción.

Ambos participantes están interesados en alcanzar un acuerdo y tienen una actitud cooperativa. Cuando más información incluye cada propuesta, más se acelera el proceso de negociación. Si $\sim q$ es parte del conocimiento compartido, y el agente *a* necesita *p* como parte de un plan para lograr *q*, puede comunicar su intención al agente *b*, evitando conflictos futuros.

El diálogo pueden iniciarse también cuando un agente *a* necesita la colaboración de otro agente *b*, para poder ejecutar un plan para obtener *q*. El primero elabora entonces una propuesta en la cual *requiere* un literal *p*. El agente *b* puede *aceptar* la propuesta y atender el requerimiento o *rechazarla* debido a que *p* está en conflicto con su propio plan para alcanzar *s*. En el primer caso, el literal puede formar parte de sus creencias o bien puede elaborar un plan que le permita obtenerlo. Si *b* acepta la propuesta, agrega *p* al conocimiento compartido.

Si *b* rechaza la propuesta, *a* intenta elaborar otro plan para *q* que no requiera *p*, pero si no lo logra puede *insistir* con su requerimiento. Ante la insistencia, *b* busca otro plan para *s* que no esté en conflicto con *p*. Si lo encuentra, acepta el requerimiento y agrega *p* al conocimiento compartido. En caso contrario, vuelve a rechazar la propuesta.

El agente *a* revisa entonces sus intenciones, pero si decide persistir en *q*, puede *exigir p* a *b*. Este último, revisa sus propias intenciones, e intenta abandonar su propósito de alcanzar *s*, comprometiéndose con una nueva meta *r* para la cual pueda elaborar un plan sin conflictos con *p*.

Cada agente tiene conocimiento parcial del mundo y conocimiento parcial del estado mental del resto de los agentes. Cuando un agente incluye un argumento en su propuesta o contrapropuesta de algún modo muestra parte de su estado mental.

Colaboración y Comunicación

En el modelo adoptado en este trabajo, las creencias de un agente se construyen a partir de las percepciones propias y de algunos elementos cognitivos compartidos por todos los miembros del grupo. Cada individuo conocerá estos elementos, razonará sabiendo que el resto también los conocen y saben que son compartidos. El conocimiento de cada miembro del sistema es incompleto y frecuentemente es insuficiente para la deducción de un hecho específico. Sin embargo, este hecho podría ser deducido si se integra todo el conocimiento distribuido. El grupo de agentes puede ser además heterogéneo y en consecuencia sus miembros tendrán habilidades diferentes.

Cada agente construye entonces planes a partir de su propio conjunto de acciones, pero puede solicitar colaboración cuando su conocimiento o sus habilidades son insuficientes. La colaboración requiere que los agentes tengan capacidad para comunicarse. Así, el rol del *lenguaje de comunicación entre agentes*, ACL, es central, puesto que permite interactuar y compartir conocimiento. Aún cuando técnicamente la comunicación tiene lugar por medio de mensajes sobre una red que utiliza un protocolo de bajo nivel, a nivel conceptual los agentes mantienen *conversaciones* guiadas por sus propósitos.

La especificación de un ACL comprende tres niveles: un Protocolo de Interacción, un Lenguaje de Interacción y un Lenguaje para representar el Conocimiento Compartido. El *protocolo de interacción* de cada agente es un *patrón de conversación* que controla su interacción con otros agentes y permite estructurar la comunicación. El *lenguaje de interacción* es el medio a través del cual los agentes comunican actitudes e intercambian conocimiento. Este lenguaje debe permitir que los agentes asistan a otros agentes, demanden servicios, distribuyan tareas y controlen su ejecución, se comprometan a ejecutar una tarea o rechacen el compromiso, reporten su evolución y el éxito o fracaso final.

El *lenguaje para representar el conocimiento compartido* debe garantizar la preservación de la semántica. Es decir, un concepto, objeto o entidad debe tener el mismo significado uniforme en las diferentes aplicaciones, aún cuando sea referenciado por diferentes nombres. Una alternativa para mantener un cuerpo de conocimiento compartido acerca del dominio es a través de una *ontología* común.

Un Protocolo de Interacción

La negociación puede pensarse como un proceso de búsqueda distribuida sobre un espacio de acuerdos potenciales. En la mayoría de los casos, solo una porción de la búsqueda resultará satisfactoria para los deseos particulares de un agente.

En el modelo propuesto por este trabajo, cuando un miembro del grupo realiza una propuesta dentro de su espacio de acuerdos aceptables, otro la recibe y puede aceptarla, rechazarla o realizar una contrapropuesta. En este último caso, el primer agente analiza la contrapropuesta y tiene las mismas opciones.

La aceptación indica que se ha alcanzado un punto de acuerdo compartido. El rechazo significa que la negociación ha terminado sin éxito. En el proceso, es posible que uno o ambos participantes deban relajar sus demandas o aceptar un compromiso. En esta metáfora, la negociación requiere que los

agentes tengan ciertas capacidades mínimas. Deberán ser capaces de: realizar una propuesta dentro del espacio de situaciones aceptables, aceptar o rechazar una propuesta y elaborar una contrapropuesta.

Las palabras utilizadas pueden tener una influencia en la efectividad del mensaje. El uso de expresiones tales como *insisto* o *demando* influyen en la efectividad de los mensajes. Por otra parte, la aceptación no solo dependerá de las palabras utilizadas sino que también se debe tener en cuenta la actitud mental del receptor con respecto al pedido y su rol dentro del grupo.

Lenguaje de Interacción

Un lenguaje de interacción utilizado por agentes BDI deberá ser capaz de expresar actitudes mentales. De esta forma, el lenguaje brinda las funciones esenciales que permiten la comunicación entre los seres humanos. En Filosofía y en Lingüística se ha desarrollado un modelo formal de la comunicación humana conocido como *Teoría de los actos del habla* o *Speech Act Theory*. Este modelo ha servido como base para el desarrollo de lenguajes que están orientados hacia la comunicación en Sistemas Multi-agente.

Los lenguajes de interacción basados en esta teoría capturan las características esenciales de la comunicación humana y llevan a un modelo adecuado para el desarrollo de agentes artificiales. La idea es que la comunicación es una clase especial de *acción* y como tal provoca cambios en el entorno. Cuando un agente se comunica, no solo expresa sentencias que pueden ser verdaderas o falsas, también ejecuta acciones tales como requerimientos, sugerencias, promesas, etc. El *acto de habla* es la unidad mínima de comunicación. Cada expresión es un acto de habla y denota una acción.

Un lenguaje de interacción para agentes, basado en la Teoría de los actos del habla, está compuesto por un conjunto de *primitivas de comunicación*. Generalmente, es posible definir un conjunto de primitivas que captura los aspectos esenciales de la comunicación en forma independiente del dominio de aplicación. La descripción semántica de este conjunto determina el *modelo de comunicación*.

Nuestra propuesta, parte de un ACL con primitivas básicas de comunicación y lo extiende para incluir primitivas de negociación, que reflejen la intención del agente en el mensaje: *Require_for*, *Insist_for* y *Demand_for*

Trabajo Futuro

El comportamiento de un agente aislado está determinado por sus motivaciones individuales, sus creencias acerca del mundo y sus propias habilidades. Esta caracterización es insuficiente para modelar un agente que participa en un contexto social con una actitud cooperativa. En nuestro trabajo, la actitud del grupo es colaborativa, pero puede existir conflicto entre las intenciones de sus miembros. Los agentes interactúan intentando influir en los planes y preferencias buscando alcanzar un acuerdo compartido.

La interacción puede mejorar considerablemente si el contexto contiene algunas normas que permitan establecer acuerdos generales sobre el comportamiento. Las normas no solo hacen que los individuos actúen de cierta manera específica sino que también condicionan su comportamiento social y estructuran su interacción con el resto de los agentes. El modelo propuesto se extenderá para reflejar el impacto de las normas, roles y relaciones en el proceso de negociación.

Referencias

S. Rueda, G.R.Simari, A.J.García. *Argument-based Negotiation among BDI Agents*, Journal of Computer Science & Technology. Vol. 2, No. 7, pp. 1-8. October 2002.

G.R.Simari, A.J.García. *Actions and Arguments: Preliminaries and Examples*, en Proceedings of the VIII Congreso Argentino en Ciencias de la Computación, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2002.

A.J.García, G.R.Simari. *Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach*. Theory and Practice of Logic Programming, 2002. Accepted for publication 2002.

N.R.Jennings, S.Parsons, P.Noriega, C.Sierra. *On Argumentation-Based Negotiation*, Proceedings of the International Workshop on Multi-Agent Systems, Boston, USA. 1998.

Y.Labrou. *Semantics for an Agent Communication Language*. Ph.D. Thesis, University of Maryland, 1996.

J.Searle. *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge University Press, 1969.