

# Negociación entre Agentes Intencionales: Propuesta Basada en Revisión de Creencias

Ana Casali<sup>1,2</sup>, Pablo Pilotti<sup>1</sup> and Carlos Chesñevar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS)  
Av. 27 de febrero 210 bis - S2000EZF, Rosario, ARGENTINA  
Email: pilotti@cifasis-conicet.gov.ar

<sup>2</sup>Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Universidad Nacional de Rosario (UNR)  
Av. Pellegrini 250 - S2000BTP, Rosario, ARGENTINA  
Email: acasali@fceia.unr.edu.ar

<sup>3</sup>Depto. de Cs. e Ingeniería de la Computación  
Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET  
Av. Alem 1253 - B8000CPB Bahía Blanca, ARGENTINA  
Email: cic@cs.uns.edu.ar

## Resumen

En los últimos años, el trabajo en el área de negociación automática de agentes inteligentes a ganado mucha atención dentro de la comunidad de sistemas multiagentes (MAS). Un escenario típico para la negociación se da cuando los agentes no pueden alcanzar sus objetivos por sí mismos, y tienen que intercambiar recursos (objetos, conocimientos, etc) para llegar a cumplirlos. Diversas técnicas para modelar tales escenarios se han propuesto en la comunidad, incluyendo el uso de arquitecturas BDI, la lógica de la argumentación, y la programación lógica.

La línea de trabajo propuesta, presenta un enfoque novedoso de negociación automatizada basada en operadores de revisión de creencias. A medida que avanza la negociación, los agentes generan propuestas que ellos creen que son soluciones al problema. Durante este proceso las creencias de los agentes se actualizan a medida que el diálogo ocurre entre los agentes.

El enfoque propuesto establece un escenario

cooperativo, una arquitectura de agente intencional y un modelo computacional del motor de decisión de cada agente, encargado de evaluar la propuesta recibida y de generar la respuesta a presentar. Se ha desarrollado un algoritmo de alto nivel de este modelo y se lo ha implementado utilizando programación lógica.

**Palabras clave:** Sistemas Multiagentes, Agentes BDI, Negociación, Argumentación.

## Contexto

Esta línea de I+D se está llevando a cabo a través de dos proyectos provenientes de las universidades vinculadas (PID-UNR y PGI-UNS). Además, está vinculado a uno de los Proyectos de Investigación Plurianuales del CONICET (PIP-CONICET) y a un proyecto de la Comunidad Europea (COST). También, hay un Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica de La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT-ANPCyT) que se en-

cuentra en evaluación. Los siguientes son los proyectos vinculados a la temática de la línea de investigación:

- PID-UNR. Tema: “Sistemas multiagentes y sus aplicaciones en la educación”, dirigido por Dra. Ana Casali. Código: ING308. (2010-2013).
- PIP-CONICET. Tema: “Sistemas de Apoyo a la Decision basados en Argumentacion: formalizacion y aplicaciones”, dirigido por Dr. Carlos Chezñevar. Código: 112-200801-02798. (2009-2011).
- COST Action IC0801 en “Agreement Technologies”. Coordinada por la European Science Foundation, Representante argentino: Dr. Carlos Chezñevar. (EU RTD Framework Programme, 2008-2012).
- PGI-UNS. Tema: “Formalismos Argumentativos aplicados a Sistemas Inteligentes para Toma de Decisiones”. Dirigido por Dr. Alejandro J. García y Dr. Marcelo A. Falappa. Código 24/ZN18 (2009-2011)
- PICT-ANPCyT Tema: “Modularidad de Estructuras Semánticas: Teoría y Aplicaciones”. Coordinado por Dr. Mauro Jaskelioff, Inv. Responsable: Dra. Ana Casali. Código: 2009-0015. (en evaluación).

## Introducción

Actualmente, la mayoría de las transacciones e interacciones están mediadas por computadoras, tanto en el mundo de los negocios como en el mundo del entretenimiento. Desde el correo electrónico hasta las redes sociales, la manera en que la gente trabaja y disfruta su tiempo libre, ha cambiado vertiginosamente en menos de una generación. Es por esto, que en la comunidad a crecido el interés de dotar a agentes inteligentes con la capacidad de negociar [6].

El interés de proveer a los sistemas multiagentes (MAS) con la habilidad de negociar ha crecido en la última década. Por un lado, porque en MAS la noción de autonomía

juega un rol importante y la negociación es una buena plataforma para que los agentes decidan que objetivo adoptar en situaciones de conflicto. Por otra parte, ha aumentado el interés en negociación automática en entornos multiagentes dado la variedad de aplicaciones (e.g. transacciones automáticas en subastas electrónicas, planificación cooperativa) las cuales van en línea con el concepto de *agreement computing* en sistemas abiertos de software [10]. La investigación en negociación automática trata con tres grandes tópicos: (a) Protocolos de Negociación, el conjunto de reglas que gobiernan la interacción; (b) Objetos de Negociación: los items sobre los cuales deben alcanzarse los acuerdos y (c) Modelos de Toma de Decisión de los Agentes, el aparato que utilizan los agentes participantes para decidir sus acciones en pro de alcanzar sus objetivos y en línea con el protocolo de negociación.

En el trabajo de Parsons et al. [7] se ha presentado el siguiente ejemplo, conocido como el problema del martillo-clavo-espejo (H-N-M problem), que ha planteado distintos desafíos en la investigación referida a la negociación, el ejemplo relata lo siguiente:

*Dos agentes que realizan tareas de mantenimiento para el hogar tienen objetivos que cumplir: Por un lado, el Agente 1 tiene como objetivo colgar un cuadro. Para esto posee un martillo, un tornillo y un destornillador. Además posee el conocimiento de cómo colgar un cuadro utilizando un martillo y un clavo, y de cómo colgar un espejo utilizando un tornillo y un destornillador. Por el otro lado, el Agente 2 tiene como objetivo colgar un espejo. Para esto cuenta sólo con un clavo y con el conocimiento de cómo colgar un espejo utilizando un clavo y un martillo.*

Se observa que ninguno de los agentes puede cumplir sus objetivos por sus propios medios, en consecuencia tendrán que negociar de manera de poder cumplir sus objetivos. Motivados por este ejemplo, se trabaja en un esquema de negociación para agentes cooperativos donde se necesita el intercambio de recursos, para que cada agente logre su objetivo. Este trabajo presenta un enfoque novedoso a la ne-

gociación automatizada basada en operadores revisión de creencias. Las creencias de los agentes se actualizan a medida que avanza la negociación, dando lugar a diferentes movimientos capturados en el diálogo entre agentes.

Una primera propuesta de la formalización de este esquema de negociación cooperativa entre dos agentes, ha sido presentada recientemente en [8]. La formalización del modelo de negociación propuesto, incluyendo las nociones de acuerdos basados en las soluciones para cada agente y las creencias de cuales son solución del otro agente, han sido formalizados en en Coq<sup>1</sup>. Se ha implementado este esquema de negociación uno-a-uno basado en operadores de revisión de creencias, en programación lógica. Como caso de estudio, se ha resuelto el problema del martillo-clavo-espejo en el contexto de nuestra propuesta. A continuación se muestra el diálogo entre los dos agentes del ejemplo H-N-M, obtenidos automáticamente en el prototipo.

```
1 dice:
Quiero: [martillo]
Porque: [clavo, clavo & martillo => amurarCuadro]
Para: [amurarCuadro]
A cambio de: []

2 dice:
Quiero: [clavo]
Porque: [martillo, clavo & martillo => amurarEspejo]
Para: [amurarEspejo]
A cambio de: [tornillo, destornillador,
              tornillo & destornillador => amurarCuadro]

1 dice:
Ok, cambieamos.
Te doy: [clavo]
A cambio de: [tornillo, destornillador,
              tornillo & destornillador => amurarCuadro]
```

Como trabajo futuro se analiza el uso de arquitectura de agentes intencionales más expresivas en este esquema de negociación, como el modelo de agente BDI (Belief-Desire-Intention) graduado (g-BDI) desarrollado por Casali et al. [5], para incorporar en el motor de decisión de cada agente, razonamientos que involucren estados mentales graduados. Asimismo, se quiere integrar nociones de argumentación al marco de negociación propuesto. Los esquemas basados en argumentación han tenido

muy buenos resultados en el campo de la negociación (e.g. [7]) y se considera que son una buena alternativa para incorporar en el proceso de decisión que cada agente utiliza, para la selección de la propuesta candidata a ofrecer. Este camino trae como consecuencia extender la arquitectura de agentes intencionales y graduados, incorporando también argumentación.

## Líneas de investigación y desarrollo

Para alcanzar los objetivos planteados, se trabaja en distintas líneas de investigación las cuales se interrelacionan.

En estos últimos años, el Grupo de Sistemas de Información Inteligentes (UNR) ha trabajado en el diseño de distintas arquitecturas agentes para trabajar en entornos dinámicos e inciertos. Estas arquitecturas establecen un punto intermedio entre las especificaciones y las implementaciones. Entre ellas, se han destacado las que se basan en los sistemas intencionales, las cuales utilizan actitudes mentales como las creencias (belief), deseos (desire) e intenciones (intentions). Una de las propuestas sobre la que más se ha trabajado es el modelo BDI. El planteo de estas arquitecturas se ha realizado fundamentalmente sobre actitudes mentales bivaluadas. Si se quiere mejorar la performance de agentes que estén situados en dominios reales, se debe considerar que muchas veces estarán involucrados información incierta e incompleta, provenientes de distintas fuentes. Por lo tanto, se ha visto la necesidad de extender el modelo de agente BDI, proponiendo arquitecturas más ricas, que integren distintos formalismos lógicos con otras estrategias de control, de modo de obtener mayor poder expresivo e inferencial. En esta línea de investigación, en colaboración con investigadores del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA-CSIC, España), se han definido arquitecturas BDI graduadas [4, 3]. Se ha utilizado este modelo de agente para diseñar e implementar agentes recomendadores en el dominio turístico [3] y se ha realizado un diseño

<sup>1</sup><http://coq.inria.fr/>

en el dominio de la educación [2]. No obstante, en este escenario pueden surgir conflictos entre los agentes, asociados a creencias o metas contrapuestas en sus bases de conocimiento. Desde fines de los años 90, la argumentación ha demostrado constituir un acercamiento apropiado para abordar tales situaciones, permitiendo que un conjunto de agentes establezca la aceptabilidad conjunta de una conclusión, razonando colaborativamente a través de un análisis exhaustivo de los argumentos y contra-argumentos involucrados en la toma de una decisión.

El Departamento de Cs. e Ing. de la Computación de la UNS tiene una larga trayectoria en el ámbito de la Inteligencia Artificial. Particularmente, en el LIDIA (Laboratorio en Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial) se han desarrollado numerosos proyectos nacionales e internacionales vinculados a la argumentación y sus aplicaciones tecnológicas (tales como sistemas recomendadores, sistemas multiagentes, respuesta inteligente a consultas, etc.). La argumentación ha emergido como una disciplina especialmente relevante dentro de la Inteligencia Artificial, particularmente por sus aplicaciones en los sistemas multiagentes. Por un lado, un agente puede recurrir a un diálogo argumentativo interno a partir de su base de creencias para contrastar argumentos a favor y en contra de la aceptación de una determinada pieza de información. Por otro lado, la argumentación puede extenderse al contexto multiagente, estableciendo diálogos entre agentes que quieren alcanzar diferentes metas y se ven obligados a interactuar para llevarlas a cabo (ej. a través de una negociación). En este sentido, la argumentación ha encontrado una aplicación importante en el modelo BDI, dado que permite incorporar un modelo dialéctico de razonamiento dentro de la arquitectura de los agentes [9]. La argumentación también ha servido para modelar coaliciones de agentes que quieren alcanzar un determinado objetivo [1].

En el marco de este trabajo de investigación conjunta, se plantea desarrollar distintos esquemas de negociación entre agentes intencionales que se basen en la revisión de creencias y

en la argumentación. Resultados preliminares pueden verse en [8]. Asimismo, para lograr mayor flexibilidad en el proceso de decisión de los agentes que se encuentran en negociación, se plantea el desarrollo de un modelo para agentes de software en el contexto de una arquitectura BDI graduada basada en argumentación. Para alcanzar este objetivo se integrarán la programación en lógica rebatible y sus extensiones, con los sistemas multicontexto utilizados para caracterizar una arquitectura BDI graduada, posibilitando el desarrollo de aplicaciones computacionales sustentadas en el modelo propuesto.

## Resultados y Objetivos

Entre los resultados de esta línea de investigación se espera:

- Diseñar un framework para la negociación de agentes cooperativos que tienen que intercambiar recursos para alcanzar sus objetivos.
- Aplicar revisión de creencias para guiar el proceso de generación de propuestas en la negociación de agentes.
- Estudiar distintas funciones de selección de propuestas, analizar uso de argumentación.
- Analizar la utilidad de arquitectura de agentes intencionales (eg. BDI, g-BDI) en el proceso de negociación.
- Implementar el framework en programación lógica y experimentar distintas alternativas.
- Caracterización y diseño de un modelo de agente BDI graduado y argumentativo.

## Formación de Recursos Humanos

La Dra. Ana Casali es investigadora del CI-FASIS y Directora del Depto. de Computación

(FCEIA-UNR). El Dr. Carlos I. Chesñevar es Investigador Independiente CONICET y Miembro del LIDIA (UNS). Dentro del marco de esta línea de investigación, se encuentran actualmente en desarrollo:

- Tesis de grado (UNR – Licenciatura en Ciencias de la Computación) Extensión de plataformas de desarrollo de agentes PRS/BDI para incluir incertidumbre y dinamismo. Alumno Adrián Biga, Directora: Ana Casali, en curso.
- Tesis de doctorado: Un Modelo para Agentes de Software bajo una Arquitectura Graduada de Creencias, Deseos e Intenciones basada en Argumentación. Pablo Pilotti (Beca ANPCyT - UNR). Directora: A. Casali, Co-director: C. Chesñevar, en curso .
- Trabajo Posdoctoral vinculado: Dr. Mauro Gómez Lucero, becario posdoctoral CONICET (2011-2013). Area de investigación: agregación de argumentos (argument accrual) y su integración en sistemas inteligentes.
- Pasantía: Lic. Amanda Vidal (Becaria IIIA-CSIC España) Trabajo de investigación vinculado a la temática: Sistemas multiagentes integrados por agentes g-BDI y sus interrelaciones (Marzo-Abril, 2011).

## Referencias

- [1] Nils Bulling, Jürgen Dix, and Carlos Iván Chesñevar. Modelling coalitions: AtI + argumentation. In Lin Padgham, David C. Parkes, Jörg P. Müller, and Simon Parsons, editors, *AAMAS (2)*, pages 681–688. IFAAMAS, 2008.
- [2] Ana Casali, Valeria Gerling, Claudia Deco, and Cristina Bender. A graded bdi agent model to represent and reason about preferences. *Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*, pages 503–510, 2010.
- [3] Ana Casali, Lluís Godo, and Carles Sierra. Modeling travel assistant agents: a graded bdi approach. In *IFIP AI*, pages 415–424, 2006.
- [4] Ana Casali, Lluís Godo, and Carles Sierra. g-bdi: A graded intensional agent model for practical reasoning. In *MDAI*, pages 5–20, 2009.
- [5] Ana Casali, Lluís Godo, and Carles Sierra. A graded bdi agent model to represent and reason about preferences. *Artificial Intelligence*, In Press, Corrected Proof, 2011.
- [6] N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra, and M. Wooldridge. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 10(2):199–215, 2001.
- [7] S. Parsons, C. Sierra, and N. R. Jennings. Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation*, 8(3):261–292, 1998.
- [8] Pablo Pilotti, Ana Casali, and Carlos Iván Chesñevar. A belief revision approach for automated agent negotiation. In *Computational Logic in Multi-Agent Systems - 12th International Workshop, CLIMA XII, Barcelona, Spain, 17-18 July*, Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2011.
- [9] Nicolás D. Rotstein, Alejandro Javier García, and Guillermo Ricardo Simari. Reasoning from desires to intentions: A dialectical framework. In *AAAI*, pages 136–141. AAAI Press, 2007.
- [10] C. Sierra, V. Botti, and S. Ossowski. Agreement computing. *KI*, 25(1):57–61, 2011.