

# Especificación e Implementación de Agentes Inteligentes para el Soporte a la Toma de Decisiones

Maximiliano C. D. Budán

Guillermo R. Simari

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial  
 Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur,  
 Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina  
 Departamento de Informática, Universidad Nacional de Santiago del Estero,  
 Av. Belgrano 1912, (4200CPB) Santiago del Estero, Argentina  
 e-mail: {mcd,grs}@cs.uns.edu.ar

## Resumen

El objetivo general de esta línea de investigación es estudiar en el contexto de un sistema multi-agente (MAS), la problemática asociada con la especificación e implementación de un agente inteligente deliberativo con la capacidad de brindar apoyo a la toma de decisiones. Es importante tener en cuenta que las bases de conocimientos que manejaran los agentes podrían variar en el tiempo y ser influenciadas o afectadas por distintas fuerzas que gobiernan el mundo real, e.g. la confiabilidad de una determinada fuente de información. Uno de los objetivos particulares es el diseño y la realización computacional de una arquitectura para un agente autónomo con la capacidad de contribuir a la toma de decisiones en un entorno MAS colaborativo y dinámico.

**Palabras clave:** Sistema Multi-agente, Agente Inteligente Deliberativo, Toma de Decisiones

## Contexto

El presente plan de trabajo está estrechamente relacionado con los siguientes proyectos de investigación que se desarrollan dentro del ámbito del Laboratorio de Investigación y

Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA):

- “Sistemas De Apoyo a la Decisión Basados en Argumentación: formalización y aplicaciones”. PIP-CONICET (PIP-112-200801-02798). Director: Carlos Iván Chesñear. Período 01/2009 - 12/2011. CONICET.
- “Formalismos Argumentativos aplicados a Sistemas Inteligentes para Toma de Decisiones”. Código: PGI 24/ZN18. Director: A. J.García. Co-director: M.A. Falappa. Acreditado con evaluación externa para el período 01/2009 - 12/2011. Universidad Nacional del Sur.
- “Representación de Conocimiento y Razonamiento Argumentativo: Herramientas Inteligentes para la Web y las Bases de Datos Federadas”. 24/N030, 01/01/11 – 31/12/2014..

## Introducción

Dentro de las Ciencias de la Computación, el problema de toma de decisiones ha sido abordado mayormente desde el campo de investigación de la Inteligencia Artificial (IA) estu-

diando el problema de razonamiento práctico que enfrenta un agente inteligente, i.e., decidir qué hacer. Recientemente, Amgoud y Prade en [2] han distinguido dos tendencias principales que están influenciando actualmente la investigación sobre este tema en Inteligencia Artificial. Estas son los sistemas basados en teoría de decisión clásica y los enfoques para la toma de decisiones sobre la base de la arquitectura BDI (Beliefs-Desires-Intentions) que permite diseñar e implementar un esquema de razonamiento práctico.

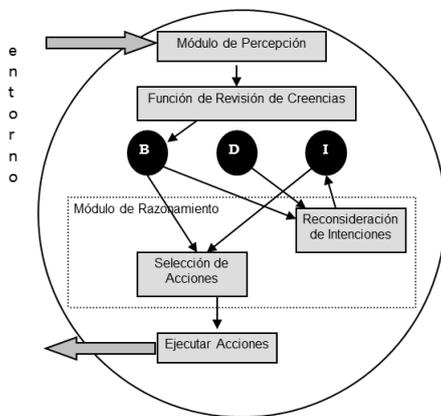


Figura 1: Esquema de la Arquitectura BDI básica

El modelo de arquitectura BDI [8, 7, 9] es uno de los más utilizados como base para el desarrollo de agentes inteligentes, convirtiéndose en uno de los modelos más difundido y estudiado de la literatura. En la actualidad, el uso de sistemas informáticos basados en conocimiento para ayudar a sus usuarios (agentes humanos o agentes de software) a resolver sobre qué hacer está creciendo rápidamente. Este crecimiento es alentado por desarrollos teórico-prácticos en los sistemas multi-agente y por la conectividad que brinda la capacidad de acceso a grandes repositorios de conocimiento, la creciente

capacidad de procesamiento para aprovechar esos repositorios, y la portabilidad del equipo computacional que los hace ubicuos, i.e., su disponibilidad en todo lugar. Estos sistemas son conocidos como sistemas de apoyo a la decisión. Al enfrentar decisiones complejas acerca de qué hacer, la performance de un agente responsable de actuar puede ser mejorada utilizando un sistema de soporte que aconseje sobre las mejores opciones posibles. Usualmente este apoyo resulta más confiable y útil cuando es brindado por un agente que posee conocimiento especializado del problema en cuestión. Por otra parte, dado que el contexto de la decisión es usualmente único y particular al agente, el apoyo ofrecido debería satisfacer las siguientes características:

- Claridad: la recomendación debe ser presentada en forma inteligible para el agente, de manera que este pueda comprenderla en su totalidad,
- Fundamentación: debe brindarse la información básica para la recomendación y la forma como a partir de ella se llega a obtener la recomendación, e
- Interactividad: bajo demanda del agente, debe ser posible realizar consultas sobre los detalles referidos tanto a la recomendación como al proceso de elaboración de dicha recomendación.

Se opta como hipótesis que los Sistemas Argumentativos por sus características únicas pueden aportar de manera significativa al avance en la solución para este problema. La ventaja estratégica de los formalismos argumentativos es que por su propia definición y construcción satisfacen en gran medida las tres características recomendables señaladas con anterioridad: Claridad, Fundamentación e Interactividad. Un argumento aceptado representa una explicación clara de porqué la conclusión

que soporta es propuesta, y el proceso por el cual el argumento es aceptado, brinda los componentes necesarios para que el agente que recibe la recomendación comprenda las razones que avalan la recomendación. En ese mismo proceso se introduce también la posibilidad de análisis interactivo en el estudio de los argumentos y contra-argumentos tenidos en cuenta. Por otro lado, dentro de esta investigación se incorporo dos grandes variaciones: 1) el efecto del tiempo en el momento del estudio de los argumentos, i.e., el modelado de la variación de la disponibilidad de argumentos en el tiempo y 2) el efecto de fuerzas que gobiernan el mundo real, e.g. el grado de confiabilidad de los argumentos que conforman un determinado razonamientos. Estos dos aspectos aumentan de una forma considerable la capacidad de representación del mundo real a la hora de modelar los estados del mismo.

## Líneas de Investigación y Desarrollo

La presente línea de investigación estudiará en el contexto de un sistema multi-agente (MAS), la problemática asociada con la especificación e implementación de un agente inteligente deliberativo con la capacidad de brindar apoyo a la toma de decisiones. En particular se diseñará e implementará una arquitectura para un agente autónomo con la capacidad de contribuir a la toma de decisiones en un entorno MAS colaborativo. El componente cognitivo del agente, compuesto de un razonador epistémico (para establecer lo que el agente conoce) y de un razonador práctico (para decidir lo que el agente debe hacer), estará basado en formalismos argumentativos apropiados.

## Arquitectura BDI

Un agente con arquitectura BDI (Figura 1) posee un conjunto B de creencias acerca de su entorno, un conjunto D de deseos y un conjunto I de intenciones. La arquitectura BDI tiene sus raíces en el estudio del denominado Razonamiento Práctico.

Dado un entorno particular que el agente tiene la capacidad de percibir (flecha superior izquierda en la Figura 1), este tipo de razonamiento puede describirse como el proceso de decidir qué acción realizar para alcanzar las metas (flecha inferior izquierda en la Figura 1). Involucra dos importantes procesos:

- Deliberación, i.e., decidir qué metas se quieren alcanzar, y
- Razonamiento de medios-fines (means-ends), i.e, decidir cómo se alcanzarán las metas. La primera parte involucra el razonamiento epistémico.

Las intenciones de un agente son un subconjunto de las alternativas que éste posee para alcanzar sus metas. Una de las características más importantes de las intenciones es su rol motivador, i.e., provocan acciones. Una vez adoptada una intención, ésta afectará el razonamiento práctico que considere el futuro. Las intenciones tienen la propiedad de persistencia. Esto es, para que resulten útiles el agente no deberá abandonar una intención, sino que la mantendrá hasta que la cumpla, o bien sea evidente que no podrá hacerlo, o bien las razones que tuvo para adoptarla dejaron de ser válidas. Sus intenciones están relacionadas con sus creencias acerca del futuro.

## Sistemas Argumentativos

En argumentación es una proposición es aceptada o no de acuerdo a un análisis de las razones de las que se dispone para creer o no en

la misma, donde estas razones o justificaciones toman la forma de argumentos [3]. Además, la manera en que estos argumentos son considerados permite la automatización de este tipo de razonamiento. En los sistemas argumentativos basados en reglas (SABR), existe un conjunto de reglas de inferencia con las cuales, a partir de cierta información (antecedente o conjunto de premisas) se puede inferir de manera tentativa nueva información (consecuente). En este tipo de sistemas, las reglas son almacenadas en una base de conocimiento, junto a otra información en forma de hechos o suposiciones, que representan la evidencia que el agente obtiene de su entorno. A partir de esta evidencia, el agente puede usar las reglas de inferencia para construir argumentos a favor o en contra de una afirmación. Una vez hecho esto se evalúan todos los argumentos construidos, y se determina cuáles de ellos son aceptados, buscando concluir si, a partir de la base de conocimiento del agente, está afirmación puede aceptarse o no. Estos formalismos son no-monótonos dado que la introducción de nueva información al sistema puede generar nuevos argumentos que resultan contradictorios con algunos de los ya existentes. Como resultados de esta investigación se incorporo a los SABR el tratamiento de reglas que están activas en determinados intervalos de tiempo que brinda la posibilidad de modelar conocimientos que esta disponible solo en determinado intervalos de tiempo aumentando así la capacidad de representación del mundo real y modelos mas simples de analizar. En general, en la mayoría de estos formalismos, argumentos y contra-argumentos son comparados utilizando un criterio de preferencia pre-determinado permitiendo decidir si un ataque tiene éxito. En el últimos años, el campo de aplicación de la argumentación se ha expandido velozmente, en gran parte debido a los avances teóricos, pero también gracias a la demostración exitosa de su uso práctico en un gran número de domi-

nios de aplicación, tales como el razonamiento legal [5], los sistemas multi-agentes [10], entre muchos otros.

## Agentes y Argumentación

La argumentación constituye un área de estudio de especial interés en el ámbito de la Inteligencia Artificial (ver por ejemplo [6]), principalmente, porque permite razonar en entornos sobre los que un agente puede solo acceder a la información de manera parcial o cuando su capacidad de adquirirla es imprecisa. Estas características, junto con la capacidad de tolerar la existencia de información contradictoria en la base de conocimiento disponible para el agente, los hacen particularmente apropiados para su utilización en la implementación del componente cognitivo superior de un agente autónomo [1]. Este tipo de razonamiento resulta así particularmente atractivo para ser utilizado en la toma de decisiones, además como resultados de la línea de investigación es posible realizar modelos en los cuales la fuerza de un determinado razonamiento puede variar con el tiempo, e.g. la confiabilidad de un determinado razonamiento asociado a la confiabilidad de las fuentes de conocimiento que contiene el mismo.

## Objetivos y Resultados Esperados

En el LIDIA a través de los años se han llevado a cabo diferentes proyectos sobre Sistemas de Argumentación, en particular investigaciones dedicadas a desarrollar sistemas de argumentación masiva. Varias publicaciones proponiendo la creación de mecanismos que pudieran mejorar la complejidad computacional de los sistemas de argumentación basados en Defeasible Logic Programming (DeLP) [4] fueron

propuestas y publicadas en conferencias y revistas internacionales. El objetivo de esta línea de investigación consiste en el diseño y la realización computacional de una arquitectura para un agente autónomo con la capacidad de contribuir a la toma de decisiones en un entorno colaborativo y dinámico. El componente cognitivo de razonamiento epistémico y el componente de razonamiento práctico del agente estarán basados en un formalismo argumentativo. Finalmente, utilizando la arquitectura básica BDI en el desarrollo de los sistemas de apoyo a la decisión, se puede concebir una arquitectura para un agente autónomo que satisfaga estas premisas. De este modo, es posible que los diferentes componentes que integran la arquitectura del agente utilicen razonamiento basado en formalismos argumentativos.

## Formación de Recursos Humanos

Actualmente el equipo de trabajo de esta línea de investigación se encuentra compuesto por un becario de posgrado que accedió a una beca interna del CONICET y su director. Por otra parte se vincula con un grupo de trabajo sobre argumentación y agentes inteligentes compuesto por doctorandos e investigadores formados.

## Referencias

- [1] P. Tarau A. García, D. Gollapally and G. Simari. *Deliberative stock market agents using jinni and defeasible logic programming*. Proceedings of esaw'00 engineering societies in the agent's world, 2000.
- [2] L. Amgoud and H. Prade. *Using arguments for making and explaining decisions*. IA 173 pp. 413-436, 2009.
- [3] A. Maguitman C. Chesñevar and P. Ronald. *Logical models of argument*. ACM Computing Surveys, 32(4),337-383, 2000.
- [4] A. J. García and G. R. Simari. *Defeasible logic programming: An argumentative approach*, *Journal of Theory and Practice of Logic Programming*. 4 (1), pp. 95-138., 2004.
- [5] H. Prakken and G. Sartor. *The role of logic in computational models of legal argument - a critical survey*. In: A. Kakas, F. Sadri (eds.), *Computational Logic: Logic Programming and Beyond*, Springer, pp. 342-380, 2002.
- [6] I. Rahwan and G. Simari (eds.). *Argumentation in Artificial Intelligence*. Springer-Verlag, 2009.
- [7] A. Rao and M. Georgeff. *Modeling rational agents within a BDI-architecture*. 2nd Int. Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR), pages 473-484, 1991.
- [8] A. Rao and M. Georgeff. *BDI Agents: From Theory to Practice*. In Proc. 1st Int. Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), pp. 312-319, San Francisco, USA, 1995.
- [9] Anand S. Rao. *AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language*. In Rudy van Hoe, editor, *Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Eindhoven, The Netherlands, 1996.
- [10] C. Sierra S. Parsons and N. Jennings. *Agents that Reason and Negotiate by Arguing*. *Journal of Logic and Computation* 8,pp. 261-292., 1998.