

# Conocimiento Compartido y Razonamiento Argumentativo Colaborativo para Entornos de Múltiples Agentes en Ambientes Distribuidos

Ramiro A. Agis

Sebastian Gottifredi

Alejandro J. García

Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS–CONICET),  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación,  
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina  
{ramiro.agis, sg, ajg}@cs.uns.edu.ar

## 1. Resumen

Los Sistemas Multi-Agente constituyen un área en continuo crecimiento para el desarrollo de aplicaciones comerciales e industriales de gran escala ya que proveen de manera más natural soluciones a problemas complejos. En este tipo de sistemas, cada agente tiene capacidades limitadas e información incompleta sobre su entorno. Dicha información puede estar en contradicción con la información de otros agentes del sistema, y la resolución de este tipo de conflictos no es trivial. Esta línea de investigación se enfoca en mejorar las capacidades de razonamiento, representación de conocimiento, e interacción de agentes que participan en Sistemas Multi-Agente, los cuales colaboran y comparten su conocimiento en entornos dinámicos.

**Palabras clave:** Sistemas Multi-Agente, Representación de Conocimiento y Razonamiento Argumentativo Colaborativo

*dades de razonamiento y representación de conocimiento de Sistemas Multi-Agente”, financiados por la Universidad Nacional del Sur (UNS), ambos llevados a cabo dentro del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC), UNS.*

## 3. Introducción

Un agente es una entidad computacional autónoma, que percibe su entorno a través de sensores y actúa en ese entorno utilizando efectores. Decir que es autónomo significa que tiene algún tipo de control sobre su propio comportamiento y que puede actuar sin la intervención de otros agentes o humanos. Actualmente los agentes tienen un campo de aplicación muy amplio y existen muchos tipos de agentes diferentes (por ejemplo: reactivos, deliberativos, inteligentes, de interface, colaborativos, etc.) los cuales a su vez están orientados a distintos entornos de aplicación. Los agentes involucran

Inteligencia Artificial cómo Resolución de Problemas Distribuidos, e Inteligencia Artificial Paralela. Es por esto, que los agentes heredan: modularidad, velocidad (gracias al paralelismo), confiabilidad (gracias a la redundancia), fácil mantenimiento, reusabilidad e independencia de la plataforma.

## 2. Contexto

La presente línea de investigación se encuentra inserta en el marco de los proyectos PGI 24/ZN32 “*Formalismos para el tratamiento de confianza y reputación en Sistemas Multi-Agente*” y PGI 24/N035 “*Argumentación y Dinámica de Creencias para mejorar las capaci-*

En un Sistema Multi-Agente (SMA), [DRM05], varios agentes interactúan para conseguir algún objetivo o realizar alguna tarea común. En este tipo de sistemas, cada agente tiene información incompleta y capacidades limitadas, el control del sistema es distribuido, los datos están descentralizados, y la computación es asincrónica. Además, los agentes se desenvuelven en un entorno dinámico y cambiante, el cual no puede predecirse y se ve afectado por las acciones que son llevadas a cabo por los agentes y también por humanos. Por lo tanto, todo lenguaje de especificación o implementación de agentes debe considerar primitivas para la interacción [GGS09]. Debido a las características enunciadas antes, los SMA constituyen un área en continuo crecimiento para el desarrollo de aplicaciones comerciales e industriales de gran escala. Esto se debe principalmente a que proveen de manera más natural soluciones a problemas complejos.

En un SMA los distintos agentes pueden percibir o inferir información diferente (y potencialmente contradictoria e incompleta) sobre el entorno en el que se encuentran. El razonamiento colaborativo consiste en que los agentes – aprovechando sus capacidades de representación de conocimiento y razonamiento – puedan combinar entre todos dicha información para realizar nuevas inferencias difíciles de realizar individualmente, con el objetivo de resolver colaborativamente problemas complejos.

La argumentación constituye un área de estudio de especial interés en el ámbito de la Inteligencia Artificial (ver por ejemplo [RS09]), principalmente, porque permite razonar con información incompleta e incierta, y permite manejar inconsistencias en los sistemas basados en conocimiento. Este tipo de razonamiento es particularmente atractivo para toma de decisiones, y dentro de la Inteligencia Artificial existe particular interés en abordar este tipo de problemas [HV06, FEGG8]. La argumentación ha evolucionado como un mecanismo atractivo

para formalizar el razonamiento de sentido común [PV02, FGKS11, GRS07]. En la literatura se evidencia un gran desarrollo tanto de la formalización de diferentes *frameworks* de argumentación abstracta [BGG05, NBD08]; como así también de sistemas de argumentación estructurados (o basados en reglas) [AK07, DKT06, GS04].

La programación lógica rebatible (*DeLP* por sus siglas en inglés) es un ejemplo de sistema de argumentación estructurado en el cual se puede representar conocimiento en un programa lógico rebatible, en forma de hechos, reglas estrictas y reglas rebatibles. El mecanismo de razonamiento realiza un análisis exhaustivo que considera argumentos a favor y en contra, con el objetivo de encontrar cuales conclusiones están garantizadas por el programa [GS04]. En el último tiempo, 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 dominios de aplicación, tales como el razonamiento legal [PS02], la ingeniería del conocimiento [TGS09], los sistemas multi-agente [PSJ98, AMP02], y el *e-government* [ABM05]. DeLP permite a los agentes representar información potencialmente contradictoria de forma declarativa, y además provee un mecanismo de inferencia para garantizar las conclusiones inferidas.

El razonamiento colaborativo en SMA es un área con muchas aristas por explorar. Los enfoques actuales todavía tienen falencias por resolver, particularmente en situaciones donde los agentes pueden tener conocimiento contradictorio y/o posiciones en conflicto con otros agentes. Por lo tanto, en esta línea de investigación se busca explotar los beneficios de la argumentación y DeLP para equipar a los agentes con mecanismos que les permitan razonar exitosamente de manera conjunta y colaborativa en diferentes contextos.

## 4. Líneas de Investigación y Desarrollo

La línea de investigación propuesta se enfoca en mejorar las capacidades de razonamiento, representación de conocimiento, e interacción de agentes que participan en SMA, los cuales colaboran y comparten su conocimiento en entornos dinámicos. En particular, se busca mejorar la capacidad de los agentes para razonar cuando se intenta resolver problemas de manera conjunta y colaborativa, y además, mejorar la capacidad de aprovechar la información que reciben de sus pares.

El objetivo general de esta línea de investigación es el desarrollo y formalización de técnicas de razonamiento avanzadas, combinando programación en lógica rebatible, argumentación, actualización de bases deductivas, y mecanismos computacionales de confianza y reputación. Su aporte está orientado a la problemática asociada con la especificación e implementación de agentes inteligentes deliberativos, en el contexto de su participación en un sistema multi-agente colaborativo.

Entre los objetivos particulares se encuentran:

- Desarrollar y formalizar métodos de razonamiento automático basados en argumentación, para un entorno de múltiples agentes, los cuales pueden colaborar en dicho razonamiento.
- Desarrollar métodos para equipar a los sistemas de argumentación con la posibilidad de tener en cuenta cambios dinámicos.
- Desarrollar nuevas técnicas de mantenimiento de bases de conocimiento donde los agentes puedan recibir información de múltiples informantes y que involucren mecanismos computacionales de confianza y reputación en SMA.
- Extender la programación lógica rebatible para entornos distribuidos donde puedan coexistir múltiples agentes que comparten información.

La importancia de esta investigación radica en el estudio y desarrollo de nuevos formalismos, técnicas y métodos para su aplicación en las áreas de agentes inteligentes y sistemas multi-agente. Estos sistemas se utilizan en la actualidad para la resolución de problemas complejos en ciencias de la computación y en otras disciplinas. Su campo de aplicación ha ido en aumento en los últimos años, fundamentalmente por los desarrollos teóricos y prácticos producidos en el área de inteligencia artificial distribuida. La aplicación de estos sistemas seguirá en aumento, lo cual requerirá el desarrollo de nuevos formalismos teóricos para su futura aplicación.

Un aspecto de la importancia de esta investigación radica en mejorar la capacidad de resolver problemas de manera colaborativa, utilizando agentes deliberativos autónomos, donde se pueda compartir la información y razonar aprovechando las capacidades individuales. Al intentar resolver un problema de manera conjunta, cada uno de los agentes puede brindar su aporte individual de varias maneras: completando la solución con información relevante que solamente este agente dispone; dar razones a favor de una conclusión; dar razones en contra de una conclusión; o también aportando un criterio de preferencia que permita resolver un conflicto entre conclusiones contradictorias.

Pensar en resolver esta clase de problemas simplemente uniendo las bases de conocimiento de los agentes participantes es impracticable por diferentes razones. Por un lado, los agentes deben poder mantener ciertos niveles de privacidad sobre la información que disponen; además, los agentes que tienen grandes volúmenes de información deberían poder restringirse a aportar solamente la información relevante a la cuestión a tratar, y por otro lado, los agentes no solo pueden colaborar con información, sino también con otros elementos como criterios que permitan resolver conflictos entre diferentes argumentos o información contradictoria.

El estudio de agentes en Ciencias de la Computación involucra tanto a agentes de software como a agentes físicos. Los agentes de software se han convertido en una herramienta fundamental para aplicaciones de naturaleza distribuida en entornos dinámicos, y tienen aplicación directa en áreas como robótica cognitiva, comercio electrónico, y asistentes para toma de decisiones. El desarrollo de tecnología de agentes inteligentes permitirá además lograr nuevos avances en áreas fundacionales de las Ciencias de la Computación como sistemas operativos distribuidos, bases de datos distribuidas, y lenguajes de programación en paralelo.

## 5. Resultados Esperados

Con el fin de cumplir los objetivos antes mencionados, en esta línea de investigación se espera lograr los siguientes resultados a corto plazo:

- Definir una estrategia de intercambio de argumentos que permita a los agentes compartir conocimiento entre sí, y que contemple y resuelva los potenciales conflictos que surjan de dicho intercambio de información.
- Definir una estrategia que permita a los agentes generar reglas a partir del razonamiento colaborativo sobre las diferentes percepciones parciales e individuales del entorno.
- Definir una estrategia de toma de decisiones entre múltiples agentes que utilice argumentación colectiva, basada en confianza y reputación de múltiples informantes.

## 6. Formación de Recursos Humanos

Dentro de esta línea de investigación se lleva a cabo la tesis de Doctor en Ciencias de la Computación de Ramiro A. Agis, bajo la direc-

ción de Alejandro J. García y Sebastian Gottifredi, en desarrollo dentro del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA) perteneciente al Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (ICIC), instituto de doble dependencia de la Universidad Nacional del Sur y CONICET. Actualmente, el LIDIA cuenta con investigadores, becarios y estudiantes de posgrado trabajando intensamente en las áreas de Razonamiento bajo Incertidumbre e Inconsistencia, Web Semántica, Razonamiento sobre Preferencias, Robótica Cognitiva, Argumentación Rebatible, Revisión de Creencias y Sistemas Multi-Agente.

## 7. Bibliografía

- [AK07] L. Amgoud, S. Kaci, *An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases*, Int. J. Approx. Reasoning 45(2): 321-340, 2007.
- [AMP02] L. Amgoud, N. Maudet, S. Parsons, *An argumentation-based semantics for agent communication languages*, in: Proc. of the 15th. ECAI, Lyon, France, 2002, pp. 38-42.
- [ABM05] K. Atkinson, T. J. M. Bench-Capon, P. McBurney, *Multi-agent argumentation for e-democracy*, in: Proceedings of the Third European Workshop on Multi-Agent Systems, Brussels, Belgium, Koninklijke Vlaamse Academie, 2005, pp. 35-46.
- [BGG05] P. Baroni, M. Giacomin, G. Guida, *Scn-recursiveness: a general schema for argumentation semantics*, Artificial Intelligence, 168 (1-2), 2005, 162-210.
- [DRM05] Dastani, M.; van Riemsdijk, M. B.; and Meyer, J.-J. C. 2005. *Programming multi-agent systems in 3apl*. In Multi-Agent Programming. 39–67.
- [DKT06] P. M. Dung, R. A. Kowalski, F. Toni, *Dialectic proof procedures for assumption-based, admissible argumentation*, Artificial Intelligence, 170(2): 114-159, 2006.

- [FGKS11] M. Falappa, A. García, G. Kern-Isberner, G. Simari. *On the evolving relation between Belief Revision and Argumentation*. The Knowledge Engineering Review Journal v26:1, pp. 35-43, Cambridge University Press, 2011.
- [FEGG8] E. Ferretti, M. Errecalde, A. J. García, G. R. Simari, *Decision Rules and Arguments in Defeasible Decision Making*. In the 2nd International Conference on Computational Models of Argument (COMMA'08), Toulouse, France, 2008.
- [GRS07] A. J. García, N. D. Rotstein, G. R. Simari, *Dialectical explanations in defeasible argumentation*, In Khaled Mellouli, editor, ECSQARU, volume 4724 of Lecture Notes in Computer Science, pages 295–307, Springer, 2007.
- [GS04] A. J. García, G. R. Simari, *Defeasible logic programming: An argumentative approach*, Journal of Theory and Practice of Logic Programming, 4 (1), 2004, pp. 95-138.
- [GG09] S. Gottifredi, A. J. García, G. R. Simari, *Argumentation Systems and Agent Programming Languages*, In AAI Fall Symposium: The Uses of Computational Argument, Washington D.C., USA, 2009.
- [HV06] D. L. Hitchcock, B. Verheij (eds.), *Arguing on the Toulmin Model*. New Essays in Argument Analysis and Evaluation (Argumentation Library, Volume 10), Dordrecht: Springer-Verlag, 2006.
- [MH02] Mui, L. Halberstadt, A. and Mohtashemi, M. *Notions of Reputation in Multi-Agent Systems: A Review*. In: First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-02). pp. 280-287, 2002.
- [NBD08] F. S. Nawwab, T. J. M. Bench-Capon, P. E. Dunne, *A Methodology for Action-Selection using Value-Based Argumentation*, COMMA 2008: 264-275.
- [PSJ98] S. Parsons, C. Sierra, N. Jennings, *Agents that Reason and Negotiate by Arguing*, Journal of Logic and Computation 8, 1998, pp. 261-292.
- [PS02] H. Prakken, 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, 2002, pp. 342-380.
- [PV02] H. Prakken, G. Vreeswijk, *Logical Systems for Defeasible Argumentation*, in: D. Gabbay, F. Guenther (eds.), Handbook of Philosophical Logic, Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 219-318.
- [RS09] I. Rahwan, G. Simari (eds.), *Argumentation in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, 2009, ISBN 978-0-387-98196-3.
- [TGKS8] M. Thimm, A. J. Garcia, G. Kern-Isberner, G. R. Simari. *Using Collaborations for Distributed Argumentation with Defeasible Logic Programming*. Proc. of the Twelfth Int. Workshop on Non-Monotonic Reasoning (NMR'08), pp 179-188. 2008.
- [TGS09] M. Tucat, A. J. García, G. R. Simari, *Using Defeasible Logic Programming with Contextual Queries for developing Recommender Servers*, In AAI Fall Symposium: The Uses of Computational Argument, Washington D.C., USA, 2009.