

Toma de Decisiones Individuales y Colectivas para Sistemas Multi-agente en Entornos Distribuidos

Martín E. Buron Brarda¹

Luciano H. Tamargo²

Alejandro J. García²

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

²Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET),

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación,

Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136

e-mail: {martin.buron, lt, ajg}@cs.uns.edu.ar

RESUMEN

Esta línea de investigación se enfoca en mejorar las capacidades para la toma de decisiones individuales y colectivas de agentes en sistemas multi-agente. Dentro de este enfoque, se planea estudiar y desarrollar como mejorar en los agentes los siguientes aspectos: la capacidad de representación de conocimiento individual y colectivo, la capacidad de realizar inferencias, la capacidad de interacción e intercambio de información, y la capacidad de integrar esos elementos para tomar decisiones tanto individuales como colectivas. El aporte de esta investigación está orientado al desarrollo de formalismos y mecanismos para la toma de decisiones, por parte de agentes inteligentes deliberativos, en el contexto de un sistema multi-agente.

Ingeniería de la Computación (ICIC) de doble dependencia entre CONICET y la Universidad Nacional del Sur, y dentro del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de dicha universidad.

El primer autor posee una beca para realizar un doctorado en Ciencias de la Computación financiada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). Además, esta investigación está dentro del marco de los proyectos de investigación: “Formalismos para el tratamiento de confianza y reputación en sistemas multi-agente” (PGI 24/ZN32), y “Argumentación y dinámica de creencias para mejorar las capacidades de razonamiento y representación de conocimiento en sistemas multi-agente” (PGI 24/N035), ambos financiados por la

Palabras clave: Toma de Decisiones, Sistemas Multi-Agente, Argumentación

CONTEXTO

Esta línea de investigación se realizará dentro del ámbito del Instituto de Ciencias e

1. INTRODUCCIÓN

Los agentes inteligentes ofrecen beneficios como: modularidad, velocidad, confiabilidad, facilidad de mantenimiento, reusabilidad y portabilidad. Por este motivo, se han convertido en un tema de gran interés para las

Ciencias de la Computación. Por eso mismo, el desarrollo de sistemas multi-agente [ABM05, DRM05, W09, Tam13], también ha ganado posición en área. En este tipo de sistemas, varios agentes interactúan para conseguir algún objetivo o realizar alguna tarea en común. En dicho escenario cada agente tiene información incompleta y capacidades limitadas, el control del sistema es distribuido, los datos están descentralizados, y la computación es asincrónica. Debido a las características enunciadas antes, los sistemas multi-agente 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.

Uno de los aspectos centrales en el desarrollo de agentes de software y agentes físicos, es la capacidad de estos agentes para la toma de decisiones [W09]. Este aspecto influye directamente en el comportamiento del agente y de los agentes con los cuales interactúa al resolver problemas en forma conjunta. El tema de toma de decisiones ha sido abordado desde diferentes puntos de vista pero sigue siendo motivo de estudio con aspectos aún no desarrollados.

Uno de los aportes de esta investigación es mejorar la capacidad de los agentes para tomar decisiones, y de esta manera, poder resolver problemas de manera conjunta. Nuestra propuesta considera un conjunto de agentes deliberativos autónomos, que intercambian información y pueden aprovechar las capacidades individuales de cada miembro de la comunidad. Al intentar resolver un problema de manera conjunta, cada uno de los agentes puede brindar su aporte individual de varias maneras: aportar información relevante que solamente este agente dispone, dar razones a

favor o en contra de una decisión, o también aportando un plan o modificando sus planes a fin de lograr alguna meta que colabore en la decisión que se quiere tomar.

Pensar en resolver el problema de toma de decisiones de manera grupal, simplemente uniendo en un mismo repositorio las bases de conocimiento, los planes, las metas y las preferencias de todos los agentes participantes, es impracticable. Existen varias razones que impiden realizarlo de esa forma: una de las ventajas del modelo de agentes es que los agentes son entidades autónomas con sus propias metas y deben poder mantener ciertos niveles de privacidad sobre su conocimiento, metas y planes. Además, los agentes que tienen grandes volúmenes de información deberían poder aportar solamente lo que se considere relevante a la decisión a tomar, y por otro lado, los agentes no solo pueden colaborar con información, sino también con planes o realizando acciones que permitan resolver conflictos ante la presencia de elementos contradictorios.

Hoy en día la argumentación constituye un área de estudio de especial interés en el ámbito de toma de decisiones y sistemas multi-agente (ver por ejemplo [FECS14, GCRS13, GDS09, RS09]), principalmente, porque permite razonar con información incompleta e incierta, y 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 [FECS14]. La argumentación ha evolucionado como un mecanismo atractivo para formalizar el razonamiento de sentido común [PV02, FGKS11, CGS16]. En la literatura se evidencia un gran desarrollo tanto de la formalización de diferentes marcos de argumentación abstracta

[ABM05, AK07, NBD08], como así también de sistemas de argumentación estructurados (o basados en reglas) [GS14, MP14, Toni14].

En esta investigación se buscará extender los métodos de razonamiento automático basados en argumentación, para que puedan ser aplicados para la toma de decisiones individuales y colectivas de un conjunto de agentes. Y además se buscará desarrollar extensiones de alguna implementación de sistemas de argumentación estructurada con el fin de disponer de herramientas de especificación e implementación para entornos distribuidos donde puedan coexistir múltiples agentes en paralelo y compartir parte de su conocimiento. 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 lógicorebatible, en forma de hechos, reglas estrictas y reglas rebatibles [GS04, GDS09, GS14]. Los objetivos particulares de esta investigación se orientarán a estos temas.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Esta línea de investigación toma como punto de partida varias publicaciones vinculadas a la misma. Por ejemplo, en [W09] se establecen bases para el estudio de sistemas multi-agente, y se enfatiza la importancia de contar con mecanismos formales de comunicación entre agentes. Este concepto también es respaldado por [GGS09, DRM05] que también consideran que todo lenguaje de especificación o implementación de agentes debe considerar primitivas para la interacción.

En [GS04] se presenta el sistema de argumentación estructurada DeLP, y en

[GS14] se introducen los DeLP-Servers que permiten utilizar la argumentación en ambientes distribuidos lo cual es imprescindible en aplicaciones de SMA.

En esta investigación se aplicarán los resultados obtenidos al desarrollo de agentes (tanto de software como robots físicos) que se desenvuelven en ambientes distribuidos y dinámicos, y pueden ejecutarse en paralelo. En particular, esta investigación buscará mejorar la capacidad de los agentes para razonar cuando se pretende tomar decisiones al resolver problemas de manera conjunta. Además, se intentará mejorar la capacidad de administrar de la mejor manera posible la información que los agentes reciben de sus pares.

La importancia de esta investigación radica en que los sistemas multi-agentes se han convertido en una herramienta natural para aplicaciones distribuidas en entornos dinámicos, y tienen aplicación directa en áreas como robótica cognitiva, comercio electrónico, y asistentes para toma de decisiones. El desarrollo de nueva tecnología en agentes inteligentes y sistemas multi-agente 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.

3. RESULTADOS ESPERADOS

En esta línea de investigación se espera poder concretar los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar, desarrollar y formalizar métodos de toma de decisiones individuales y grupales en ambientes de múltiples agentes, considerando tanto escenarios de agentes

colaborativos como de agentes competitivos.

- Estudiar, y extender los métodos de razonamiento automático basados en argumentación, para que puedan ser aplicados para la toma de decisiones individuales y colectivas de un conjunto de agentes.
- Desarrollar y formalizar métodos para integrar a los sistemas de argumentación con la posibilidad de tener en cuenta información recibida de múltiples agentes en entornos distribuidos y dinámicos.
- Desarrollar extensiones de alguna implementación para sistemas de argumentación estructurada (como DeLP [GS14], ASPIC [MP14], o ABA [Toni14]) con el fin de disponer de herramientas de representación de conocimiento y razonamiento para la especificación e implementación de agentes que puedan coexistir en paralelo y compartir parte de su conocimiento.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Esta línea de investigación forma parte de los trabajos que se realizarán para la concreción de un Doctorado en Ciencias de la Computación por parte del primero de los autores. Los demás autores son quienes dirigirán el proyecto ya que han trabajado en temas relacionados con esta línea de investigación como se puede ver en los artículos [TGKS08, GGS09, Tam13, GCRS13, GS14, FECS14, TGGS16].

5. BIBLIOGRAFIA

- [AK07] L. Amgoud, S. Kaci, An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases, *Int. J. Approx. Reasoning* 45(2): 321-340, 2007.
- [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.
- [CGS16] A. Cohen, A. J. García, G. R. Simari. A Structured Argumentation System with Backing and Undercutting. *International Scientific Journal Engineering Applications of Artificial Intelligence* v. 49 pp. 149-166. Elsevier science BV. March (2016) DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2015.10.001>
- [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.
- [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.
- [FECS14] E. Ferretti, M. Errecalde, A. J. García, G. R. Simari. A Possibilistic Defeasible Logic Programming Approach to Argumentation-Based Decision Making. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence* Vol. 26, Issue 4 pp 519-550. Taylor & Francis. (2014) DOI: 10.1080/0952813X.2014.921733.

- [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.
- [GDS09] A. J. García, J. Dix, G. R. Simari. Chapter 8: Argument-based Logic Programming. Book: *Argumentation in Artificial Intelligence* Springer Science+Business Media, (2009), DOI 10.1007/978-0-387-98197-0_8.
- [GCRS13] A. J. García, C.I. Chesñevar, N. D. Rotstein, G. R. Simari. Formalizing dialectical explanation support for argument-based reasoning in knowledge-based systems. *Expert Systems with Applications* v40 issue 8 pp. 3233–3247, ISSN 0957-4174. Elsevier. (2013) DOI:10.1016/j.eswa.2012.12.036.
- [GS14] A. J. García, G. R. Simari. Defeasible Logic Programming: DeLP-servers, Contextual Queries, and Explanations for Answers. *Argument & Computation* v5. Taylor & Francis. (2014) DOI:10.1080/19462166.2013.869767
- [GGS09] S. Gottifredi, A. J. García, G. R. Simari, *Argumentation Systems and Agent Programming Languages*, In *AAAI Fall Symposium: The Uses of Computational Argument*, Washington D.C., USA, 2009.
- [MP14] S. Modgil & H. Prakken. The ASPIC+ framework for structured argumentation: a tutorial. *Argument & Computation* v5. Taylor & Francis. (2014) DOI:10.1080/19462166.2013.869766
- [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.
- [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.
- [Tam13] L. H. Tamargo, M. Thimm, P. Krümpelmann, A. J. García, M. A. Falappa, G. Kern-Isberner, G. R. Simari. Chapter 7: Credibility-based selective revision by deductive argumentation in multi-agent systems. pp: 155-182. Book: *Trends in Belief Revision and Argumentation Dynamics*. E. Ferme G. D. Gabbay and G. Simari (Eds) ISBN: 978-1-84890-065-3. College Publications. 2013.
- [TGGS16] L. H. Tamargo, S. Gottifredi, A. J. García, G. R. Simari. Sharing beliefs among agents with different degrees of credibility. *Knowledge and Information Systems*. Springer. 2016. DOI: 10.1007/s10115-016-0964-6
- [TGKS08] 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.
- [Toni14] F. Toni. A tutorial on assumption-based argumentation. *Argument & Computation* v5. Taylor & Francis. (2014) DOI:10.1080/19462166.2013.869878
- [W09] Michael Wooldridge. *An Introduction to Multi-Agent Systems - Second Edition*. 2009 John Wiley & Sons Ed.