

# Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos

Mario Moya                      Pablo Kogan                      Gerardo Parra  
Sandra Roger                      Laura Cecchi

email: {moya.mario,pablo.kogan,gerardopar,giuvago,lcecchi}@gmail.com

*Grupo de Investigación en Lenguajes e Inteligencia Artificial*  
Departamento de Teoría de la Computación  
Facultad de Informática

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
Buenos Aires 1400 - (8300)Neuquén - Argentina

## Resumen

La meta fundamental de este proyecto es el desarrollo de conocimiento especializado en el área de Inteligencia Artificial Distribuida, estudiando técnicas de representación del conocimiento y razonamiento, junto con métodos de planificación y tecnologías del lenguaje natural aplicadas al desarrollo de sistemas multiagentes.

En la línea Planificación, la temática de investigación es el desarrollo de una arquitectura para agentes que soporte tanto *control reactivo* como *deliberativo*, de forma tal que el agente pueda actuar de manera competente y efectiva en un ambiente real. Uno de los objetivos de esta investigación es el intento de dotar a un agente inteligente de ambas capacidades. Esto brindará la posibilidad de elegir cuál sería la mejor forma de actuar frente a un problema determinado.

Por otro lado, las otras líneas se basan en técnicas de procesamiento del lenguaje natural (PLN). La información textual disponible en la web podría ser categorizada en expresiones de hecho y de opinión. Las expresiones de hechos están relacionadas a entidades, eventos y sus propiedades. Por otro lado, las de opinión son usualmente expresiones subjetivas que describen algún sentimiento sobre

las personas, valoraciones o sentimientos hacia las entidades, eventos y sus propiedades.

Siguiendo con esto, cada línea de investigación, dentro del PLN, está orientada a tratar con una de estas categorías. Es así que la línea de *Opinion Mining* se centra en las expresiones de opinión. Mientras que la línea de investigación sobre la inteligencia empresarial (*Business Intelligence*), en esta primera etapa, está orientada a trabajar solamente con expresiones de hechos.

**Palabras Clave:** AGENTES INTELIGENTES, SISTEMAS MULTIAGENTES, PLANIFICACIÓN CONTINUA, PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL, BUSINESS INTELLIGENCE, OPINION MINING.

## Contexto

Este trabajo está parcialmente financiado por la Universidad Nacional del Comahue, en el contexto del proyecto de investigación *Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos: Planificación, Razonamiento y Tecnologías del Lenguaje Natural*. El proyecto de investigación tiene prevista una duración de tres años, ha comenzado en enero del 2010 y finaliza en diciembre de 2012.

# 1. Introducción

Los sistemas distribuidos inteligentes se han estado afianzando, durante estos últimos años, como uno de los campos de aplicación más importantes de las técnicas de Inteligencia Artificial. El avance tecnológico en las comunicaciones ha resultado en la convergencia de dos áreas de investigación muy importantes de las Ciencias de la Computación: la Inteligencia Artificial y los Sistemas Distribuidos.

La Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) es un campo de la Inteligencia Artificial dedicado al estudio de las técnicas y métodos necesarios para la coordinación y distribución del conocimiento y las acciones en un entorno con múltiples agentes. Particularmente, la IAD estudia la construcción de sistemas multiagentes (SMA), es decir, sistemas en los que varios agentes inteligentes heterogéneos interactúan utilizando mecanismos de cooperación, coordinación y negociación, con el objeto de lograr sus metas.

En la actualidad, existen diversos dominios en los que el proceso de distribución es clave y fundamental para la solución de los problemas. Esto es logrado a través de múltiples entidades inteligentes capaces de interactuar y trabajar de manera coordinada, con el fin de alcanzar las metas comunes. Algunos ejemplos de estos dominios son el *e-commerce* (comercio electrónico), las búsquedas en la web, los agentes de planificación y los juegos, entre muchos otros.

## 2. Líneas de investigación, resultados obtenidos y esperados

El proyecto de investigación *Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos: Planificación, Razonamiento y Tecnologías del Lenguaje Natural* tiene varios objetivos generales. Por un lado, el de desarrollar

conocimiento especializado en el área de Inteligencia Artificial Distribuida. Además, se estudian técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, junto con métodos de planificación [4, 14] y tecnologías del lenguaje natural aplicadas al desarrollo de sistemas multiagentes.

En la línea Planificación, la temática que se está investigando es el desarrollo de una arquitectura para agentes que soporte tanto *control reactivo* como *deliberativo*, de forma tal que el agente pueda actuar de manera competente y efectiva en un ambiente real. Hanks y Firby [6] sugieren tratar de alcanzar un sutil equilibrio de estas dos estrategias: *deliberación* y *reacción*.

Uno de los objetivos de esta investigación es el intento de dotar a un agente inteligente de ambas capacidades. Esto brindará la posibilidad de elegir cuál sería la mejor forma de actuar frente un problema determinado.

Las capacidades deliberativas se logran a partir de la implementación de un planificador novedoso, denominado *planificación continua* [8], una de las alternativas para planificación en ambientes reales planteadas en [13]. En esta aproximación, se presenta un agente que persiste indefinidamente en un entorno, posiblemente cambiante y dinámico. Tal agente no se detiene al alcanzar un meta determinada, sino que sigue ejecutándose en una serie de fases que se repiten e incluyen la formulación de metas, planificar y actuar. Para ganar eficiencia y tiempo de deliberación, la arquitectura provee una *librería de planes* prediseñados por el programador del agente para que sean adaptados o reparados, para aplicarlos a situaciones particulares. Cada miembro de esta librería consiste de un *cuerpo* y una *condición de invocación*, indicando bajo qué circunstancias se puede aplicar este plan.

Asimismo, se tiene previsto que el diseño del agente de esta investigación tenga dos modos de operación: *reactivo* o *planificador*. Con estos dos modos, básicamente, se plantea un *subsistema de control* con dos posibles configuraciones. En la primera, el

planificador tiene el control por defecto y sólo cuando no pueda resolver una determinada situación, le transmite el control al modo reactivo. En la otra posible configuración, el modo reactivo está a cargo y le pasa el control al modo planificador en situaciones previamente identificadas por el diseñador del agente. Este subsistema se implementa como un conjunto de *reglas de control*. Estas reglas de control permiten determinar cuál de los modos de operación tendrá el control del agente en determinada situación.

Otro de los aspectos que es necesario desarrollar es la generación de metas. Esta capacidad, de acuerdo al diseño del agente, está a cargo del *subsistema de deseos*. Por lo tanto, se hace necesario que los agentes inteligentes complejos cuenten con este subsistema de deseos, que puedan gerenciar varias metas e incluso que éstas puedan variar en el tiempo. Eventualmente, algunas de estas metas tendrán diferentes prioridades que variarán de acuerdo a las necesidades situacionales del agente.

En planificación otro punto de interés es el estudio de los lenguajes de representación. La irrupción de PDDL (*Planning Domain Definition Language*)[7] como standard de lenguaje de representación genera nuevos e importantes desafíos. Estos radican en la necesidad de desarrollar y/o extender herramientas que lo soporten y la ampliación de su expresividad para adecuarlo a los dominios de aplicación destino.

Uno de los resultados esperados de nuestra investigación es la implementación de un traductor del lenguaje PDDL (o un subconjunto relevante de él) para la descripción de los dominios y de las acciones, de manera tal que puedan ser manipuladas por el framework de *planificación continua*[8]. Es esperable que el framework pueda aprovechar las características que ofrece PDDL. Esto permitiría una rápida aplicación a cualquier problema definido en el lenguaje, y la posibilidad de comparar resultados de rendimiento con otras soluciones al mismo problema.

Un desafío atractivo de la IAD es el estudio de la planificación en SMA. La pla-

nificación distribuida y cooperativa generaliza el problema de la planificación en dominios donde varios agentes planifican, actúan juntos y comparten recursos, actividades y metas. La planificación en SMA trae algunos puntos por resolver, como la elección por parte del sistema entre diferentes planes de los agentes y/o el costo/beneficio de cada agente al realizar un plan común. Estas competencias sugieren la utilización de la teoría de juegos. Existen algunos trabajos desarrollados [5, 2, 1] donde se analizan diferentes modelos, como agentes totalmente cooperativos que trabajan para lograr un objetivo común y agentes que cooperan pero teniendo en cuenta sus propios intereses. Sin embargo, son escasos los desarrollos y estudios de estos modelos en ambientes dinámicos y parcialmente observables.

Dentro de la línea de investigación relacionada a las tecnologías del lenguaje humano destacamos dos sublíneas: la inteligencia empresarial (*Business Intelligence-BI*) y la minería de opinión (*Opinion Mining*).

Hoy en día, los Data Warehouse (DW) desempeñan un papel decisivo en las aplicaciones de BI, debido al hecho de que pueden proporcionar muchos años de información histórica en una forma precisa para la toma de decisiones. Esta información histórica puede ser estructurada (por ejemplo, bases de datos transaccionales) o no estructurada (como, informes internos o correos electrónicos).

Tradicionalmente, las soluciones de BI se han centrado en datos estructurados. Sin embargo, fuentes no estructuradas de datos se están volviendo más y más importantes para potenciar el proceso de toma de decisiones. En concreto, los datos (no estructurados) provenientes tanto de dentro de la empresa como del exterior.

Desafortunadamente, la investigación en esta dirección sólo se refirió al uso de la utilización de IR (*Information Retrieval*) para el manejo de datos no estructurados. El principal inconveniente de estos sistemas es que no analizan el significado de la información

en los documentos, por lo que sólo devuelven los documentos los cuales no sirven para alimentar directamente las aplicaciones de BI. Para superar esta situación y obtener un mejor conocimiento, se propone obtener el primer modelo para la integración de DW y los sistemas de QA (*Question Answering*). Este modelo supera los enfoques anteriores, ya que sistemas de QA incrementan la precisión de los resultados a través de una comprensión más profunda del texto y los resultados obtenidos enriquecen las DWs mejorando considerablemente el proceso de la toma de decisiones.

Por otra parte, esta propuesta de integración se logra por medio de una ontología que representa los beneficios que esta integración produce tanto en tecnologías de QA como DW, a diferencia de otros anteriores enfoques [10, 9], que utilizan ontologías sólo para la comunicación e intercambio de datos. Para hacer uso de las evaluaciones e implementaciones se ha utilizado el sistema de QA denominado AliQAn [11, 3, 12], con el que se ha participado en varias competiciones CLEF, tanto en tareas monolingües como cross-lingual.

Como proyectos futuros, se estudiará el pre-procesamiento de las páginas web con el fin de manejar adecuadamente tablas. Por otra parte, vamos a estudiar cómo las diferentes etapas de este enfoque puede ser automatizado, por ejemplo, cómo una consulta inicial en la DW sistema puede generar diferentes consultas y combinando adecuadamente las respuestas del sistema, ayudar positivamente al proceso de toma de decisiones.

### 3. Formación de Recursos Humanos

El actual proyecto de investigación es una continuación de la línea de investigación abierta en el proyecto anterior: *Técnicas de Inteligencia Computacional para el Diseño e Implementación de Sistemas Multiagentes*.

Durante la ejecución del actual proyecto de investigación, un miembro del grupo ya ha defendido exitosamente su tesis de Li-

enciatura en Ciencias de la Computación. A partir de las líneas de investigación planteadas en el proyecto, se pretende dar inicio a, por lo menos, dos nuevas tesis de Licenciatura.

Asimismo, en el transcurso del proyecto se espera lograr la culminación de, al menos, dos tesis doctorales y la iniciación de una tesis de Magister en Ciencias de la Computación. Finalmente, se aspira a que los miembros más recientes del grupo se consoliden como investigadores.

## Referencias

- [1] R. I. Brafman and C. Domshlak. From one to many: Planning for loosely coupled multi-agent systems. In J. Rintanen, B. Nebel, J. C. Beck, and E. A. Hansen, editors, *ICAPS*, pages 28–35. AAAI, 2008.
- [2] R. I. Brafman, C. Domshlak, Y. Engel, and M. Tennenholtz. Planning games. In C. Boutilier, editor, *IJCAI*, pages 73–78, 2009.
- [3] S. Ferrández, P. López-Moreno, S. Roger, A. Ferrández, J. Peral, X. Alvarado, E. Noguera, and F. Llopis. Monolingual and cross-lingual qa using aliqan and brili systems for clef-2006. *Workshop of Cross-Language Evaluation Forum (CLEF)*, 2006.
- [4] M. Ghallab, D. Nau, and P. Traverso. *Automated Planning. Theory and Practice*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [5] G. D. Giacomo, P. Felli, F. Patrizi, and S. Sardiña. Two-Player Game Structure for Generalized Planning and Agent Composition. In *Proceedings of the Twenty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pages 297–302, 2010.
- [6] S. Hanks and R. J. Firby. Issues in architectures for planning and execution.

- In *Workshop on Innovative Approaches to Planning, Scheduling and Control*, pages 59–70, Scheduling and Control, San Diego, CA, November 1990.
- [7] D. McDermott. PDDL, the Planning Domain Definition Language. Technical report, Yale Center for Computational Vision and Control, 1998.
- [8] M. Moya and C. Vaucheret. Agentes deliberativos basados en planificación continua. In *X Workshop Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI)*, Martiarena esquina Italia - S.S. de Jujuy, Octubre 2009. Universidad Nacional de Jujuy - Facultad de Ingeniería.
- [9] T. Priebe and G. Pernul. Ontology-based Integration of OLAP and Information Retrieval. In *Proceedings of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'03)*, page 610, 2003.
- [10] T. Priebe and G. Pernul. Towards integrative enterprise knowledge portals. In *Proceedings of the 12th International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'03)*, pages 216–223, 2003.
- [11] S. Roger, S. Ferrández, A. Ferrández, J. Peral, F. Llopis, A. Aguilar, and D. Tomás. AliQAn, Spanish QA System at CLEF-2005. In *Workshop of Cross-Language Evaluation Forum (CLEF). ISSN: 0302-9743 - Lecture Notes in Computer Science - Accessing Multilingual Information Repositories*, 4022(1):457–466, 2005.
- [12] S. Roger, K. Vila, A. Ferrández, M. Padiño, J. Gómez, M. Pucho-Blasco, and J. Peral. Using AliQAn in Monolingual QA@CLEF-2008. *Evaluating Systems for Multilingual and Multimodal Information Access*, 5706(1):333–336, 2009.
- [13] S. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence: A modern approach*. Prentice Hall, New Jersey, third edition, 2009.
- [14] J. Zhang, X. Nguyen, and R. Kowalczyk. Graph-based Multi-agent Replanning Algorithm. In *Proceedings of the Sixth Intl. Joint Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2007.