

Técnicas de Inteligencia Computacional para el Diseño e Implementación de Sistemas Multiagentes

Luciana Benotti Laura A. Cecchi Rodolfo del Castillo Gerardo Parra
Sandra Roger Gastón Tagni Claudio Vaucheret

{lbenotti, lcecchi, rolo, gparra, sroger, gtagni, cvaucher}@uncoma.edu.ar

Depto. de Ciencias de la Computación - Fa.E.A.

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

Palabras Clave: SISTEMAS MULTIAGENTES, PLANEAMIENTO, REVISIÓN DE CREENCIAS, PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL, SISTEMAS ARGUMENTATIVOS, COMPLEJIDAD .

1 Introducción

El proyecto de investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el Diseño e Implementación de Sistemas Multiagentes”, del Departamento de Ciencias de la Computación, U.N.Co., tiene por objeto estudiar Sistemas Multiagentes (SMA) desde diferentes aspectos. Por un lado, se analiza al agente como entidad cognitiva haciendo hincapié en técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, particularmente Planificación, Dinámica de Creencias, Sistemas Argumentativos y Programación en Lógica.

Por otro, se evalúan mecanismos de comunicación con otros agentes. Los Sistemas Argumentativos y los Sistemas de Diálogos proveen un marco formal para modelar razonamiento y las negociaciones entre agentes autónomos. Asimismo, se contempla la posibilidad de SMA integrados por agentes humanos, lo que requiere del estudio del Procesamiento de Lenguaje Natural (de ahora en más PLN) particularmente en aplicaciones de búsqueda de información sobre la web.

Finalmente, se estudia la Programación en Lógica como lenguaje declarativo con el objeto de mejorar la capacidad de generar automáticamente código ubicuo. El objetivo de este trabajo es presentar las líneas de trabajo de nuestro proyecto de investigación, los resultados alcanzados y los desarrollos futuros.

2 Líneas de Investigación y Resultados Alcanzados

En esta sección presentamos las diferentes líneas de investigación y los avances logrados, junto con las publicaciones que los avalan.

Planificación y Dinámica de Creencias: En este sentido se estudia la actividad de replaneamiento de los agentes inteligentes desde el punto de vista de la teoría de Dinámica de Creencias. El dinamismo del entorno provoca que algunos de los planes que los agentes han elaborado deban ser

modificados para poder alcanzar las metas finales. Esta actividad de replaneamiento puede considerarse, una revisión de planes. Ciertas partes pueden ser conservadas, pero otras deben ser removidas y reemplazadas por subplanes convenientes que ofrezcan la posibilidad de éxito para el plan global. Graphplan es un algoritmo simple y elegante que produce planes extremadamente eficientes, en muchos casos, órdenes de magnitud más eficiente que sistemas previos. Por esta razón, es el algoritmo en estudio que deseamos adaptar utilizando la teoría de Dinámica de Creencias. En el contexto de Graphplan remover una porción de un plan o reemplazarla por un subplan implica la reconstrucción del grafo de planeamiento desde el principio. Dado que este no es un problema trivial, es imperativo conservar la mayor parte del grafo ante la necesidad de modificación del plan original. Con esta motivación, hemos propuesto diversos operadores de cambios para grafos de planning. Específicamente, hemos introducido operadores de expansión[14], contracción[11], revisión[12] y revisión no priorizada[13] de grafos de planning para modelar operaciones de cambio de planes.

Complejidad Computacional y Descriptiva de la Programación en Lógica Rebatible: En los últimos años, se han incrementado las aplicaciones en SMA y búsquedas en la web cuyo formalismo está basado en los Sistemas Argumentativos. La robustez y escalabilidad de estos sistemas dependerán fuertemente de las propiedades computacionales de sus algoritmos. Por esta razón, se requiere analizar la Complejidad Computacional y Descriptiva para la Programación en Lógica Rebatible (PLR), con el objeto de expandir el campo de aplicaciones de los sistemas argumentativos. Con este fin en mente, se estudió la semántica GS, desarrollada en etapas anteriores de la investigación, y se definieron problemas de decisión que se consideraron relevantes [4]. Con el objeto de determinar la complejidad computacional de los problemas de decisión introducidos, se estudió a la PLR desde tres enfoques [5]: la complejidad de los datos (Data Complexity), la de los programas (Program Complexity) y la combinada (Combined Complexity). Los resultados obtenidos en cuanto a complejidad computacional bajo los enfoques *Data complexity* y *Combined complexity* pueden encontrarse en [4, 5]. Como consecuencia de la investigación realizada sobre Data Complexity se determinaron límites inferiores de la Complejidad Descriptiva de la PLR. Ya que nuestros resultados están parametrizados, hemos establecido una cota inferior en **NP**, que coincide con la clase de propiedades de las estructuras expresables en lógica de segundo orden existencial.

Aspectos de Implementación de los Lenguajes Declarativos: La interpretación abstracta de programas es una tecnología que permite el análisis estático de programas para obtener propiedades de la ejecución de los mismos sin ejecutar realmente los programas. La utilización de diferentes dominios abstractos permiten inferir de programas lógicos propiedades como el grado de instanciación de las variables, aliasing y dependencias entre las variables, tipos, etc. Si bien, originalmente Prolog es un lenguaje no tipado, se han propuesto sistemas de tipos para Prolog y se ha mostrado su utilización tanto para depuración de errores como para la optimización y especialización de programas. Dentro de los objetivos de la investigación se encuentra el de comparar la precisión y eficiencia de los analizadores top-down para tipos. Para ello se realizó la implementación de un analizador de modo que sea comparable con las implementaciones existentes bottom-up y se le pudieron incorporar las diferentes técnicas a comparar. Los operadores de widening son necesarios para garantizar la terminación del análisis en dominios infinitos como el dominio de tipos. En los analizadores “top-down” es necesaria la aplicación de operadores de widening tanto en las sustituciones de éxito como en las sustituciones de llamadas. Estos operadores tienen gran influencia en la eficiencia y precisión del análisis de tipos. Durante el trabajo se implementó un nuevo operador de widening y se analizó la influencia en la precisión de los tipos generados en [18].

Procesamiento de Lenguaje Natural: Bajo esta línea de investigación se desarrollan dos tareas bien

definidas: los Sistemas de Diálogos y los Sistemas de Búsqueda de Información.

Sistemas de Diálogos: Nuestro objetivo es investigar y definir en forma precisa las actividades de cada agente en un sistema de diálogos, el cual puede ser visto como un SMA. En particular, nos enfocaremos en inferencias en términos de ontologías que representan el conocimiento del estado del diálogo desde el punto de vista del sistema y del usuario. Asimismo, experimentaremos con técnicas de inferencia relacionadas con planes y con estrategias de planificación en el contexto de un sistema de diálogo. La planificación es necesaria a diferentes niveles de un sistema de diálogo no sólo para comprender las intenciones del usuario sino también para transmitir las intenciones del sistema de una forma efectiva. En primer lugar investigamos cómo usar capacidades de planeamiento en un sistema de diálogo. En particular, trabajamos con el sistema de diálogo llamado FrOz, implementado en la Universidad de Saarbrücken. Nuestra tarea consistió en agregar dentro de FrOz una etapa de planeamiento cuyo objetivo es la interpretación de las intenciones del usuario (del jugador). Los resultados del diseño de la interface entre el sistema de diálogo y el sistema de planeamiento fueron publicados en [2]. En [3] mostramos que el sistema que obtuvimos ofrece un laboratorio natural para explorar la teoría de "Enlightened Update". Con esta experimentación obtuvimos dos consecuencias interesantes. Primero, la teoría se aplica naturalmente en nuestro sistema de diálogo y, segundo, propusimos una extensión de la teoría que maneja conocimiento de background incompleto por parte de una de los interlocutores.

Sistemas de Búsqueda de Información: Considerando la creciente necesidad de aplicaciones que faciliten el acceso y tratamiento de la gran cantidad de información digital disponible y que dicha información está publicada en diferentes lenguas, se requiere de sistemas que permitan recuperar o extraer adecuadamente la información solicitada en el idioma no sólo de origen (es decir en el que se formula la pregunta) sino también en el idioma destino. El campo de investigación Búsqueda de Respuestas (BR) -Question Answering(QA)- que es estudiado bajo esta línea de trabajo, tiene como objeto obtener acceso interactivo a la información multilingüe. La actividad se ha enfocado en el desarrollo y mejora de la precisión del sistema de búsqueda de respuestas (AliQAn) para el idioma español basadas en patrones. AliQAn ha participado en las competencias del CLEF 2005[17] y su extensión al inglés en las competencias del año 2006 [9, 8]. Se han producido mejoras a nivel semántico [6, 7] en la desambiguación de los sentidos de las palabras. La investigación iniciada dará comienzo al desarrollo una herramienta robusta capaz de inferir automáticamente para dominios abiertos [16, 15] que podrá ser integrada en distintas aplicaciones de PLN como BR, implicación textual entre otras.

Asimismo, se han desarrollado algunas tareas de investigación sobre Web Semántica, particularmente en los temas de reactividad y evolución [1].

Los resultados obtenidos sobre planificación y programación en lógica son aplicados y evaluados en el contexto del fútbol con robots[10]. Dichos trabajos son desarrollados en el Grupo de Investigación en Robótica Inteligente de nuestra universidad.

Todas las líneas de trabajo se realizan en forma colaborativa con investigadores de universidades nacionales e internacionales. Concretamente, se desarrollan trabajos conjuntos con los grupos de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid (Facultad de Informática) y de la Universidad de Alicante, con investigadores del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, de la Universidad Nacional del Sur, del Institut National de Recherche en Informatiques et en Automatique de la Universidad de Nancy, Francia y del CENTRIA, Universidade Nova de Lisboa.

3 Trabajo Futuro

Entre nuestros trabajos a futuro se encuentran los siguientes:

- Dado que los operadores de cambio se definen para un nivel particular del grafo de planificación, es interesante presentar una definición recursiva o iterativa de un cambio sobre todo el plan completo. La caracterización de tal *proceso* de revisión (priorizada o no) será la meta de los futuros trabajos de investigación.
- Analizar la *Combined Complexity* de los problemas de decisión introducidos y estudiar la Complejidad Descriptiva, teniendo en cuenta la cota inferior hallada.
- Actualmente estamos investigando el área de “societal grounding” de acciones. “Societal grounding” investiga cómo un agente (es decir, un sistema) puede coordinar sus significados lingüísticos con su comunidad (es decir, sus usuarios). Nuestro enfoque actual es investigar, cómo funciona esta coordinación para el significado de las palabras que representan acciones como, por ejemplo, los verbos.
- Estudiar y elaborar herramientas para ser utilizadas como recurso de conocimientos. Como se ha demostrado en los sistemas que ya están utilizando inferencia en sus sistemas, la adquisición de tales recursos es fundamental en la mejora de la precisión de los sistemas de BR.
- Existen varias maneras de representar los tipos. Uno de los dominios más utilizados es el de los tipos regulares, debido a que permiten una gran expresividad, manteniendo la posibilidad de implementar eficientemente las operaciones. La mayor expresividad de los tipos no-regulares produce resultados de análisis más precisos. Un objetivo de este trabajo es establecer si esa mayor precisión es costosa en términos de eficiencia.
- Investigar diferentes aspectos relacionados con la representación de conocimiento en la Web Semántica; como por ejemplo, la equivalencia de conceptos definidos en diferentes ontologías, como así también el uso de las mismas para brindar soporte a la integración semántica de diversas aplicaciones.

Referencias

- [1] José Júlio Alferes and Gastón Tagni. Implementation of a Complex Event Engine for the Web. *IEEE Services Computing Workshops (SCW'06)*, pages 65–72, 2006.
- [2] Luciana Benotti. “DRINK ME”: Handling actions through planning in a text game adventure. In Janneke Huitink and Sophia Katrenko, editors, *XI ESSLLI Student Session*, pages 160–172, 2006.
- [3] Luciana Benotti. From background knowledge to tacit actions: Enlightened update in a dialogue game. In *DECALOG 2007 Workshop on the Semantics and Pragmatics of Dialogue*, page submitido, Rovereto, Italia, 2007.
- [4] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. An Analysis of the Computational Complexity of DeLP through Game Semantics. In *XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, pages 1170–1181, Argentina, Octubre 2005. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- [5] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. On the complexity of DeLP through game semantics. In *XI International Workshops on Nonmonotonic Reasoning*, 2006.

- [6] Sergio Fernández, Sandra Roger, Antonio Ferrández, Antonia Aguilar, and Pilar López-Moreno. A new proposal of word sense dis-ambiguation for nouns on a question answering system. *Researching Computing Science*, 18:83–92, 2006.
- [7] Sergio Fernández, Sandra Roger, Antonio Ferrández, Antonia Aguilar, and Pilar López-Moreno. Nueva Propuesta de Desambiguación de Sentidos de Palabras para nombres en un sistema de Búsqueda de Respuestas . *Procesamiento del lenguaje natural*, 36:47–56, 2006.
- [8] S. Ferrández, A. Ferrández, S. Roger, P.López-Moreno, and J. Peral. BRILI, an English-Spanish Question Answering System. In *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology. 1st International Symposium Advances in Artificial Inteligences and Applications (AAIA '06)*, pages 23–29, Poland, 2006.
- [9] S. Ferrández, P. López-Moreno, S. Roger, A. Ferrández, J. Peral, X. Alvarado, E. Noguera, and F. Llopis. AliQAn and BRILI QA systems at CLEF 2006. In *Proceedings of the Results of the CLEF 2006 Cross-Language System Evaluation Campaign. In Workshop of Cross-Language Evaluation Forum*, Alicante, Spain, 2006.
- [10] Pablo Kogan, Jael Yañez, Costanza Campagnon, Laura Cecchi, Gerardo Parra, Claudio Vaucheret, and Rodolfo del Castillo. Aspectos de Diseño y de Implementación del Equipo de Fútbol con Robots Rakiduum. In CAETI - Universidad Abierta Interamericana, editor, *Proceedings del Campeonato Argentino de Fútbol con Robots 2006*, 2006. Trabajo premiado.
- [11] G. Parra and G. Simari. Replaneamiento en Agentes Inteligentes. Contracción de Grafos de Planning. In *VII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, volume 2, pages 1081–1093, Universidad Nacional de la Patagonia Austral - El Calafate - Santa Cruz, 2001.
- [12] G. Parra and G. Simari. Funciones de Selección Cualitativas y Cuantitativas para la Revisión de Planes en Agentes Inteligentes. In *X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Universidad Nacional de La Matanza - San Justo - Buenos Aires - Argentina, 2004.
- [13] G. Parra and G. Simari. Revisión No Priorizada de Planes en Agentes Inteligentes. In *XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Universidad Nacional de Entre Ríos - Entre Ríos - Argentina, 2005.
- [14] Gerardo Parra and Guillermo R. Simari. Reelaboración de Planes en Agentes Inteligentes. Expansión de Grafos de Planning. *Jornadas Chilenas de Computación 2002*, 2002.
- [15] S. Roger, A. Ferrández, J. Peral, S. Ferrández, and P. López-Moreno. An Inference Mechanism for Question Answering . *Journal of Computer Science & Technology*, 7:21–27, 2007.
- [16] S. Roger, A. Ferrández, J. Peral, S Ferrández, and P. López. Un mecanismo de inferencia aplicado a la búsqueda de respuesta . In *Proceedings del XII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2006.
- [17] S. Roger, S Ferrández, A. Ferrández, J. Peral, F. Llopis, A. Aguilar, and D. Tomás. AliQAn, Spanish QA System at CLEF-2005 . *Lecture Notes in Computer Science. Accessing multilingual Information Repositories*, 4022:457–466, 2006.
- [18] C. Vaucheret and F. Bueno. More precise yet efficient type inference for logic programs. *International Static Analysis Symposium*, (2477):102–116.