

Representación de Conocimiento y Razonamiento para Sistemas Multiagentes

Sandra E. Roger* Laura Andrea Cecchi*
Gerardo A. Parra* Claudio A. Vaucheret* Guillermo R. Simari**

*Depto. de Cs. de la Computación - Fa.E.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Buenos Aires 1400 - 8300 Neuquén - Argentina
TEL/FAX (54) (299) 4490312/313
e-mail:lcecchi@uncoma.edu.ar

**Depto. de Cs. e Ing. de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Av. Alem 1253 - 8000 Bahía Blanca - Argentina
TEL/FAX (54) (291) 4595135/5136
e-mail:grs@cs.uns.edu.ar

Resumen

Un sistema multiagentes puede ser visto como una sociedad en la que agentes autónomos interactúan entre sí. Los agentes se comunican con el objeto de alcanzar sus propias metas o las metas de la sociedad de la que ellos forman parte. El proyecto de investigación "Representación de Conocimiento y Razonamiento para Sistemas Multiagentes", del Departamento de Ciencias de la Computación, Fa.E.A., tiene por objeto estudiar Sistemas Multiagentes desde diferentes aspectos. Por un lado, se analiza al agente como entidad cognitiva y por otro, se evalúan mecanismos de comunicación con otros agentes.

En este trabajo, se presenta una descripción de la línea de investigación detallando de cada aspecto los resultados alcanzados junto con la publicación que lo avala. Asimismo, indican los grupos externos con los que se ha trabajado en forma conjunta. Por último, se exponen las tareas en progreso, su motivación y nuestros trabajos futuros.

PALABRAS CLAVES: Sistemas Multiagentes. Agentes Inteligentes. Programación en Lógica. Planeamiento. Sistemas Argumentativos. Procesamiento de Lenguaje Natural.

1. Introducción

Un sistema multiagentes (en adelante MAS) puede ser visto como una sociedad en la que agentes autónomos interactúan entre sí. Un agente es una entidad computacional que puede percibir y actuar en su ambiente y que es autónomo en sus comportamientos, i.e., el agente tiene la habilidad de decidir por sí mismo qué metas debería adoptar y cómo esas metas deben alcanzarse[25]. Si el agente es capaz de operar en forma racional y flexible en diferentes circunstancias, diremos que tal agente es inteligente.

Los agentes se comunican con el objeto de alcanzar sus propias metas o las metas de la sociedad de la que ellos forman parte. Al interactuar los agentes pueden ser afectados por otros agentes, posiblemente humanos. La clave en la interacción de un MAS es la coordinación de las metas y del conjunto de tareas, ya sea en situaciones cooperativas como en situaciones competitivas. La cooperación es la coordinación entre agentes no antagónicos, mientras que la negociación es la coordinación entre agentes competitivos[14]. Los agentes cooperativos tratan de realizar como un equipo lo que individualmente no pueden. Los agentes competitivos tratan de maximizar sus propios beneficios a expensas de los otros, de modo que el éxito de uno implica el fracaso de los otros[23].

El proyecto de investigación “Representación de Conocimiento y Razonamiento para Sistemas Multiagentes”, del Departamento de Ciencias de la Computación, Fa.E.A., tiene por objeto estudiar Sistemas Multiagentes 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, Argumentación y Programación en Lógica.

Por otro, se evalúan mecanismos de comunicación con otros agentes. Los Sistemas Argumentativos proveen un marco formal para modelar las negociaciones entre agentes autónomos. Asimismo, se contempla la posibilidad de MAS integrados por agentes humanos, lo que requiere del estudio del Procesamiento de Lenguaje Natural (de ahora en más P.L.N.).

El objetivo de este trabajo es presentar las metas de nuestro proyecto de investigación, los resultados alcanzados y los desarrollos futuros. En la siguiente sección se presentan los resultados alcanzados junto con las publicaciones que los avalan. En la sección 3, se presentan las tareas en progreso junto con su motivación y los trabajos futuros. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Resultados Preliminares

En el marco de este proyecto, se han realizado avances en el campo de los MAS atacando diferentes problemas en forma simultánea, que se describen a continuación:

- La Programación en Lógica es una poderosa herramienta de representación de conocimiento y razonamiento de agentes inteligentes. Por esta razón, múltiples extensiones han sido desarrolladas con éxito. En el marco de nuestro proyecto, se han estudiado fundamentalmente la Programación en Lógica Rebatible (de ahora en más P.L.R.) y los modelos de ejecución Andorra y Fuzzy Prolog.

La P.L.R. permite la representación de conocimiento contradictorio y el razonamiento a partir de él, sin heredar las consecuencias indeseadas de la lógica clásica en el tratamiento de la inconsistencia. Si bien la semántica operacional, basada en Sistemas Argumentativos, es primordial para poder calcular las creencias de un agente justificadas por una base de conocimientos, la semántica analizada desde un punto de vista declarativo ayuda a distinguir entre diferentes sistemas no monotónicos y a estudiarlos como modelos de representación y razonamiento, sin recurrir al control. Fundamentándonos, en la idea de que la esencia de la argumentación es un diálogo interactivo se definió una semántica declarativa trivaluada GS , basada en juegos para la P.L.R.[6, 9, 7, 8, 11, 10]. Asimismo, se estudió la célula de los Sistemas Argumentativos: el argumento y se caracterizó en forma declarativa su definición procedural[8]. Por otra parte, se analizaron los distintos criterios de decisión entre argumentos en conflicto. En [10], se presentó una formalización a través de un conjunto de propiedades de dichas relaciones entre argumentos.

Con el fin de modelar incertidumbre en la representación de conocimiento se ha realizado una extensión de la programación lógica basada en la lógica Difusa (Fuzzy Logic). En [20], se presentó la definición e implementación de un Fuzzy Prolog cuya característica es que los valores de verdad son miembros del Álgebra de Borel sobre el intervalo $[0, 1]$. La implementación del mismo fue realizada como extensión sintáctica de un sistema de programación en lógica con restricciones, donde se propagan las restricciones que implementan los valores de verdad. La expansión sintáctica se realiza por medio de un preprocesamiento en tiempo de compilación del lenguaje Fuzzy Prolog aprovechando las

facilidades del sistema de módulos de Ciao Prolog [5]. La misma filosofía de expansiones sintácticas se ha utilizado para implementar el modelo de ejecución Andorra[21, 22] sobre Ciao Prolog. En este modelo en lugar de ejecutarse las metas de un cuerpo de izquierda a derecha como en el prolog clásico, siempre se ejecutan en primer lugar las metas que son deterministas, produciendo un angostamiento del árbol de búsqueda con el resultado de una ejecución más eficiente. Utilizando variables con atributos, se realizó una implementación en Ciao Prolog que determina dinámicamente cuando las metas se vuelven determinísticas y demora la ejecución de las no deterministas. Dicha implementación, como expansión sintáctica [19] es una adaptación de la aproximación de preprocesamiento de [4].

- Los agentes inteligentes autónomos, debido a su proactividad, se ven obligados a considerar la satisfacción de sus metas a través de un conjunto estructurado de acciones que conforman un plan. El modelo BDI (*Belief, Desires and Intentions*)[23] para representar el conjunto cognitivo de un agente es una posibilidad interesante que permite estudiar el problema que introduce el dinamismo natural del entorno en el que un plan particular se desenvuelve. El dinamismo del entorno provoca que algunos de los planes deban ser modificados para poder alcanzar las metas finales. Esta actividad de replaneamiento puede considerarse, una revisión del mismo. 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. En este contexto, postulamos la conveniencia de adoptar el punto de vista del área de Dinámica de Creencias[1, 13] al considerar la actividad de replaneamiento de un agente inteligente. Hemos propuesto un modelo para representar operaciones de cambio sobre grafos de planning[2, 3, 24]. A partir de este modelo, hemos definido las operaciones de expansión[16], contracción[15] y revisión[17] de grafos de planning. Cada uno de estos operadores ha sido caracterizado mediante un conjunto de propiedades deseables inspiradas en los postulados propuestos por Gärdenfors[13] para las operaciones de cambio de conjuntos de creencias.
- Una faceta importante de los Sistemas Multiagentes es la interacción entre agentes, posiblemente humanos. En este contexto, se realizaron investigaciones en el campo de la lingüística. Particularmente, se han estudiado las anáforas[18]. Asimismo, se ha analizado al lenguaje natural como herramienta fundamental en la educación a distancia[12].

Los avances realizados en implementaciones sobre el Ciao Prolog, fueron desarrolladas en forma conjunta con el grupo de investigación dirigido por el Dr. Manuel Hermenegildo Salinas, de la Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid. La línea descrita en Procesamiento de Lenguaje Natural se ha desarrollado en el marco de la red RITOS2.

3. Tareas en Progreso y Trabajos Futuros

En la mayoría de las aplicaciones, los agentes autónomos necesitan interactuar por la interdependencia que existe entre ellos. Cuando un MAS tiene entre sus miembros agentes competitivos se requiere de una estrategia de negociación. Los Sistemas Argumentativos proveen un marco formal para implementar negociación. Por esta razón, entre nuestros trabajos futuros se encuentra extender la semántica declarativa a un juego de más de dos participante.

En el contexto de replaneamiento en agentes inteligentes, nos hemos centrado en el estudio del operador de revisión. La operación de revisión ocurre cuando es necesario remover algunas piezas del plan global y reemplazarlas por subplanes alternativos que permitan llevar a cabo el

plan de manera exitosa. Hemos comenzado el estudio de mecanismos de selección que permiten determinar las piezas que deben ser removidas y guiar, de este modo, toda la operación. En trabajos futuros, se estudiarán distintas políticas de selección de los esquemas de acción a eliminar.

En lo respectivo a representación de conocimiento a través de la Programación en Lógica, actualmente se está extendiendo el trabajo sobre Fuzzy Prolog incorporando la posibilidad de utilizar reglas no uniformes de suposiciones por defecto. En otras palabras, se pretende determinar cuál es el valor de verdad difuso para las metas para las cuales no hay información.

Por último, en marco del P.L.N., se espera poder desarrollar aplicaciones que requieran herramientas de creación de contenidos, extracción y síntesis de información. Particularmente, se pondrá especial interés en la minería de texto, ya que se presenta como una tecnología de apoyo para explorar, analizar, comprender y aplicar el conocimiento. Esta línea trabajará en colaboración con el grupo de investigación TEMISI (TEcnologías Multilingües e Interactivas para la Sociedad de la Información) presentado para su evaluación ante el CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), en abril de 2004.

4. Conclusiones

El proyecto de investigación “Representación de Conocimiento y Razonamiento para Sistemas Multiagentes”, involucra el análisis de los MAS desde diferentes flancos. Por un lado, se estudian los agentes como entidades cognitivas y por otro, se estudian las relaciones entre los agentes autónomos. En este trabajo, se ha presentado una descripción de la línea de investigación detallando de cada aspecto los resultados alcanzados junto con la publicación que lo avala. Asimismo, se han indicado los grupos externos con los que se ha trabajado en forma conjunta. Por último, se expusieron las tareas en progreso, su motivación y nuestros trabajos futuros.

Referencias

- [1] Carlos Alchourrón, Peter Gärdenfors, and David Makinson. On the Logic of Theory Change: Partial Meet Contraction and Revision Functions. *Journal of Symbolic Logic*, (50):510–530, 1985.
- [2] A. Blum and M. Furst. Fast planning through planning graph analysis. In *Proceedings of the XIV International Joint Conference of AI*, pages 1636–1642, 1995.
- [3] A. Blum and M. Furst. Fast planning through planning graph analysis. *J. Artificial Intelligence*, (90):281–300, 1997.
- [4] F. Bueno, S.K. Debray, M. García de la Banda, and M. Hermenegildo. Transformation-based Implementation and Optimization of Programs Exploiting the Basic Andorra Model. Technical Report CLIP11/95.0, Facultad de Informática, UPM, May 1995.
- [5] D. Cabeza and M. Hermenegildo. A New Module System for Prolog. In *CL2000*, number 1861 in LNAI, pages 131–148. Springer-Verlag, July 2000.
- [6] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Game-based approach for modeling dialectical analysis: Preliminary Report. In *Proceedings of V CACiC*, 1999.
- [7] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Análisis de la semántica declarativa trivaluada GS para la programación en lógica rebatible básica. In *WICC - Aspectos Teóricos de Inteligencia Artificial*, 2000.

- [8] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Sobre la Relación entre la Definición Declarativa y Procedural de Argumento. Ushuaia, 2000. VI CACiC.
- [9] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Una semántica declarativa basada en juegos para la programación en lógica rebatible básica. In *Proceedings of ICIE*, 2000.
- [10] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Sobre la Relación de Preferencia entre Argumentos. In *VIII CACiC*, Buenos Aires, 2002.
- [11] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Un enfoque declarativo basado en juegos del razonamiento rebatible. Copiapó - Chile, 2002. Jornadas Chilenas en Computación 2002. III Workshop on Advances and Trends in Artificial Intelligence for Problem Solving (ATAI).
- [12] C. Fracchia and S. Roger. El lenguaje natural en plataformas de educación a distancia. In *Anales del IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, volume I, pages 90–97, La Plata, Octubre 2003. Universidad Nacional de la Plata.
- [13] Peter Gärdenfors. *Knowledge in Flux: Modelling the Dynamics of Epistemic States*. MIT Press, Cambridge, England, 1988.
- [14] M. Huhns and L. Stephens. Multiagent Systems and Societies of Agents. In *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.
- [15] 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.
- [16] G. Parra and G. Simari. Reelaboración de Planes en Agentes Inteligentes. Expansión de Grafos de Planning. *Jornadas Chilenas de Computación 2002*, 2002.
- [17] G. Parra and G. Simari. Replaneamiento en Agentes Inteligentes. Revisión de Grafos de Planning. In *VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, Buenos Aires, 2002.
- [18] Sandra Roger. Belief Revision on Anaphora Resolution. In *Second International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*, volume 2004 of *Lecture Notes in Computer Science*, Mexico City, Febrero 2001. Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Springer-Verlag.
- [19] C. Vaucheret and F. Bueno. http://clip.dia.fi.upm.es/Software/Ciao/ciao_html/ciao_toc.html.
- [20] C. Vaucheret, S. Guadarrama, and S. Muñoz. Fuzzy prolog: A simple general implementation using *clp(r)*. In M. Baaz and A. Voronkov, editors, *Logic for Programming, Artificial Intelligence, and Reasoning, LPAR 2002*, number 2514 in LNAI, pages 450–463, Tbilisi, Georgia, October 2002. Springer.
- [21] D.H.D. Warren. The Andorra Model. Presented at Gigalips Project workshop. U. of Manchester, March 1988.
- [22] D.H.D. Warren. Logic programming languages, parallel implementations and the andorra model. Invited talk, slides presented at ICLP'93, 1993.
- [23] Gerhard Weiss, editor. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.
- [24] Daniel S. Weld. Recent Advances in AI Planning. *AI Magazine*, 1999.
- [25] M.J. Wooldridge and N.R. Jennings. Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 10:115–152, 1995.