

Coordinación basada en Argumentación en Sistemas Multi-agente

Edgardo Ferretti,[†] Marcelo Errecalde,[†] Alejandro García,[‡] Guillermo Simari[‡]

[†]Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)¹
Departamento de Informática
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950 - Local 106
(D5700HHW) - San Luis - Argentina
Tel: (02652) 420823 / Fax: (02652) 430224
e-mail: {ferretti, merreca}@unsl.edu.ar

[‡]Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)²
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136
e-mail: {ajg, grs}@cs.uns.edu.ar

Resumen

Este artículo describe, en forma resumida, parte de los trabajos de investigación y desarrollo que se están llevando a cabo en la línea “Agentes y Sistemas Multi-agente” del LIDIC, en conjunto con investigadores del LIDIA. El objetivo de este trabajo es presentar las principales temáticas que están siendo abordadas actualmente en el área de agentes cognitivos, para posibilitar un intercambio de experiencias con otros investigadores participantes del Workshop, que trabajen en líneas de investigación afines. Uno de los objetivos principales de esta línea, es el estudio y desarrollo de modelos de coordinación para agentes que forman parte de un sistema multi-agente; actualmente, uno de los objetivos parciales del grupo de trabajo, es analizar la utilización de técnicas de argumentación en modelos de coordinación de alto nivel. Este estudio se abordará con un enfoque teórico/práctico abarcando modelos teóricos de sistemas multi-agente y su aplicación en problemas complejos del mundo real. En particular, el énfasis estará puesto en problemas que involucren coordinación de múltiples robots.

¹Las investigaciones realizadas en el LIDIC son financiadas por la Universidad Nacional de San Luis y por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2002, Nro. 12600).

²Las investigaciones realizadas en el LIDIA son financiadas por la Universidad Nacional del Sur, por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2002, Nro. 13096) y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 5050).

1. Introducción

Un *agente* es una entidad computacional autónoma, virtual (programa) o física (robot), que puede percibir su entorno a través de algún tipo de sensores y que es capaz de interactuar con ese entorno utilizando efectores. En un *Sistema Multi-agente*, un conjunto de agentes interactúa para conseguir algún objetivo o realizar alguna tarea. Usualmente, en este tipo de sistemas, cada agente posee información incompleta sobre su entorno y sobre sí mismo, teniendo además capacidades limitadas. El control del sistema es distribuido, los datos están descentralizados, y la computación es asincrónica. El entorno en el que los agentes se desenvuelven es dinámico y cambiante, viéndose afectado por las acciones de otros agentes y por su propia dinámica. Por esta razón, no puede predecirse con certeza el estado futuro de ese entorno.

Todas estas características transforman a la tarea de *coordinación* de los agentes en un aspecto fundamental de un sistema multi-agente. El problema de coordinación puede definirse informalmente como “el manejo de las interdependencias entre las actividades de los agentes” [1]. Este problema es generado por la necesidad de tomar en cuenta las acciones de otros agentes, teniendo como objetivo mejorar la acción conjunta del grupo mediante la articulación de las acciones individuales de sus miembros.

Las interdependencias entre los agentes pueden ser *positivas* o *negativas*. En el primer caso los agentes se benefician con la presencia de otros agentes, mientras que en el segundo, hablamos de la ocurrencia de distintos tipos de *conflictos* que surgen por el acceso a recursos escasos, objetivos en conflicto o distintos puntos de vista. En este sentido, la tarea de coordinación se dedica a aprovechar las interacciones positivas entre los agentes, y evitar, reducir o resolver las interacciones negativas (conflictos). La coordinación puede darse entre agentes que cooperan para realizar una tarea en conjunto, o también entre un conjunto de agentes individualistas que persiguen sus metas particulares y deben negociar por recursos compartidos o que son brindados por otros agentes del conjunto. En el caso de un sistema cooperativo, la coordinación consistirá en la “planificación” de la distribución de las tareas [2, 3], mientras que en el caso competitivo la coordinación consistirá de una “negociación” entre agentes [4, 5, 6, 7]. En ambos casos, la coordinación entre entidades autónomas requiere de cierta habilidad social [8].

Es importante mencionar, que el mecanismo específico de coordinación implementado en un agente determina su dinámica interna así como las propiedades externas de la sociedad donde se desenvuelve. Los mecanismos de coordinación usualmente varían dependiendo de los dominios de aplicación, de los agentes y de sus inclinaciones hacia la cooperación, del entorno y de su grado de predictibilidad. De acuerdo con lo expuesto por Ossowski [9], las *organizaciones*, la *planificación multi-agente* y la *negociación*, son tres de las clases más importantes de mecanismos de coordinación usados en *Inteligencia Artificial Distribuida* (IAD).

Las *organizaciones* en los sistemas multi-agente artificiales son vistas como una metáfora sobre un conjunto de relaciones estructurales de largo plazo entre los roles que pueden desempeñar los agentes. Cuando un agente está de acuerdo con adoptar un cierto rol dentro de una organización debe subordinarse al comportamiento que el rol implica. Existen varias propuestas para clasificar las estructuras organizacionales [10]. Los casos extremos corresponderían a una *organización jerárquica*, donde para cada tarea a realizar hay un manager que controla y coordina su desarrollo, y a una *organización lateral* donde no hay managers únicos y cada tarea se logra mediante la cooperación entre pares.

Por su parte, la *planificación multi-agente*, es un mecanismo de coordinación donde los agentes forman planes que especifican todas sus acciones e interacciones futuras con respecto a un objetivo particular. De esta forma, los agentes involucrados en la ejecución del plan multi-agente se comprometen a comportarse en concordancia con el mismo. La planificación multi-agente normalmente

involucra la elaboración de los planes individuales de cada agente y su coordinación. Cada una de estas tareas podrá ser realizada con distintos niveles de distribución. Existen formas de representar los planes individuales que facilitan su integración y coordinación. En particular, los “Planes de Orden Parcial” (POP) [6] ofrecen mayor flexibilidad para integrar los planes individuales en un plan multi-agente coordinado.

La *negociación* [11], es un mecanismo de coordinación basado en compromisos de término medio entre un grupo de agentes. Los procesos de negociación generan acuerdos dinámicamente, en los cuales los compromisos de los agentes no son permanentes como los compromisos *a priori* de las estructuras organizacionales. Además, los acuerdos pueden ser re-negociados y de esta manera pueden durar más que los compromisos de los planes multi-agente. Un punto central de un modelo de negociación es representar el *objeto de negociación*, el cual claramente es dependiente de la aplicación. Por último, es importante mencionar que un *protocolo de negociación* debe ser definido, de manera de determinar que secuencias de mensajes son legales durante la negociación. Este protocolo se asume público entre los agentes y se refiere tanto a las primitivas de negociación como a los objetos de negociación que pueden ser incluidos en los mensajes.

2. Tareas en Progreso y Trabajos Futuros

Dadas las características de los mecanismos de negociación, donde propuestas y contra-propuestas son expuestas por las partes intervinientes, recientemente se han propuesto distintos enfoques que consideran que la argumentación puede ser naturalmente aplicada en este contexto [12, 13, 14]. Asimismo, la argumentación no sólo ha sido utilizada como un mecanismo para llegar a acuerdos entre agentes [15], sino también como un mecanismo de razonamiento interno donde el agente expone argumentos a favor y en contra acerca de aceptar o no una determinada proposición [12, 16, 17, 18, 19]. En el contexto general de negociación, distintos investigadores han comenzado a considerar diversas formas en cómo el proceso de negociación es afectado por las normas sociales e interdependencias entre los agentes. Por ejemplo, en [9], se considera de qué manera las relaciones de dependencia entre los agentes y normas prescriptivas aplicables a un grupo de agentes, puede conducir a la elaboración de planes conjuntos coordinados. Conte y Castelfranchi [20] por su parte, también proponen un modelo acerca del rol de las estructuras normativas en las sociedades de agentes, y consideran a las normas como una fuente externa de modificación de comportamiento. Shoham y Tennenholz [21] proponen la idea de restringir los comportamientos del agente mediante el concepto de leyes sociales aplicables a todo el sistema multi-agente.

En particular, en nuestro trabajo se considerará cómo influyen distintos tipos de normas sociales e interdependencias entre agentes en las líneas de argumentación de agentes artificiales inteligentes cuando toman sus decisiones individuales, o en sus negociaciones con otros agentes. En este contexto, nuestro trabajo toma las ideas planteadas en [15], acerca del uso de un protocolo de argumentación flexible para llegar a acuerdos; sin embargo, no se utilizará el ordenamiento prioritario (por orden de severidad) propuesto para selección de argumentos en la negociación, sino que se adaptarán a un contexto argumentativo las ideas propuestas en [9], donde se considera la fuerza social de un agente en las negociaciones dándole un enfoque basado en *utilidades* y *bargaining*. Además, se verá cómo estas interdependencias influyen en el razonamiento interno del agente. En la investigación propuesta, en una primera etapa el sistema multi-agente estará formado por un grupo de agentes software (sofbots) mientras que a futuro se procura trabajar con robots móviles. En principio se prevé el uso de Defeasible Logic Programming (DeLP) [22] para representar el conocimiento de los agentes. Asimismo, se utilizará el mecanismo de inferencia provisto por este formalismo para argumentar a favor o en contra de las acciones en base a las cuales se dará la coordinación de los agentes.

Sobre este último aspecto ya se han hecho avances, dado que se ha implementado un framework [23] que posibilitará a robots Khepera 2 reales [24] y simulados [25] razonar usando DeLP. En [26], se expone un ejemplo simple de aplicación de este framework para robots reales y simulados que realizan tareas de limpieza. Actualmente, ya se están llevando a cabo experimentos que extienden la labor presentada en [26], puesto que se está trabajando con ambientes donde más de un robot puede estar realizando tareas de limpieza al mismo tiempo [27]. De esta forma, las acciones que cada robot debe tomar están restringidas por el accionar de terceros, y en consecuencia, cada robot necesita modelar a los otros y a si mismo (usando programas DeLP). Además, se tiene como uno de los objetivos generales futuros, extender este framework con los modelos de coordinación que se desarrollen.

3. Consideraciones finales

La experiencia adquirida al trabajar con este grupo de robots es doble para esta línea de investigación: por un lado provee de elementos de juicio a tener en cuenta para la coordinación de agentes en un entorno complejo, y por otro lado permitirá experimentar con los resultados teóricos que se obtengan, logrando de esta manera una retroalimentación acerca de qué simplificaciones hechas en el momento de modelar el mundo en una simulación, influyen de manera significativa (positivamente o negativamente) si no son tomadas en cuenta, cuando se realiza la correspondiente confrontación con el mundo real.

Algunos de los aspectos principales que están siendo considerados, incluyen el análisis del impacto que tienen los distintos niveles de modelización que pueden realizar los robots sobre el mundo y sobre los otros robots. Asimismo, se están estudiando distintos marcos formales que abordan aquellos factores externos que influyen en el comportamiento de los agentes, tales como la existencia de leyes sociales, normas prescriptivas o simplemente la interdependencia que pudiese llegar a existir entre dos o más agentes.

Referencias

- [1] Michael Wooldridge. *An Introduction to MultiAgent Systems*. John Wiley & Sons, Chichester, England, 2002.
- [2] F. Von Martial. *Coordinating Plans of Autonomous Agents*. Springer, 1992.
- [3] S. Russel and P. Norvig. *Artificial Intelligence - A Modern Approach*. Prentice Hall, 2003.
- [4] H. J. Müller. *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*, chapter Negotiation Principles. The MIT Press, 1998.
- [5] J. S. Rosenschein and G. Zlotkin. *Rules of Encounter - Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*. The MIT Press, 1998.
- [6] Tuomas W. Sandholm. *Distributed rational decision making*. MIT Press, 1999.
- [7] S. Kraus. *Strategic Negotiation in Multiagent Environments*. The MIT Press, 2001.
- [8] S. Kalenka and N. R. Jennings. *Cognition, Agency and Rationality*, chapter Socially Responsible Decision Making by Autonomous Agents, pages 135–149. Kluwer, 1999.
- [9] S. Ossowski. *Strategic Negotiation in Multiagent Environments*. The MIT Press, 2001.

- [10] H. Edward Pattison, Daniel D. Corkill, and Victor R. Lesser. Instantiating Descriptions of Organizational Structures. *Distributed Artificial Intelligence, Research Notes in Artificial Intelligence*, 1:59–96, 1987.
- [11] D. Pruitt. *Negotiation Behaviour*. Academic Press, 1981.
- [12] Sonia Rueda, Alejandro J. García, and Guillermo R. Simari. Argument-based negotiation among BDI agents. *Journal of Computer Science and Technology*, 2(7):1–8, October 2002.
- [13] Simon Parsons and Peter McBurney. Argumentation-based dialogues for agent co-ordination. *Group Decision and Negotiation*, 12(5):415–439, 2003.
- [14] I. Rahwan, S. D. Ramchurn, N. R. Jennings, P. Mc Burney, S. Parsons, and L. Sonenberg. Argumentation-based negotiation. *Knowledge Engineering Review*, 18(4):343–375, 2003.
- [15] S. Kraus, K. Sycara, and A. Evenchik. Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation. *Artificial Intelligence*, 1(2):1–69, 1998.
- [16] S. Parsons and N. Jennings. Argumentation and multi-agent decision making. In *AAAI Spring Symposium on Interactive and Mixed-Initiative Decision Making*, 1998.
- [17] M. Capobianco, C. I. Chesñevar, and G. R. Simari. An argument-based framework to model an agent’s beliefs in a dynamic environment. In *1st International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems*, 2004.
- [18] M. A. Falappa, A. J. García, and G. R. Simari. Belief dynamics and defeasible argumentation in rational agents. In *10th International Workshop on Non-Monotonic Reasoning*, 2004.
- [19] C. I. Chesñevar, G. Simari, T. Alsinet, and L. Godo. Modelling agent reasoning in a logic programming framework for possibilistic argumentation. In *2nd European Workshop on Multiagent Systems (EUMAS)*, 2004.
- [20] R. Conte and C. Castelfranchi. *Cognitive and Social Action*. UCL Press, 1995.
- [21] Y. Shoham and M. Tennenholz. On social laws for artificial agent societies: Off-line design. *Artificial Intelligence*, pages 231–252, 1995.
- [22] A. J. García and G. R. Simari. Defeasible logic programming: An argumentative approach. *Journal of Theory and Practice of Logic Programming*, 4(1-2):95–138, 2004.
- [23] E. Ferretti, M. Errecalde, A. García, and G. Simari. Khedelp: A framework to support defeasible logic programming for the khepera robots. In *5th International Symposium on Robotics and Automation (ISRA)*, San Miguel Regla Hidalgo, México, 2006.
- [24] K-Team. Khepera 2. <http://www.k-team.com>, 2002.
- [25] Webots. <http://www.cyberbotics.com>. Commercial Mobile Robot Simulation Software.
- [26] E. Ferretti, M. Errecalde, A. García, and G. Simari. An application of defeasible logic programming to decision making in a robotic environment. In *9th International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning (LPNMR)*, 2007.
- [27] E. Ferretti, M. Errecalde, A. García, and G. Simari. Defeasible decision making in a robotic environment. In *AAAI*, 2007. ENVIADO para su presentación y publicación en los proceedings de la conferencia.