

Coordinación en sistemas multi-agente

Edgardo Ferretti[†], Marcelo Errecalde[†], Guillermo Aguirre[†], Guillermo Simari[‡]

[†]Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)

Departamento de Informática
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950 - Local 106
(5700) - San Luis - Argentina
Tel: (02652) 420823 / Fax: (02652) 430224
e-mail: {ferretti, merreca, gaguirre}@unsl.edu.ar

[‡]Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación

Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136
e-mail: 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 Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC). El objetivo de este trabajo, es describir las principales temáticas que actualmente están siendo abordadas en el área de los 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 arquitecturas BDI para el desarrollo de agentes cognitivos y 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 y colaboración de múltiples robots.

1. Introducción

Un agente es una entidad computacional autónoma, virtual (programa) o física (robot), que puede percibir su entorno a través de sensores y que es capaz de modificar ese entorno utilizando efectores. La autonomía del mismo, significa que tiene cierto control sobre su comportamiento y que puede actuar pro-activamente sin la intervención externa de otros agentes. En un sistema multi-agente, un conjunto de agentes interactúa para conseguir algún objetivo o realizar alguna tarea [1]. Usualmente, en este tipo de sistemas, cada agente posee información incompleta sobre su entorno y sobre sí mismo y además tiene 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 completamente el estado futuro de ese entorno.

Las características mencionadas previamente, que aumentan la complejidad del sistema, proveen también las siguientes ventajas: eficiencia (debido al paralelismo que se logra al disponer de múltiples agentes), robustez y confiabilidad (gracias a la redundancia), escalabilidad (ya que puede crecer junto con la demanda) y reusabilidad. Sin embargo, existen algunos problemas que deben tenerse en cuenta, como poder mantener la coherencia global del sistema sin tener un control global explícito [2]. Además, para que un sistema multi-agente pueda adaptarse rápidamente a los cambios de su entorno, los agentes deben poder coordinarse cuando es necesario realizar cambios en sus metas o los roles que tienen asignados.

Todas estas características, transforman a la tarea de coordinación de los agentes en un aspecto fundamental de un sistema multi-agente [3]. Esta coordinación puede darse entre un conjunto de agentes que cooperan para realizar una tarea conjunta, o bien, entre un conjunto de agentes individualistas o competitivos 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, mientras que en el caso competitivo la coordinación consistirá de una *negociación* entre los agentes [4, 5, 6, 7]. En ambos casos, la coordinación entre entidades autónomas requiere de cierta habilidad social [8, 9].

La coordinación de tareas compartidas o tareas que se combinen para resolver un problema común, requerirá o bien de una planificación centralizada, o bien en el caso más realista de una planificación distribuida llevada a cabo por los propios agentes del sistema. Esto constituye un problema abierto, ya que los sistemas clásicos de planificación no son apropiados por varios motivos:

1. Asumen que los agentes tienen un conocimiento completo de su entorno
2. Asumen que las acciones no van a fallar
3. Asumen que el entorno cambiará únicamente por la ejecución de las acciones del agente

Como fue expuesto precedentemente, ninguna de estas tres suposiciones puede realizarse en forma realista en un sistema multi-agente, por lo tanto se requiere de una planificación que pueda adaptarse a estas circunstancias.

2. Tareas en Progreso y Trabajos Futuros

Actualmente, la línea “Agentes y Sistemas Multi-agente” del LIDIC, tiene como uno de sus objetivos parciales el diseño, implementación y aplicación de modelos de coordinación multi-agente para un grupo de robots móviles *Khepera 2* [10], con capacidades para recoger y transportar objetos y realizar diferentes tipos de sensado.

Las tareas abordadas incluyen la coordinación del tráfico de los robots, la manipulación y transporte cooperativo de objetos y actividades de exploración y recolección. Este grupo de robots constituye un sistema multi-agente cooperativo, en el cual los robots deben realizar una planificación de actividades coordinada.

En este sistema se ve claramente que las suposiciones planteadas en la sección previa no ocurren. Los robots tienen capacidades perceptivas limitadas que dificultan la posibilidad de tener un conocimiento completo y preciso del entorno y los efectos de las acciones de los robots podrán variar por distintos motivos (estado de la batería y los motores utilizados, superficie que hace que una rueda patine, un robot se interpone en el camino, etc.). Por otra parte, en este tipo de problemas, las decisiones de los agentes deben realizarse en un plazo acotado de tiempo, lo que obliga a considerar maneras efectivas de controlar los procesos deliberativos de los agentes.

Si bien existen distintas arquitecturas para robots que intentan dar una respuesta satisfactoria a estos requerimientos, un modelo particularmente interesante es el basado en las ideas de *razonamiento práctico* [11] que ha dado origen a las arquitecturas BDI (Belief-Desire-Intentions).

En un agente de razonamiento práctico, se pone especial énfasis al razonamiento *dirigido a la acción*, es decir, a determinar que *debe hacer* el agente [12]. Este proceso involucra dos actividades fundamentales: a) determinar *qué* metas se desean alcanzar (*deliberación*) y b) decidir *de qué manera* alcanzar estas metas (razonamiento *medios-fines* o *planning*). Ambos procesos deben realizarse considerando las limitaciones de recursos de los agentes, es decir, que los procesos de razonamiento deben tomar en cuenta las restricciones de memoria y procesamiento para seleccionar las acciones en forma efectiva.

Existen actualmente distintas implementaciones de arquitecturas BDI que han sido utilizadas exitosamente en problemas complejos del mundo real, como el sistema PRS (*Procedural Reasoning System*) utilizado actualmente en OASIS [13], un sistema de control de tráfico aéreo en funcionamiento en el aeropuerto de Sydney, Australia.

Las arquitecturas BDI exhiben propiedades interesantes que pueden permitir abordar esquemas de coordinación de alto nivel con los robots disponibles en el laboratorio y plantear las extensiones necesarias a este modelo, de manera tal que los robots tengan un comportamiento social adecuado.

Es importante destacar que el uso de estos robots nos permitirá la confrontación con el mundo real, de algoritmos desarrollados en simulación acerca de coordinación multi-agente, que abordan temas como:

- evasión de obstáculos
- procesamiento de información sensorial
- análisis de hipótesis de comportamientos (modelos de otros agentes)
- comunicación entre agentes

Para realizar los experimentos se dispone de tres robots *Khepera 2* con distintas capacidades perceptivas: sensores infrarrojos, sistema de visión lineal, sistema de visión de matriz (todos “on-board”) y una cámara para visión global. Las capacidades efectoras de los robots están representadas por sus habilidades para desplazarse mediante dos ruedas laterales y manipular objetos mediante un brazo mecánico con un “gripper” elemental. En la figura 1 se muestra un robot *Khepera 2* y algunos de sus accesorios.

Previo a la experimentación directa con los robots, es posible realizar las simulaciones, utilizando *Webots* [14], un simulador tridimensional de robots móviles que fue originalmente desarrollado como una herramienta para la investigación y evaluación de algoritmos de control de robots móviles. En la actualidad, cuenta con una gran variedad de herramientas para crear mundos virtuales en 3D con

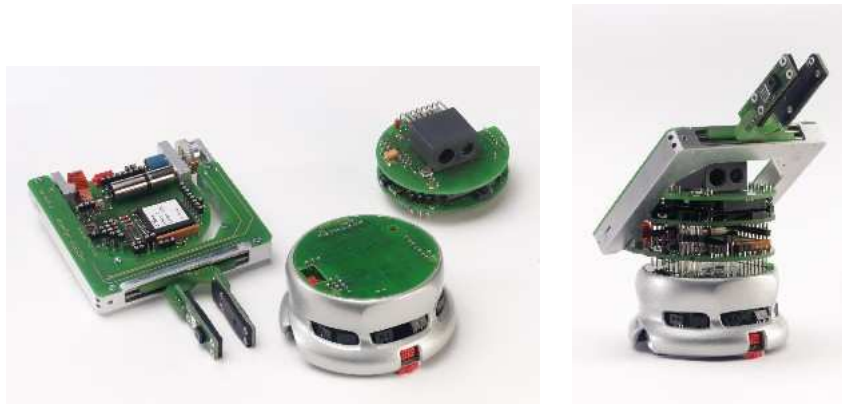


Figura 1: Robot Khepera 2 y accesorios

objetos inertes y robots con distintas propiedades físicas. También provee un número considerable de interfaces con robots reales que permite que las simulaciones luego puedan ser transferidas a robots tales como Khepera, Hemisson, Lego Mindstorms, Aibo entre otros. En particular, en nuestro grupo de trabajo se planea utilizar este software en investigación multi-agente, simulando grupos de robots (Khepera 2) colaborativos y competitivos.

3. Consideraciones finales

La experiencia adquirida con los experimentos 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 las distintas capacidades perceptivas de los robots para modelar el mundo y los otros robots. Así mismo, se está estudiando cuales son los requerimientos de comunicación mínimos que son necesarios para lograr un accionar coordinado del grupo de robots. En todos estos casos, se pondrá especial énfasis a la aplicación de métodos de aprendizaje automático que extiendan las capacidades adaptativas y de autonomía de los robots.

Referencias

- [1] Michael Wooldridge. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, chapter Intelligent Agents, pages 27–78. The MIT Press, 1999.
- [2] M. Huhns and L. Stephens. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, chapter Multiagent Systems and Societies of Agents, pages 79–120. The MIT Press, 1999.
- [3] J. E. Doran, N. Franklin, N. R. Jennings, and T. Norman. On cooperation in multi-agent systems. *The Knowledge Engineering Review*, 12(3):309–314, 1997.

- [4] N. R. Jennings, S. Parsons, P. Noriega, and C. Sierra. On argumentation-based negotiation. In *International Workshop on Multi-Agent Systems*, 1998.
- [5] 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.
- [6] Jeffrey S. Rosenschein and Gilad Zlotkin. *Rules of Encounter - Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*. The MIT Press, 1994.
- [7] *Strategic Negotiation in Multiagent Environments*. The MIT Press, 2001.
- [8] Michael Wooldridge and Nicholas R. Jennings. Intelligent agents: Theory and practice. [HTTP://www.doc.mmu.ac.uk/STAFF/mike/ker95/ker95-html.h](http://www.doc.mmu.ac.uk/STAFF/mike/ker95/ker95-html.h) (Hypertext version of Knowledge Engineering Review paper), 1994.
- [9] S. Kalenka and N. R. Jennings. *Cognition, Agency and Rationality*, chapter Socially Responsible Decision Making by Autonomous Agents, pages 135–149. Kluwer, 1999.
- [10] K-Team. Khepera 2. <http://www.k-team.com>. A miniature mobile robot designed as a research and teaching tool.
- [11] Michael Bratman, David J. Israel, and Martha E. Pollack. Plans and resource-bounded practical reasoning. *Computational Intelligence*, 4(4):349–355, 1988.
- [12] Michael Wooldridge. *An introduction to multiagent systems*, chapter 4. Practical Reasoning Agents. John Wiley and Sons, LTD, 2002.
- [13] Magnus Ljungberg and Andrew Lucas. The oasis air-traffic management system. In *Second Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence*, 1992.
- [14] Webots. <http://www.cyberbotics.com>. Commercial Mobile Robot Simulation Software.