

Modelo DBI con argumentación y planificación aplicado a juegos con agentes inteligentes autónomos

Iñaki Garay, Diego Marcovecchio, Leonardo Molas, Emiliano Montenegro, Fernando Sisul, Manuel Torres, Sebastián Gottifredi, Alejandro García, Diego Martínez, y Guillermo Simari

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC)
Universidad Nacional del Sur (UNS)
Av. Alem 1253, (B8000CBP), Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136

Resumen

Este artículo presenta el diseño y los resultados del sistema multi-agente *d3lp0r*, desarrollado por un grupo de estudiantes del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA) para el Multi-Agent Programming Contest 2011 (MAPC). Los agentes diseñados para el sistema utilizan una arquitectura BDI extendida con *planning* y argumentación (utilizando Programación Lógica Rebatible) para modelar un equipo que opera de manera cooperativa en un entorno dinámico de competencia.

En particular, el principal objetivo de este artículo es describir la arquitectura elegida, el esquema de comunicación, y el uso dado a la argumentación en el proceso de razonamiento de los agentes.

1. Contexto

El grupo de investigación del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA) fue creado en 1992 en la Universidad Nacional del Sur. En el año 2011, un conjunto de sus integrantes decidió conformar un equipo de desarrollo con el objetivo de participar en el concurso de pro-

gramación Multi-Agent Programming Contest 2011 (MAPC) [2]. El equipo *d3lp0r* estuvo compuesto por los profesores Guillermo Simari, Diego Martínez y Alejandro García, el estudiante de posgrado Sebastián Gottifredi, y los estudiantes de grado Leonardo Molas, Juan Manuel Torres, Diego Marcovecchio, Iñaki Garay, Fernando Sisul y Emiliano Montenegro. El grupo de alumnos fue el encargado del desarrollo del sistema, mientras que los profesores como el estudiante de posgrado, fueron fuente de consulta y orientación para los desarrolladores.

2. Introducción

La motivación principal del equipo consistió en aplicar argumentación [7] [8] [3] mediante programación lógica rebatible (*DeLP*[6]) en un agente basado en la arquitectura BDI [1]. Esto fue aplicado en el contexto de un sistema multi-agente que opera en un ambiente dinámico y competitivo como el que provee el juego propuesto por los organizadores de la competencia.

El comportamiento de los agentes está regido por el sucesivo planteo de situaciones deseables del mundo y la búsqueda a largo plazo, es decir, prolongada

en el tiempo, de alcanzar dichas situaciones. La existencia de un conjunto de estados deseables posibles, la información que el agente considera para determinarlos, y la selección de uno de ellos para adoptarlo como el próximo objetivo son conceptos introducidos por el modelo de creencias, deseos e intenciones.

El modelo *Creencia-Deseo-Intención*[9], en adelante *BDI* (*Belief-Desire-Intention*), es un modelo desarrollado para el diseño de agentes inteligentes, basado en una vista simplificada de la inteligencia humana. El sistema presentado implementa una adaptación de dicho modelo.

Estos conceptos son incorporados al modelo mediante la implementación de los aspectos principales de la teoría del razonamiento práctico humano de Michael Bratman [4] (también referido como *Belief-Desire-Intention*, o *BDI*). Es decir, implementa las nociones de creencia, deseo y (en particular) intención, de una manera inspirada por Bratman. Una discusión más extensa puede ser encontrada en el mencionado trabajo de Bratman y en Searle[12].

Las *creencias, deseos e intenciones* son considerados estados mentales intencionales (de forma opuesta a, por ejemplo, el dolor o el placer). Las *creencias* describen la percepción de la realidad a través de datos provenientes de los sentidos. Representan el estado *informacional* del agente; comprenden el conocimiento (tanto de sentido común como teórico) sobre el mundo, ya sea externo o interno. Están sujetas a revisión, lo que implica que pueden cambiar en el futuro, pueden ser rechazadas o agregadas.

Los deseos representan el estado *motivacional* del agente; consisten en su voluntad de alcanzar ciertos objetivos o situaciones. Entre los deseos, se distingue la noción de *meta*. Una meta es un deseo que ha sido adoptado por el agente para ser perseguido activamente. Esta definición impone la restricción de que el conjunto de metas, o deseos activos, debe ser consistente.

Por último, el concepto de intención representa el estado *deliberativo* del agente, lo que el agente ha elegido hacer, esto es, el deseo para el cual el agente se ha comprometido. Es una noción ligada al compromiso que se asume, en función alcanzar los estados o situaciones deseados.

En particular, la selección de un nuevo objetivo

o *intención* en nuestro sistema es llevada a cabo a través de un complejo proceso de razonamiento, que conlleva el análisis y comparación de las diferentes alternativas. Estas evaluaciones son realizadas por un módulo especial que aplica argumentación mediante programación lógica rebatible (*DeLP*). Muchos conceptos relacionados a *DeLP* fueron incorporados directa o indirectamente en el desarrollo de este módulo.

Los formalismos de argumentación ofrecen una metodología natural para razonar evaluando diferentes puntos de vista, y proveen herramientas para tomar decisiones y resolver conflictos. Sin embargo, en la actualidad, los sistemas multi-agente carecen de técnicas avanzadas para reaccionar ante cambios en un entorno dinámico y poder evaluar argumentos para la toma de decisiones. Por lo tanto, se espera que las áreas de revisión de creencias y argumentación puedan complementarse, y también puedan ser usadas en forma combinada para resolver problemas en escenarios complejos de sistemas multi-agente que exceden el alcance de cada área en forma individual.

3. Líneas de investigación y desarrollo

La línea principal del trabajo consiste en el desarrollo de un sistema multi-agente basado en la arquitectura *BDI*, utilizando argumentación a través de *DeLP* para la selección de la intención. Su objetivo es desarrollar formalismos avanzados de representación de conocimiento y razonamiento basados en argumentación. En particular, de esta línea principal se desprenden sub-líneas de trabajo:

1. El diseño de una arquitectura *BDI* para agentes deliberativos que formen parte de un equipo cooperativo, adaptada para ajustarse al entorno de la competencia. El formato del escenario que plantea conduce a considerar la inclusión de tareas como la revisión de las intenciones y el cálculo reiterado de planes para éstas.
2. El desarrollo de dicha arquitectura. Para esto, se debió seleccionar las plataformas (lenguajes

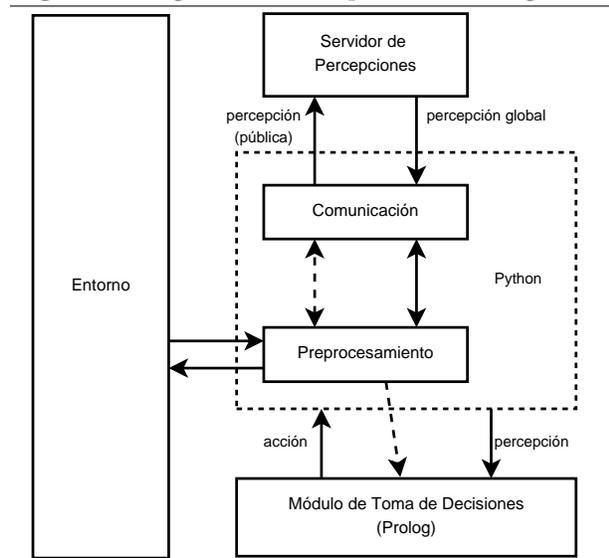
de programación, arquitecturas de computadora), así como las metodologías de trabajo.

3. El diseño y desarrollo de un sistema de razonamiento basado en argumentación, a partir del cual se seleccionen, de un conjunto de deseos, la intención de un agente. Se deben tener en cuenta los ítems anteriores para que estos sistemas se relacionen de manera correcta.

4. Resultados Obtenidos

Dentro de la primer línea de trabajo, se diseñó el sistema que se encuentra en la Fig. 1 (las líneas punteadas representan el flujo de control, y las líneas continuas representan el flujo de datos), la cual se explica a continuación.

Figura 1 Diagrama de la arquitectura del agente.



El programa principal del agente es el encargado de manejar la comunicación con los servidores, tanto el del juego como el de percepciones (presentado a continuación). También es responsable de parsear y procesar la información contenida en la percepción para darle el formato interpretado por la base de conocimientos, y enviar la acción que ha sido elegida por el módulo de toma de decisiones.

El servidor de percepciones (SP) es un programa independiente, encargado de unificar las percepciones de todos los agentes que se encuentran en ejecución. Recibe sus percepciones individuales y retorna a cada uno de ellos el conjunto de datos que aún no poseen, de manera que todos los agentes del equipo cuenten con la misma información en cuanto al estado del escenario.

El módulo de **Toma de Decisiones** es consultado por el programa principal, obtiene la próxima acción a ser ejecutada, y la retorna para que pueda ser enviada. Ésta es una secuencia que se reitera en cada uno de los turnos de la simulación, con la característica de que cuando es necesario plantear y planificar una nueva meta, intervienen una serie de componentes especiales, que difieren de aquellos involucrados cuando se cuenta con una meta ya planificada.

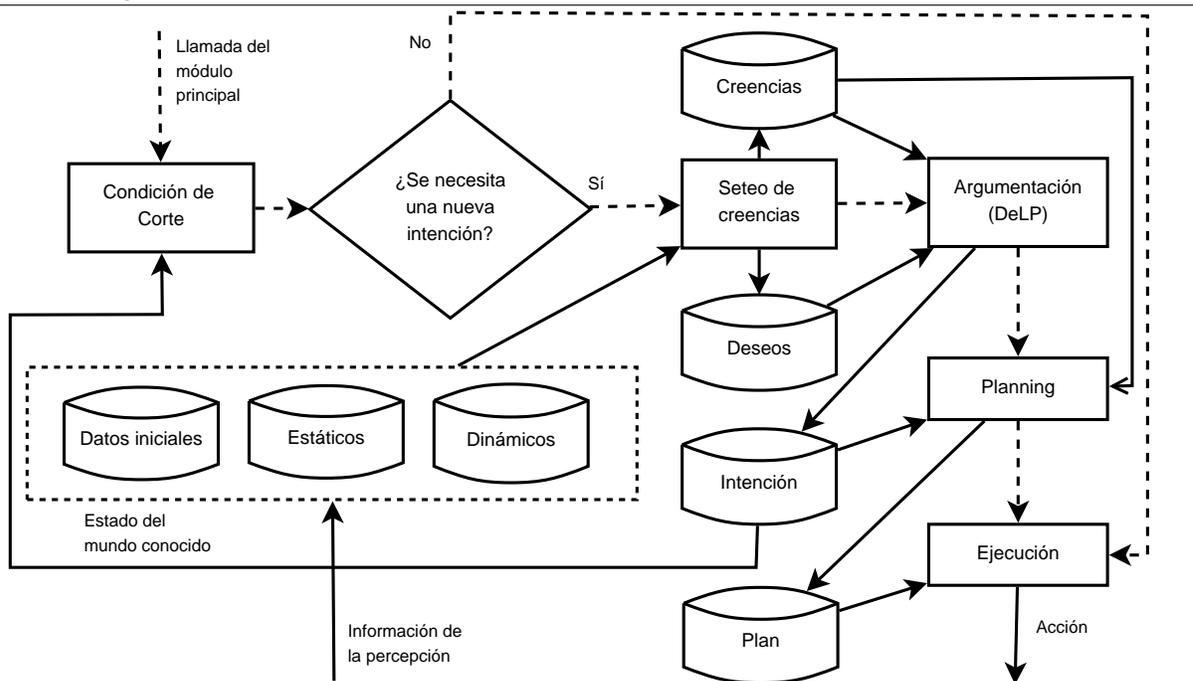
En la Fig. 2 se pueden observar las diferentes partes de la arquitectura interna de este módulo, sus interacciones con el exterior (el **Módulo principal**), y sus interacciones internas con sus componentes, tanto bases de datos como sub-módulos.

El seteo de creencias es llevado a cabo cada vez que el agente se dispone a seleccionar una nueva intención. Incluye la generación de aquellos datos que pueden permitir al agente realizar una elección lo más acertada posible. Se trata de inferencias realizadas en base al estado del escenario.

Una vez finalizado el seteo de creencias, el agente procede a la selección de la próxima intención. Para esto, se toma cada uno de los deseos marcados como factibles en la base de conocimiento, y se consulta al módulo de argumentación [1] [10] (implementado en *DeLP*[5]) sobre estos. Dicho módulo devuelve los deseos que son realizables, es decir, aquellos que satisfacen una serie de condiciones. Para estos, obtiene un valor que representa su peso, en términos del beneficio que conllevan para el equipo. El deseo que presenta el mayor peso entre los analizados, se convierte en la nueva intención del agente, la cual es almacenada hasta ser alcanzada o reemplazada. Tanto la evaluación como el pesaje de los deseos, son llevados a cabo empleando *argumentación* en un módulo especial, implementado con la ayuda de *DeLP*.

La planificación fue realizada desarrollando una serie de modelos de planes, algunos de los cuales re-

Figura 2 Diagrama de la arquitectura del módulo de **Toma de Decisiones**.



quirieron la búsqueda de caminos, la cual se implementó a partir del algoritmo *Uniform Cost Search* (UCS) [11]. Ésta genera una serie de acciones que son almacenadas por el agente para su posterior realización.

Existen situaciones en las que el paso de los turnos provoca que el cumplimiento de una meta se vuelva inalcanzable, innecesario, riesgoso, o menos productivo de lo previsto, por lo que resulta más beneficioso abortar el plan existente, y seleccionar una nueva intención. Ésta es una etapa de verificación, que tiene como objetivo la detección de este tipo de situaciones. Es ejecutada sólo en aquellos turnos en los que el agente se encuentra siguiendo el plan de una intención previamente determinada. Por esto, cada deseo o esquema de deseo cuenta con una serie de **condiciones de corte**, que son evaluadas al inicio de cada turno, en caso de existir un plan establecido. Si se verifica que alguna de estas condiciones se satisface, entonces la intención es descartada, y el agente ingresa en un

nuevo proceso de selección.

5. Formación de Recursos Humanos

El proceso de desarrollo del proyecto permite la formación de los miembros del grupo de desarrollo, estudiantes de la carrera de Licenciatura en Ciencias de la Computación, en proyectos de investigación científica en áreas de la Inteligencia Artificial, como los sistemas multi-agente, y la argumentación. A su vez, algunos de los miembros comenzarán sus estudios de posgrado en dichas áreas.

Referencias

- [1] Amgoud, L., C. Devred y M. Lagasquie: *A constrained argumentation system for practical reasoning*. En *Seventh International Conference*

- on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'08)*, páginas 429–436, 2008.
- [2] Behrens, Tristan, Mehdi Dastani, Jürgen Dix, Michael Köster y Peter Novák: *The multi-agent programming contest from 2005-2010: From collecting gold to herding cows*. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 59:277–311, 2010, ISSN 1012-2443.
- [3] Bench-Capon, Trevor J. M. y Paul E. Dunne: *Argumentation in artificial intelligence*. *Artif. Intell.*, 171(10-15):619–641, 2007.
- [4] Bratman, Michael E.: *Intention, Plans, and Practical Reason*. Cambridge University Press, Marzo 1999, ISBN 1575861925.
- [5] Ferretti, Edgardo, Marcelo Errecalde, Alejandro Javier García y Guillermo Ricardo Simari: *Decision rules and arguments in defeasible decision making*. En Besnard, Philippe, Sylvie Doutre y Anthony Hunter (editores): *COMMA*, volumen 172 de *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, páginas 171–182. IOS Press, 2008, ISBN 978-1-58603-859-5.
- [6] Garcia, A. y G. Simari: *Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach*. *Theory and Practice of Logic Programming (TPLP)*, 4:95–138, 2004.
- [7] Prakken, Henry y Giovanni Sartor: *Argument-based extended logic programming with defeasible priorities*. *Journal of Applied Non-Classical Logics*, 7(1):25–75, 1997.
- [8] Rahwan, Iyad y Guillermo R. Simari: *Argumentation in Artificial Intelligence*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edición, 2009, ISBN 0387981969, 9780387981963.
- [9] Rao, Anand S. y Michael P. Georgeff: *Modeling Rational Agents within a BDI-Architecture*. En *Second Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'91)*, páginas 473–484, 1991.
- [10] Rotstein, N. D., A. J. Garcia y G. R. Simari: *Reasoning from desires to intentions: A dialectical framework*. En *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, páginas 136–141, 2007.
- [11] Russell, Stuart J. y Peter Norvig: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education, 2ª edición, 2003, ISBN 0137903952.
- [12] Searle, J.R.: *Intentionality, an Essay in the Philosophy of Mind*. Cambridge Paperback Library. Cambridge University Press, 1983, ISBN 9780521273022.