

Revisión de Planes en Agentes Inteligentes. Mecanismos de Selección.

Gerardo Parra

Departamento de Ciencias de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Guillermo R. Simari

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

e-mail: gparra@uncoma.edu.ar, grs@cs.uns.edu.ar

Palabras Clave: INTELIGENCIA ARTIFICIAL, PLANNING, DINÁMICA DE CREENCIAS.

1. Introducción

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*)[8] 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 entorno corriente, el mundo actual del agente, es representado con un modelo de creencias (*beliefs*) adecuado. Las metas del agente representan sus deseos (*desires*) y describen en forma parcial estados del entorno preferidos. Finalmente, los planes para alcanzar alguno de aquellos estados constituyen, en cierta forma, las intenciones (*intentions*).

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.

Este trabajo postula la conveniencia de adoptar el punto de vista del área de Dinámica de Creencias[5, 6, 7] al considerar la actividad de replaneamiento de un agente inteligente. En trabajos previos[9, 10, 11] se ha introducido un modelo para representar expansiones, contracciones y revisiones de grafos de planning. 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. En este trabajo, introducimos mecanismos de selección que permiten determinar las piezas que deben ser removidas y guiar, de este modo, toda la operación.

2. Planeamiento. Graphplan

El objetivo central del área de planning en el contexto de Inteligencia Artificial es construir algoritmos que hagan posible a un agente elaborar un curso de acción para lograr sus metas. El resultado producido por un dispositivo de planning es una secuencia de acciones las cuales, cuando son ejecutadas en un mundo que satisface la descripción del estado inicial, lograrán la obtención de la meta. Existe una amplia variedad de lenguajes para representar el mundo, las metas del agente y las acciones posibles. En este trabajo adoptamos la representación STRIPS[1] como lenguaje de representación.

Uno de los dispositivos de planning más interesantes es Graphplan[2, 3, 4]. El funcionamiento de Graphplan alterna entre dos fases: la construcción del grafo de planning y la extracción de la solución. La primera fase construye un grafo de planning, estructurado por niveles, hacia adelante en el tiempo hasta que se logra una condición necesaria (pero que puede ser insuficiente) para la existencia de un plan. Luego, la fase de extracción de solución realiza un recorrido hacia atrás sobre el grafo, buscando un plan que resuelva el problema. Si no es hallada una solución, el ciclo se repite mediante la construcción de un nuevo nivel del grafo de planning.

Graphplan determina un plan para un problema de planning de la siguiente manera. En primer lugar, construye el grafo de planning hasta que las metas del problema aparezcan como nodos del grafo. Luego, realiza un recorrido hacia atrás sobre los nodos del grafo con el fin de encontrar un conjunto de acciones, no mutuamente excluyentes entre sí, que permitan lograr las metas a partir de las condiciones iniciales.

2.1. Revisión de Planes

Asumamos que un agente descubre que, una de las acciones requeridas en el plan definitivo no pudo ser ejecutada adecuadamente, es decir, no ha dado los resultados esperados. Ante esta situación, una porción del plan debe ser removida y reemplazada por un subplan conveniente que ofrezca la posibilidad de éxito para el plan global.

Analicemos un ejemplo concreto tomando como base el *dinner-date problem*[4]. Supongamos que, una vez construido y ejecutado el plan definitivo, el agente descubre que se ha quemado la cena. Ante tal situación, una posibilidad interesante sería apelar a una nueva acción que produzca el efecto esperado. Supongamos que se dispone, para tal fin, de una acción `llamar_rotiseria` con efecto `cena` y sin precondiciones. El reemplazo de la porción del plan que no produjo los resultados esperados por este subplan alternativo permite al agente seguir el curso de acción establecido. Sin embargo, esto implica, en el contexto de Graphplan, la reconstrucción

del grafo de planning desde el nivel cero.

Es importante tener en cuenta que, la construcción del grafo de planning para un problema determinado no es una tarea trivial. Por lo tanto, es imperativo conservar la mayor parte del grafo ante una modificación del problema original.

Con esta motivación, proponemos la definición de una operación de revisión, denotada \otimes^i , para grafos de planning. La tarea básica del operador de revisión es obtener, dado un grafo de planning Π y un esquema de acción A , un nuevo grafo de planning Π' . Este nuevo grafo tiene dos características principales: el esquema A pertenece a nivel i al grafo Π' y, posiblemente, esquemas de acción adicionales han sido removidos de Π' .

La operación de revisión de grafos de planning debería entenderse como un proceso mediante el cual se reemplaza un esquema de acción B por un esquema A que contiene los efectos o poscondiciones de B . Sin embargo, es posible que el esquema a reemplazar y el nuevo esquema difieran en sus precondiciones.

Varios esquemas de acción pueden ser candidatos a ser reemplazados. Una función de selección determina, dentro de este conjunto, el esquema de acción escogido. A continuación, definimos formalmente las nociones de conjuntos de esquemas de acción *pos-equivalentes*, función de selección y revisión de grafos de planning.

Definición 1: Sea Π un grafo de planning y sea A un esquema de acción. El conjunto de esquemas de acción *pos-equivalentes* a nivel i con respecto a A , denotado $\Pi\Psi^i A$, se define de la siguiente manera.

$$\Pi\Psi^i A = \{E : E \text{ pertenece a nivel } i \text{ a } \Pi \text{ y } E_{Pos} \subseteq A_{Pos}\}.$$

El conjunto de esquemas pos-equivalentes a nivel i con respecto a A , está formado por los esquemas de acción de nivel i cuyas poscondiciones están incluidas en las poscondiciones del esquema de acción A .

Definición 2: Sea Π un grafo de planning. Una *función de selección para Π* es una función γ tal que, para cualquier esquema de acción A , se verifica que:

$$\gamma(\Pi\Psi^i A) = \begin{cases} \{E' : E' \in \Pi\Psi^i A\} & \text{si } \Pi\Psi^i A \neq \emptyset \\ \emptyset & \text{si } \Pi\Psi^i A = \emptyset \end{cases}$$

La función de selección γ escoge un elemento de $\Pi\Psi^i A$ si el conjunto no es vacío. En caso contrario, la función de selección devuelve el conjunto vacío.

Definición 3: Sea Π un grafo de planning, A un esquema de acción y γ una función de selección para Π . La operación de *revisión* de Π con respecto a A , denotada como $\Pi \otimes^i A$, se define como:

$$\Pi \otimes^i A = (\Pi \ominus^i \gamma(\Pi\Psi^i A)) \oplus^i A$$

De acuerdo a esta definición, para realizar la revisión a nivel i de un grafo de planning Π con respecto a un esquema de acción A debemos, en primer lugar, contraer a nivel i por el esquema de acción $\gamma(\Pi\Psi^i A)$ y luego, expandir a nivel i por el esquema de acción A .

El operador de revisión de grafos de planning es caracterizado mediante un conjunto de propiedades deseables inspiradas en los postulados propuestos por Gärdenfors[6] para la operación de revisión de conjuntos de creencias. Es posible demostrar, que el operador de revisión de grafos de planning satisface los postulados de éxito, inclusión y vacuidad. Además, es posible vislumbrar propiedades deseables del operador de revisión en el contexto específico de grafos de planning[11].

3. Conclusiones y Trabajo Futuro

La operación de revisión de grafos de planning modela situaciones en las cuales es necesario remover algunas piezas del plan global y reemplazarlas por subplanes alternativos que permitan al agente seguir un determinado curso de acción. En este trabajo, hemos propuesto mecanismos de selección que permiten determinar las piezas del plan que deben ser removidas.

La definición de este operador de revisión hace posible la reutilización de gran parte del grafo de planning original. En trabajos futuros, se estudiarán distintas políticas de selección de los esquemas de acción a eliminar.

Referencias

- [1] R. Fikes and N. Nilsson. STRIPS: A new approach to the application of theorem proving to problem solving. *J. Artificial Intelligence*, 2(3/4), 1971.
- [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(1-2):281-300, 1997.
- [4] Daniel S. Weld. Recent Advances in AI Planning. *AI Magazine*, 1999.
- [5] Alchourrón, C. E., Gärdenfors, P. y Makinson, D. *On the Logic of Theory Change: Partial Meet Contraction and Revision Functions*. *Journal of Symbolic Logic*. 1985, 50:510-530.
- [6] Peter Gärdenfors. *Knowledge in Flux: Modelling the Dynamics of Epistemic States*. Cambridge, MA: The MIT Press, Bradford Books, 1988.
- [7] Hansson, S. O. *A Textbook of Belief Dynamics*. Kluwer Academic Press, 1996.

- [8] M. Georgeff, B. Pell, M. Pollack, M. Tambe, and M. Wooldridge. The Belief-Desire-Intention Model of Agency. In J.P.Müller, M.P.Singh, and A.S. Rao, editors, *Intelligent Agents V* (LNAI Volume 1555), pages 1-10. Springer-Verlag: Berlin, Germany, 1999.
- [9] G. Parra y G. Simari. *Reelaboración de Planes en Agentes Inteligentes. Expansión de Grafos de Planning*. Jornadas Chilenas de Computación 2002. Copiapó, Chile. Noviembre de 2002.
- [10] G. Parra y G. Simari. *Replaneamiento en Agentes Inteligentes. Contracción de Grafos de Planning*. VII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Volumen II, páginas 1081-1093. Octubre de 2001 - Universidad Nacional de la Patagonia Austral - El Calafate - Santa Cruz.
- [11] G. Parra y G. Simari. *Replaneamiento en Agentes Inteligentes. Revisión de Grafos de Planning*. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Octubre de 2002 - Universidad de Buenos Aires - Buenos Aires.