

Dinámica de bases de conocimiento compartidas y distribuidas

Luciano H. Tamargo †
Alejandro J. García †

Marcelo A. Falappa †
Guillermo R. Simari

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur,
† Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136
e-mail: {lt, maf, ajg, grs}@cs.uns.edu.ar

Contexto

Esta línea de investigación se realizará dentro del ámbito del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, y está asociada a los siguientes proyectos de investigación:

“Programación en lógica distribuida con primitivas de sincronización, comunicación y ejecución en paralelo de agentes, para desarrollo de sistemas multi-agente en ambientes dinámicos” Código: PIP 5050. Director: Alejandro Javier García. Financiamiento: CONICET (Proyecto de Investigación Plurianual).

“Representación de conocimiento, argumentación y apoyo a la toma de decisiones: Herramientas inteligentes para la web semántica” (código 24/N023). Inicio 01/01/2007 Finalización: 31/12/2009. Acreditado en el Programa de Incentivos. Director: Simari, Guillermo Ricardo.

Resumen

El objetivo principal de esta línea de investigación es el estudio y desarrollo de técnicas y formalismos para actualización de bases de conocimiento de agentes inteligentes en sistemas multi-agente. Dichas bases de conocimiento podrán ser compartidas por varios agentes y estar distribuidas dentro del sistema, pretendiendo además que el conocimiento representado en los agentes pueda tener referencias temporales.

En particular, se estudiará combinar formalismos de revisión de creencias y actualización de conocimiento, con técnicas de mantenimiento de bases de datos distribuidas en sistemas multi-agente. De esta manera, se permitirá actualizar en forma dinámica bases de conocimiento de diferentes agentes que participan de un sistema multi-agente dentro de un ambiente distribuido. Además, se estudiarán diferentes modelos donde los agentes del sistema estén ordenados por fiabilidad y se definirá un operador de revisión que cambie dinámicamente el orden mencionado. De esta manera, el formalismo propuesto en esta línea de investigación obtendrá más flexibilidad y dinamismo.

Palabras clave: Revisión de Creencias, Sistemas Multi-Agente, Bases Distribuidas

1. Introducción

Los agentes son entidades computacionales autónomas, ya sea programas o robots, con la capacidad de percibir el entorno en que se desenvuelven y actuar para llevar a cabo alguna tarea. La percepción del entorno por parte de un agente es usualmente limitada, y diferentes agentes dentro de un sistema multi-agente pueden tener una percepción diferente del entorno. Por lo tanto, es importante que los agentes puedan cooperar compartiendo su conocimiento acerca del entorno. Además, si cada agente almacena conocimiento producto de su experiencia, es importante que pueda compartir este conocimiento con otros agentes con los cuales coopera. De esta manera, agentes especialistas en cierto aspecto podrán intercambiar conocimiento con otros que tienen experiencia en otras áreas.

Cada agente inteligente necesita de una base de conocimiento donde almacenar la información referida al entorno en el cual se desenvuelve. El conocimiento aquí almacenado debe ser actualizado de manera periódica y respetar ciertas restricciones de integridad para garantizar el correcto razonamiento del agente. En un entorno multi-agente, el conocimiento puede estar distribuido, fragmentado, y/o replicado.

En esta línea de investigación se pretende combinar formalismos de revisión de creencias y actualización de conocimiento con técnicas de mantenimiento de bases de datos distribuidas. De esta manera, se permitirá actualizar en forma dinámica bases de conocimiento de diferentes agentes en un ambiente distribuido. El estudio y desarrollo de agentes inteligentes, y la investigación en robótica cognitiva han demandado en los últimos años la investigación y desarrollo de formalismos de representación y mantenimiento de conocimiento. En particular esto ha dado un fuerte impulso al área de revisión de creencias (belief revision) [1, 10, 9, 16, 17, 22, 11, 12, 13, 14, 21, 15, 7] donde se estudia formalmente parte de estos temas. Además, en los últimos años se han producido importantes avances en el área de revisión de creencias en sistemas multi-agente, entre cuyos artículos cabe destacar [6, 5, 4, 19, 20, 18].

2. Líneas de Investigación y Desarrollo

Esta línea de investigación busca combinar resultados teóricos obtenidos en las áreas de sistemas multi-agentes, mecanismos de representación de conocimiento y revisión de creencias. El objetivo es actualizar en forma dinámica bases de conocimiento de diferentes agentes en un ambiente distribuido. Disponer de un formalismo como el propuesto permitirá lograr un avance en las áreas antes mencionadas, así como también el desarrollo de nuevas aplicaciones que utilicen la tecnología de sistemas multi-agente. Esto facilitará el desarrollo de aplicaciones basadas en agentes para resolver problemas complejos. Los resultados obtenidos serán utilizados para su aplicación inicialmente en el campo de agentes inteligentes y sistemas multi-agente y posteriormente en robótica cognitiva, sistemas de información así como también sistemas de recomendación.

2.1. Revisión de creencias

La meta principal de la teoría del cambio es intentar modelar la dinámica del conocimiento. No hay una única manera de realizar un “cambio” en el conocimiento de un agente, existen numerosas propuestas para ello. El modelo AGM [1] es uno de los principales referentes (expansión, contracción y revisión). La revisión es una de las operaciones más comunes que desarrolla un agente que se desenvuelve en un entorno dinámico. Si un agente cree en un conjunto K , y se produce cierta entrada epistémica X , el mismo deberá hacer lo siguiente: revisar el contenido de K para determinar cuáles de sus creencias están en desacuerdo con X , eliminar algunas de ellas, luego incorporar X y producir un nuevo conjunto K' consistente. En este contexto pueden surgir diferentes situaciones:

- a) La entrada epistémica tiene primacía sobre el estado epistémico del agente. En tal caso deben eliminarse del estado epistémico todas las creencias que sean inconsistentes con la entrada. Algunos ejemplos de este tipo de operadores son Partial meet revision [1] y Kernel revision [12].
- b) La entrada no tiene primacía y el agente, según corresponda, pueda preservar su estado epistémico (idealmente en equilibrio), pues puede ser el caso en que no le de “mayor credibilidad” a la entrada epistémica. Por ejemplo, Semi-Revision [13], Revision by a Set of Sentences [7] y Selective Revision [8].

2.2. Revisión de creencias en sistemas multi-agentes

Una variedad de nociones han sido adoptadas por las personas que realizan investigaciones en el área de Revisión de Creencias en Sistemas Multi-Agentes (MABR). Un buen entendimiento de las relaciones entre estas aproximaciones es esencial antes de llevar a cabo cualquier investigación futura. Es por esto, que como trabajo a futuro en esta línea, en principio se planea profundizar sobre el estudio de formalismos específicos de MABR. Por ejemplo, en el trabajo de Wei Liu [19] se presenta un análisis exhaustivo y una jerarquía sobre los distintos sistemas existentes (ver Figura 1) entre los que podemos destacar: Multi-Agent Belief Revision (MABR) y Belief Revision using information from Multiple Sources (MSBR).

La capacidad de realizar revisión de creencias podría ser considerado como parte de las habilidades de los agentes para mantener consistencia de su propio estado epistémico. En este caso, un proceso de revisión de creencias individual es llevado a cabo en una ambiente multi-agente, donde la nueva información puede venir desde múltiples fuentes y podría generar conflictos. Revisiones de ese estilo se denominan MSBR. Sobre esta alternativa, algunos autores tratan de resolver el conflicto de información ordenando las fuentes sobre las bases de su fiabilidad [5, 4]. Otros autores, usan técnicas de revisión de creencias para lograr metas de grupos o sociedades de agentes [18, 20] (por ejemplo, alcanzar consenso antes de llevar a cabo los planes). En este escenario más de un agente toma parte en el proceso y, para este propósito, los agentes involucrados necesitan comunicarse, cooperar, coordinar y negociar con los otros. Un sistema MABR es un sistema multi-agente (MAS) cuya meta global involucra utilizar técnicas de revisión de creencias.

MSBR estudia el comportamiento de las revisiones en agentes individuales, es decir, cuando un agente recibe información desde múltiples agentes desde quienes tiene opiniones sociales. MABR investiga el comportamiento de la revisión de creencias global de grupos o sociedades de agentes. MSBR es uno de los componentes esenciales de MABR.

El paradigma AGM [1] ha sido ampliamente aceptado como un framework estándar para revisión de creencias. Pero sólo es capaz de describir comportamientos de revisión de un único agente. El proceso de revisión de creencias es más complejo en el caso de múltiples agentes. Más allá del principio de mínimo cambio, existen otros requisitos debido a la sofisticada interacción entre los agentes.

Un agente es capaz de llevar a cabo Individual Belief Revision (IBR), mientras que una sociedad o equipo de agentes es capaz de MABR. IBR en un ambiente de un único agente (Single Belief Revision, SBR) podría ser logrado usando belief revision tradicional satisfaciendo o adaptando los postulados AGM. IBR en un ambiente de múltiples agentes es MSBR, es decir, un único agente tendrá que procesar información que viene desde más de una fuente.

3. Resultados Obtenidos/Esperados

Anteriormente en esta línea se ha desarrollado un formalismo de revisión de creencias en sistemas multi-agente el cual está orientado a Multi-Source Belief Revision [23]. Este formalismo incluye un nuevo operador de revisión basado en un ordenamiento de fuentes (como es sugerido en [6, 5, 4, 3])

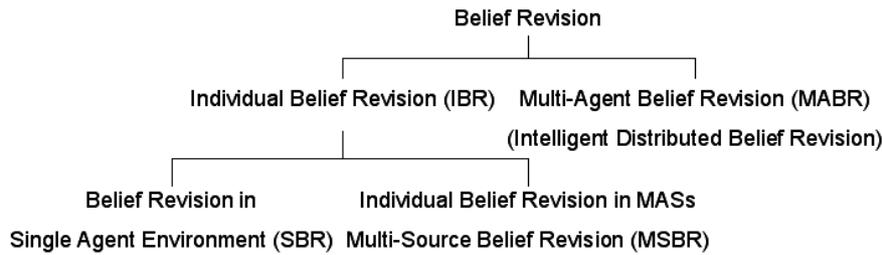


Figura 1: Jerarquía de Revisión de Creencias

y en la técnica de contracción propuesta por Sven Ove Hanson en [12]. Esta aproximación tiene similitudes con las propuestas en lógica posibilística [2, 3]. Actualmente, esta línea de investigación está orientada en el análisis de los operadores de revisión basados en lógica posibilística.

En primera instancia, el objetivo de esta línea de investigación seguirá orientado a Multi-Source Belief Revision con la idea de continuar con el desarrollo del formalismo propuesto. En base a este nuevo formalismo de revisión de creencias en sistemas multi-agente, se definirá una caracterización axiomática del operador proveyendo de esta manera teoremas de representación que le dará a la propuesta un sólido marco teórico. Además, se estudiarán diferentes modelos donde los agentes de un sistema multi-agente estén ordenados por fiabilidad y se definirá un operador de revisión que cambie dinámicamente el orden mencionado. De esta manera, el formalismo propuesto obtendrá más flexibilidad y dinamismo.

La importancia de esta línea de investigación radica en el estudio y desarrollo de nuevos formalismos para su aplicación en el área de sistemas multi-agente. Estos sistemas se utilizan en la actualidad para la resolución de problemas complejos en ciencias de la computación y en otras disciplinas. Su campo de aplicación ha ido en aumento en los últimos años, fundamentalmente por los desarrollos teóricos y prácticos producidos en las áreas de inteligencia artificial distribuida y robótica cognitiva. Se prevee que el campo de aplicación de estos sistemas seguirá en aumento, lo cual requerirá el desarrollo de nuevos formalismos teóricos para su futura aplicación.

El desarrollo de técnicas de actualización de bases de conocimiento distribuidas, se utilizará para mejorar el mantenimiento y la consulta de las bases de conocimiento de los agentes. Esto permitirá contar con nueva tecnología para el desarrollo de aplicaciones con sistemas multi-agente, que podrán ser utilizados en diferentes áreas, tanto en las ciencias de la computación como en otras ciencias.

Referencias

- [1] C. E. Alchourrón, P. Gärdenfors, and D. Makinson. On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions. *J. of Symbolic Logic*, 50(2):510–530, 1985.
- [2] S. Benferhat, D. Dubois, and H. Prade. Argumentative inference in uncertain and inconsistent knowledge bases. In *In Proc. of Uncertainty in Artificial Intelligence*, pages 411–419. Morgan Kaufmann, 1993.
- [3] S. Benferhat, D. Dubois, H. Prade, and M. A. Williams. A practical approach to revising prioritized knowledge bases. *Studia Logica*, 70(1):105–130, 2002.
- [4] J. Cantwell. Resolving conflicting information. *Journal of Logic, Language and Information*, 7(2):191–220, 1998.

- [5] A. Dragoni, P. Giorgini, and M. Baffetti. Distributed belief revision vs. belief revision in a multi-agent environment: First results of a simulation experiment. In *MAAMAW*, pages 45–62, 1997.
- [6] A. Dragoni, P. Giorgini, and P. Puliti. Distributed belief revision versus distributed truth maintenance, 1994.
- [7] M. A. Falappa, G. Kern-Isberner, and G. R. Simari. Explanations, belief revision and defeasible reasoning. *Artificial Intelligence*, 141(1):1–28, 2002.
- [8] E. L. Fermé and S. O. Hansson. Selective revision. *Studia Logica*, 63(3):331–342, 1999.
- [9] P. Gärdenfors. *Knowledge in Flux - Modeling the Dynamic of Epistemic States*. The MIT Press, Cambridge, Mass, 1988.
- [10] P. Gärdenfors and D. Makinson. Revisions of knowledge systems using epistemic entrenchment. In *Second Conference on Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge Conference*, pages 83–95. Morgan Kaufmann, 1988.
- [11] S. O. Hansson. In defense of base contraction. *Synthese*, 91(3):239–245, june 1992.
- [12] S. O. Hansson. Kernel contraction. *Journal of Symbolic Logic*, 59(3):845–859, 1994.
- [13] S. O. Hansson. Semi-revision. *J. of Applied Non-Classical Logic*, pages 151–175, 1997.
- [14] S. O. Hansson. *A Textbook of Belief Dynamics: Theory Change and Database Updating*. Kluwer Academic Publishers, march 1999.
- [15] Sven Ove Hansson, Eduardo L. Fermé, John Cantwell, and Marcelo A. Falappa. Credibility limited revision. *J. Symb. Log.*, 66(4):1581–1596, 2001.
- [16] Hirofumi Katsuno and Alberto O. Mendelzon. On the difference between updating a knowledge base and revising it. In *KR*, pages 387–394, 1991.
- [17] Hirofumi Katsuno and Alberto O. Mendelzon. Propositional knowledge base revision and minimal change. *Artificial Intelligent*, 52(3):263–294, 1992.
- [18] N. E. Kfir-Dahav and M. Tennenholz. Multi-agent belief revision. In Yoav Shoham, editor, *Theoretical Aspects of Rationality and Knowledge: Pro. of the Sixth Conf. (TARK 1996)*, pages 175–196. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1996.
- [19] W. Liu and M. A. Williams. A framework for multi-agent belief revision, part i: The role of ontology. In *Australian Joint Conference on A. I.*, pages 168–179, 1999.
- [20] W. Liu and M. A. Williams. A framework for multi-agent belief revision. *Studia Logica*, 67(2):291–312, 2001.
- [21] David Makinson. Screened revision. *Theoria: Special Issue on Non-Prioritized Belief Revision*, 1997.
- [22] H. Rott. Preferential belief change using generalized epistemic entrenchment. *Journal of Logic, Language and Information*, 1(1):45–78, 1992.
- [23] L. H. Tamargo, A. J. García, M. A. Falappa, and G. R. Simari. Consistency maintenance of plausible belief bases based on agents credibility. *12th International Workshop on Non-Monotonic Reasoning (NMR)*, pages 50–58, 2008.