

APRENDIZAJE Y COMPARTICIÓN DE CONOCIMIENTOS ENTRE SISTEMAS INTELIGENTES AUTÓNOMOS

Jorge Salvador Ierache y Ramón García Martínez

Programa de Doctorado de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de la Plata
Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica, Facultad de Informática Ciencias
de la Comunicación y Técnicas Especiales. Universidad de Morón.
Laboratorio de Sistemas Inteligentes Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires

jierache@unimoron.edu.ar, rgarciamar@fi.uba.ar

CONTEXTO

La línea de investigación planteada se desarrolla en el marco del área de sistemas autónomos inteligentes en el contexto de robótica autónoma, ingeniería de software, e ingeniería del conocimiento

RESUMEN

La línea de investigación se orienta a definir un marco teórico e experimental que modelice la compartición de conocimientos entre sistemas autónomos con la incorporación de un ciclo de vida de aprendizaje compuesto de distintos layers que acompañan el aprendizaje y compartición de conocimiento entre Sistemas Inteligentes Autonomos (SIAs) de robots. Se enfoca en plantear un modelo que facilite a SIAs interoperar en ambientes distribuidos, compartiendo desde las teorías del creador, las teorías que se generan como producto de su entrenamiento y las que surgen de la interacción entre con el ambiente de su mundo de actuación y otros SIAs.

Se consideran de la Ingeniería del Software los conceptos de ciclo de vida, arquitecturas y modelos. Desde la perspectiva de la Ingeniería del Conocimiento, la modelización de conocimiento a través de una ontología preliminar que represente al SIA para su actuación aprendizaje y compartición de conocimientos.

Palabras clave: *Sistemas autónomos, robótica, compartición de conocimiento, interoperabilidad, aprendizaje.*

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema inteligente autónomo puede definirse [Fritz *et al.*, 1989; García Martínez y Borrajo, 1996] como aquél capaz de descubrir y registrar si una acción efectuada sobre una situación dada fue beneficiosa para lograr su objetivo. Necesita construir planes, monitorizar la ejecución de esos planes para detectar expectativas violadas y diagnosticar y rectificar errores que los datos inconsistentes revelen [García Martínez y Borrajo, 2000].

El aprendizaje es necesario porque en un nuevo entorno, el sistema no puede saber "a priori" las consecuencias de sus acciones ni las Recientemente

en [García Martínez *et al.*, 2006], se abordara el problema de compartir el conocimiento entre distintos sistemas inteligentes autónomos (SIAs). Los sistemas inteligentes autónomos, son autónomos en el sentido de que tienen sus propias funciones de utilidad, y ninguna noción de utilidad global [ni siquiera una implícita] influye en su diseño.

Para compartir el entendimiento común de la estructura de información requiere desarrollar ontologías [Gruber, 1993]. Una ontología contiene definiciones, conceptos básicos y relaciones entre estos que pueden ser interpretados por un sistema. El desarrollo de ontologías permite compartir el entendimiento común de las estructuras de información entre personas o SIAs, la reutilización de conocimientos del dominio, explicitar suposiciones del dominio, separar el conocimiento del dominio del conocimiento operacional, analizar el conocimiento de un dominio.

La interoperabilidad semántica se a través de M2M (Machine to Machine) resulta de de interes para los SIAs, [Pulvermacher *et al.*, 2004] presenta la integración semántica de sistemas de Comando y Control (C2), Aplicaciones en ambientes de misión crítica, aplicados al control de trafico aéreo bajo el concepto de Free Flight, [Battista *et al.*, 2007], representan un claro ejemplo de de sistemas autónomos inteligentes en un contexto M2M.

Para la actuación de los SIAs se requiere de un marco que integre el aprendizaje y la compartición de conocimiento sobre la base de un modelo común para los SIAs, se presenta un problema crucial cuando se está tratando con sistemas que deben "autonómicamente" adaptarse a un ambiente dinámico y desconocido.

Uno de los principales objetivos de cada SIA, es cómo los operadores aprenden automáticamente (modelos de acción) que predice los efectos de acciones en el ambiente por observación de las consecuencias de estas acciones. Para poder aprender estas descripciones, éste es capaz de lograr metas auto-definidas, ejecutar los planes, encontrar los comportamientos correctos o incorrectos, y aprender de la interacción con el ambiente y otros SIAs.

Cada SIA recibe la percepción desde el ambiente, llamado situaciones y aprende desde su interacción

con el mundo externo (el ambiente y otros SIAs). Al principio, el SIA percibe la situación inicial, y selecciona una acción al azar para ejecutar en el ambiente. Entonces, entra en un *loop* para la ejecución de una acción, percibiendo las situaciones resultantes y la utilidad de la situación, aprendiendo de la observación los efectos de aplicar las acciones en el ambiente.

Cada uno de estos SIAs recibe un *input*: percepciones desde el ambiente (situaciones y utilidades); un conjunto de acciones que pueden ejecutarse, operadores aprendidos propios y de otros SIAs.

La salida de cada SIA es una secuencia de acciones sobre el tiempo (para el ambiente), regularmente ese conjunto de operadores que él aprende y comparte con otros AIS. El operador O es una tupla $\langle C, A, F, P, K, U \rangle$ [García Martínez, R. y Borrajo, D., 2000] donde: C es la situación inicial (condiciones), A acción a ser ejecutada, F situación final (post-condiciones), P cantidad de veces que el operador O_i fue aplicado satisfactoriamente (la citación final F fue obtenida), K cantidad de veces que la acción A fue aplicada a la condición C, U nivel de utilidad del operador, obtenido de aplicar la acción A, a la situación C, se determina sobre la relación P/K.

LOPE (Learning by Observation in Planning Enviroments) es una arquitectura de SIAs que integra planificación, aprendizaje y ejecución en un reiteración cerrada, mostrando cómo funciona el comportamiento de inteligencia autónoma [García Martínez *et al.*, 2006].

Trabajos anteriores basados en aprendizaje de máquinas eran aplicados a resolución de problemas que principalmente estaban enfocados en aprendizaje de conocimientos cuya meta era mejorar la eficiencia de la tarea de resolución de problemas [Borrajo y Veloso, 1997; García Martínez y Borrajo, 2000].

Nuestro trabajo se concentra en el desarrollo de un modelo para el aprendizaje y compartición de teorías entre múltiples SIAs sobre la base de la arquitectura LOPE-LLC (LOPE-Learning Life Cycle) [Ierache *et al.*, 2008b], en esta propuesta se considera que el SIA aprenda autónomamente sobre la base del ciclo de vida para el aprendizaje y compartición de conocimientos entre SIAs que considera estados de evolución del SIA como nacido, novato, entrenado, maduro los que se desarrollan a través de tres Layers:

[a] La layer de BI (Built-In Operators) que se desarrolla desde el nacimiento del SIA hasta que éste alcanza su estado de novato, el aprendizaje del SIA que se desarrolla en esta layer es a partir de los operadores implantados por el programador o creador. [b] La layer TB (Trained Base Operators) que se desarrolla desde el SIA novato hasta que el AIS alcanza el estado de entrenado, esta es la capa de aprendizaje en los que los operadores evolucionan en el contexto de entrenamiento del SIA

sobre la base inicial de los operadores del SIA novato.

Y [c] la layer WI (World Interaction Operators) que se desarrolla desde que el SIA es entrenado hasta que alcanza el estado de maduro, es la capa de aprendizaje en la que los operadores se aprenden por la interacción con el mundo y el intercambio con otros SIAs. La evolución de los estados (born, newbie, trained, mature) del SIA se desarrollan a través de las Layers (BIO, BTO, WIO), los SIAs pueden compartir sus operadores a través de sus layers (BIO, BTO, WIO), de acuerdo a su estado (born, newbie, trained, mature). Se muestra el ciclo de vida en Figura 1.

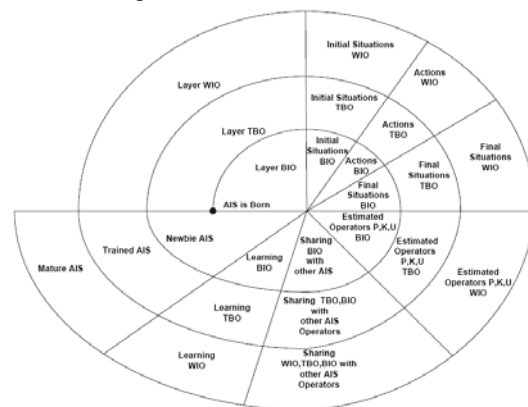


Figura 1. Modelo de Ciclo de vida del aprendizaje del SIA

En el contexto propuesto se imponen los siguientes axiomas de compartición entre SIAs, un SIA Mature puede compartir operadores con otros SIA entrenados, novatos y nacidos, un SIA entrenado comparte sus operadores con SIA entrenados y novatos, un SIA novato comparte sus operadores con SIAs novatos y nacidos.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Nuestro enfoque en este trabajo apunta a aplicar de la ingeniería del software los conceptos de ciclo de vida, arquitecturas y modelos. Desde la perspectiva de la ingeniería del conocimiento, la modelización de conocimiento a través de una ontología preliminar que represente al SIA en su actuación, aprendizaje y compartición de conocimientos. Se desarrollan en la actualidad tres ejes contribuyentes con la investigación.

El primer eje se enfoca en el planteo de un ciclo de vida para el aprendizaje y compartición de conocimientos entre sistemas autónomos, que brinde las bases para el desarrollo de un framework para la actuación y compartición de conocimientos de sistemas autónomos de robots distribuidos.

El segundo eje apunta a la investigación de plataformas de robots y la experimentación sobre la base de prototipos, desarrollados sobre la base actuación de juguetes autónomos .

El tercer eje desarrolla las bases de un modelo de compartición de conocimientos entre sistemas autónomos de robots, orientado al desarrollo de una ontología.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

En relación al primer eje se presentaron las bases de la arquitectura para el aprendizaje y compartición de conocimientos entre sistemas autónomos distribuidos [Ierache, J. *et al.*, 2008a], y se desarrollo la propuesta del ciclo de vida para el aprendizaje de sistemas autónomos [Ierache, J., García Martínez, R., De Giusti, A. 2008].

En relación al segundo eje en materia de experimentación y desarrollo de prototipos de plataformas autónomas de robots se presentaron resultados sobre la paliación de plataformas orientados al espacio de oportunidades en la educación, en este orden se abordaron tanto robots como juguetes autónomos [Ierache, J., Bruno, M., Dittler, M., Mazza N., 2008]. En materia de prototipo de presentaron resultados sobre la integración de un bípedo (Robosapiens V1), de programación abierta .[Ierache, J., , Dittler, M., 2008].

Finalmente se presentaron resultados del tercer eje con la propuesta de una ontología para el aprendizaje y compartición de conocimientos entre sistemas autónomos [Ierache, J., Bruno, M., García Martínez, R., 2008].

Se llevaran a cabo experimentaciones sobre el framework en desarrollo basado en el ciclo de vida de aprendizaje y compartición propuesto que posibilita la interacción de varias arquitecturas Lope, considerando la compartición de operadores entre sistemas autónomos inteligentes y la valoración de estos como eje principal del trabajo en el contexto de actuación de SIAs simulados y reales.

Para estudiar la convergencia de aprendizaje y probar la generalidad del conocimiento compartido entre SIAs, se llevaran a cabo experimentos orientados a verificar que los SIAs tienen un mejor comportamiento utilizando conocimiento compartido que cuando no lo usan. Se explorara la velocidad de convergencia de este tipo de aprendizaje

La experimentación real se realizara sobre la base de las plataformas de robots estudiadas y el prototipo de bípedo de programación abierta. Los escenarios distribuidos se desarrollaran inicialmente sobre SIAs Simulados, interoperando en todos los casos sobre la base de la ontología propuesta.

Se trabajo a la fecha con plataformas NXT, RCX, robots de la línea wowwee Robosapiens V2 y Robosapiens V1 modificado con un microcontrolador BX-24P para generar una Bípedo de programación abierta., figura 2.

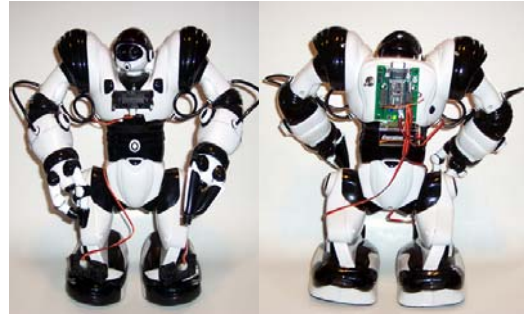


Figura 2. Robosapien V1 y BX-24

Se incorporara durante el segundo trimestre del año herramientas de simulación Webots 5 que facilitaran la simulación de robots khepera, lego Mindstorms, Aibo entre otros.

En materia de robots se incorporaran dos robots e-punk con ground sensors de cyber-robotics, un Bioloid comprehensive Kit de Crustcrawler y dos Lego Mindstorms NXT equipados con acelerómetros, sensores de color, compás y giróscopo. Este material enriquecerá la experimentación a través de la diversidad de robots que se aplicaran.

Para llevar adelante el proyecto se consolidara un framework basado en la propuesta para el aprendizaje y compartición de conocimiento entre sistemas inteligentes autónomos. Los AIS distribuidos compartirán conocimiento a través de una conexión a Internet, En futuras líneas se plantea la validación empírica en colaboración con el Instituto de Investigaciones en Informática LIDI de la UNLP.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En el marco de este proyecto se esta desarrollando una tesis doctoral y tres tesis de ingeniería informática (una de ellas defendida y dos en curso).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Battista, V., Ierache, J., Britos, P., Rodríguez, D., García-Martínez, R., 2007. *Modelo Multiagente en Sistemas de Misión Crítica Aplicado al Control de Trafico Aéreo Bajo el Concepto de Free Flight*. JIISIC-2007: 419-426.
- Fritz, W., García Martínez, R., Rama, A., Blanqué, J., Adobatti, R, y Sarno, M. 1989. *The Autonomous Intelligent System*. Robotics and Autonomous Systems, 5(2): 109-125.
- García Martínez, R. & Borrajo Millán, D. 1996. *Unsupervised Machine Learning Embedded in Autonomous Intelligent Systems*. Proceedings of the XIV International Conference on Applied Informatics. Páginas 71-73. Innsbruck. Austria.
- García Martínez, R. & Borrajo Millán, D. 1998. *Learning in Unknown Environments by Knowledge Sharing*. Proceedings of the Seventh European Workshop on Learning Robots. Páginas 22-32. Editado University of Edinburg Press.

- García Martínez, R. y Borrajo Millán, D. 1997. *Planning, Learning and Executing in Autonomous Systems*. Lecture Notes in Artificial Intelligence. 1348:208-210.
- García Martínez, R. y Borrajo Millán, D. 2000. *An Integrated Approach of Learning, Planning and Executing*. Journal of Intelligent and Robotic Systems 29(1):47-78.
- García-Martínez, R., Borrajo, D., Britos, P. y Maceri, P. 2006. *Learning by Knowledge Sharing in Autonomous Intelligent Systems*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 4140: 128-137.
- Gruber, T.1993. *A Translation Approach to Portable Ontology Specification*. Knowledge Acquisition 5:199-220.
- Ierache, J., Naiouf, M., Garcia Martinez, R., De Guiusti, A. 2008.a *Un modelo de Arquitectura para el aprendizaje y compartición de conocimiento entre sistemas inteligentes autónomos distribuidos*, IISIC-2008: 179-188.
- Ierache, J., Bruno M., Dittler, M.,Mazza N., *Robots y juguetes autónomos, una oportunidad en el contexto de las nuevas tecnologías de la educación*. IISIC 2008: 371-380.
- Ierache, J., M Dittler 2008. *Sistemas Autónomos de Programación Abierta a Partir de Juguetes Bípedos en el contexto de Fútbol de Robots*, Anales del V Workshop de Inteligencia Artificial aplicada a la robótica móvil, Universidad Nacional del Comahue, pp 105-111.
- Ierache, J., García Martínez., R., De Giusti, A.,2008b. *Learning Life Cycle in Autonomous Intelligent Systems*. En IFIP Volumen 276 , Artificial Intelligence and Practice II, Max Bramer,(Boston:Springer), pp 451-455.
- Ierache, J., Bruno, M García-Martínez, R. 2008. *Ontología para el aprendizaje y compartición de conocimientos entre sistemas autónomos*. XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Universidad Nacional de Chilecito
- Pulvermacher M., Stoutenburg S., Semy, S. 2004. *Netcentric Semantic Linking: An Approach for Enterprise Semantic Interoperability*, MITRE Technical Report.