

# ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN DE CONTROLADORES EN ROBÓTICA EVOLUTIVA

J. A. Fernández L.<sup>1</sup> M. Tosini N. Acosta

Instituto INTIA - Dept. Computación y Sistemas  
Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
(7000) Tandil - Buenos Aires - Argentina  
{jleon, mtosini, nacosta}@exa.unicen.edu.ar

**Resumen:** *Este proyecto consiste en el estudio de la influencia de la adaptación y el aprendizaje (éste último como una variante de la adaptación) sobre el comportamiento de entes artificiales, y cómo el mismo surge o emerge. Para ello, se plantea un estudio dentro del área denominada Robótica Evolutiva, en cuanto a la construcción de controladores neuronales evolutivos genéticamente determinados. Dichos controladores son aplicados a un robot tipo Khepera para llevar a cabo tareas dentro de un entorno no conocido previamente. Principalmente, la pregunta a responder es la siguiente: ¿es posible definir mecanismos adaptativos sistemáticos que generen comportamientos emergentes? Además, desde un plano artificial, ¿la experiencia generacional de los controladores que originan un nuevo controlador en el proceso evolutivo, puede influenciar el comportamiento del controlador generado?*

**Palabras Claves:** *Robótica Evolutiva, Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos, Emergencia de Comportamientos*

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos centrales de la biología, es entender cómo muchas especies constituyen colecciones de poblaciones de individuos diferenciados genéticamente (evolución). Dichas especies poseen el potencial de adaptarse a entornos locales en diferentes formas, principalmente manifestadas por su comportamiento dentro el entorno [1]. Vinculado a esto, no sólo existe un interés profundo de entender cómo un agente natural (o artificial) puede alcanzar a adaptarse a un entorno o situación cambiante, sino que también implica un desafío de construir mecanismos artificiales con iguales características adaptativas.

Robótica Evolutiva es una nueva metodología para la creación automática de robots autónomos<sup>2</sup>[2]. Inspirado en el principio Darwiniano de la reproducción selectiva del más apto, es posible ver a los robots como organismos artificiales que pueden desarrollar sus propias habilidades sin la intervención humana. Por otra parte, basado principalmente en aspectos biológicos, son utilizadas redes neuronales, algoritmos genéticos, sistemas dinámicos, e ingeniería computacional para llevar a cabo el proceso de control robótico. Algunas de las características presentes en los robots desarrollados con dicha metodología, al igual que los sistemas biológicos simples, involucran características de robustez, simplicidad, flexibilidad y modularidad [2]. Además, dentro de este contexto, los modelos vinculados con el comportamiento adaptativo autónomo pueden ser estudiados bajo el concepto de agentes, conjuntamente con la dinámica del ambiente con el cual interactúan [3].

---

<sup>1</sup> CONICET - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>2</sup> El presente trabajo está relacionado únicamente con la parte software de control de robots. En otras palabras, dicho trabajo se refiere a los problemas presentes al tratar diseñar controles por medio de software dentro de Robótica Evolutiva, sin considerar la parte hardware del problema.

En los últimos años, en la mayoría de los experimentos en Robótica Evolutiva son utilizados sistemas de control robótico mediante redes neuronales artificiales [4, 5]. La arquitectura de dichas redes incluyen desde conexiones recurrentes, las cuales permiten que la red contemple aspectos de dinámica temporal, como así también la posibilidad de capturar y procesar eventos temporales [6, 7], hasta arquitecturas simples del tipo Feed-Forward [2]. Estudios sobre la combinación de algoritmos evolutivos y aprendizaje senso-motor puede ser encontrados en [8, 9].

En términos generales, el objetivo de este trabajo es el desarrollo de controladores neuronales genéticamente determinados aplicados a robótica móvil autónoma, principalmente, con la finalidad de llevar a cabo tareas de navegación adaptativa dentro de entornos no conocidos. Una vez expuesto el enfoque de distintos autores dentro de la biología y el plano artificial, y particularmente la Robótica Evolutiva, se planteará discernir alguna postura en cuanto a la siguiente pregunta: ¿es posible definir mecanismos adaptativos sistemáticos que generen comportamientos emergentes? Además, desde un plano artificial, ¿la experiencia generacional de los controladores que originan un nuevo controlador en el proceso evolutivo, puede influenciar el comportamiento del controlador generado? En esto último se estudiará el denominado Efecto Baldwin [20] conjuntamente con la emergencia de comportamientos [21].

Se resume a continuación algunas de las características a considerar en el estudio propuesto. En la sección 2 se describe brevemente la metodología empleada. La sección 3 muestra las consideraciones en el desarrollo de los controladores señalados. Finalmente, en la sección 4 se enuncian los resultados que se esperan obtener del trabajo.

## 2. METODOLOGÍA

En robótica evolutiva, una población de cromosomas artificiales es creada aleatoriamente y probada dentro del entorno del robot. Concretamente, cada elemento de la población codifica el sistema de control de un robot. Además, cada robot es libre de actuar (moverse, manipular objetos, etc.) según al controlador utilizado, el cual fue genéticamente determinado, mientras es evaluado su desempeño al realizar varias tareas. Este proceso de generación de controladores robóticos y su evaluación en el entorno del robot, es llevado a cabo hasta satisfacer un criterio preestablecido vinculado a la tarea a desarrollar por el robot.

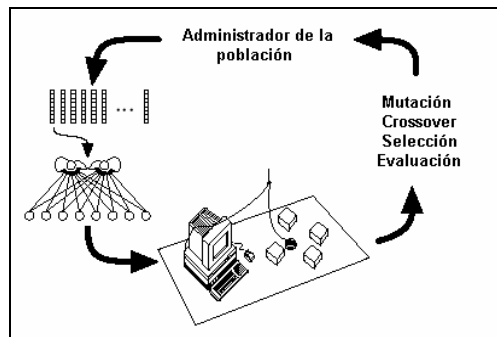


Figura 1 - Metodología operativa utilizada en Robótica Evolutiva

Cabe aclarar que el proceso antes descrito (Figura 1), puede ser llevado a cabo tanto en entornos físicos como simulados para realizar tareas vinculadas, por ejemplo, con aprendizaje robótico y evasión de obstáculos [2].

### 3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS CONTROLADORES

El proyecto aquí expuesto, contempla algunas de las particularidades de los principales trabajos realizados en el área en cuestión [10, 11, 16, 17, 18, 19]. Por lo tanto, es de interés señalar que el desarrollo de tales controladores neuronales presupone la consideración de distintos temas, como los que a continuación se nombran: (a) Tipo de controlador neuronal; (b) Codificación genética de los controladores; (c) Modelo del robot; (c) Tarea a realizar por el robot; (d) Hipótesis a probar.

En conclusión, al momento de realizar un estudio del desarrollo de controladores dentro del área de Robótica Evolutiva, es necesario considerar cuestiones vinculadas con el ambiente en el cual el robot operará, la tarea que éste realizará, la arquitectura específica del robot, el tipo de arquitectura neuronal y, finalmente, la codificación genética a utilizar. Cabe aclarar que uno de los principales inconvenientes a superar es determinar de manera apropiada, y en relación con la tarea a realizar, la función de evaluación o función de fitness, la cual determinará el grado de aceptación de cada controlador neuronal en el proceso evolutivo [2].

### 4. RESULTADOS ESPERADOS

En este trabajo, se han presentado brevemente los aspectos principales para el desarrollo de controladores neuronales evolutivos aplicados a robótica móvil, dentro del área de estudio de la denominada Robótica Evolutiva.

Los resultados reportados en la literatura con los controladores evolutivos aquí resumidos, han demostrado que es posible su desarrollo. Dichos controladores pueden ser implementados en ámbitos simulados o reales, y en distintas clases de problemas. Los resultados esperados en este trabajo están vinculados con aspectos científico-tecnológicos de control robótico, y especialmente en el desarrollo de controladores neuronales genéticamente determinados. Si bien el alcance de este trabajo es acotado, permitirá establecer una base temática para entender de manera objetiva los conceptos tratados.

Finalmente, y como uno de los resultados a alcanzar a largo plazo, se espera que el enfoque de construcción de controladores neuronales evolutivos, pueda proporcionar tanto una herramienta con la cual probar hipótesis específicas sobre aspectos evolutivos de aprendizaje, como así también proporcionar una posible solución para construir sistemas ingenieriles de control adaptativo.

### REFERENCIAS

- [1] Forde, S. E. ; Thompson, J. ; Bohannan, B. J. M. *Adaptation varies through space and time in a coevolving host-parasitoid interaction*. Nature, Vol. 431. 2004.
- [2] Nolfi S. and Floreano, D. *Evolutionary Robotics: The biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines*. MA: MIT Press/Bradford Books. 2000.
- [3] Di Paolo, E. A. *Evolving spike-timing dependent plasticity for robot control*. EPSRC/BBSRC International Workshop: Biologically-inspired Robotics, The Legacy of W. Grey Walter, WGW'2002. HP Labs, Bristol, 14 - 16 August 2002.
- [4] Joseba Urzelai and Dario Floreano. *Evolutionary Robotics: Coping with Environmental Change*. Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference. 2000.
- [5] Di Paolo, E. A. *Evolving robust robots using homeostatic oscillators*. Cognitive Science Research Paper 548, COGS, University of Sussex. 2002.

- [6] Jesper Blynel and Dario Floreano. *Levels of Dynamics and Adaptive Behavior in Evolutionary Neural Controllers*. In B. Hallam, D. Floreano, J. Hallam, G. Hayes, and J.-A. Meyer, editors. Recompilation de papers. 2002.
- [7] Beer, R. D. and Gallagher, J. C. *Evolving dynamical neural networks for adaptive behaviour*. *Adaptive Behavior*, 1(1):91-122. 1992.
- [8] D. Floreano and J. I. Urzelai. *Evolution and learning in autonomous robots*. In D. Mange and M. Tomassini, editors, Bio-Inspired Computing Systems. PPUR, Lausanne, 1998.
- [9] S. Nolfi and D. Floreano. *Learning and Evolution. Autonomous Robots*, 7(1): forth-coming, 1999.
- [10] Dario Floreano and Joseba Urzelai.. *Evolution of Neural Controllers with Adaptive Synapses and Compact Genetic Encoding*. ECAL 1999: 183-194. 1999.
- [11] Khepera. <http://www.k-team.com/robots/khepera/index.html>
- [12] D. Floreano and F. Mondada. *Evolutionary Neurocontrollers for autonomous Mobile Robots*. *Neural Networks*, 11:1461-1478, 1998.
- [13] D. Floreano and F. Mondada. *Evolution of Plastic neurocontrollers for situated agents*. In P. Maes, M. Mataric, J.-A. Meyer, J. Pollack, H. Roitblat, and S. Wilson, editors. From Animals to Animats IV: Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. Pages 402-410. MIT Press-Bradford Books, Cambridge, MA. 1996.
- [14] B. M. Yamauchi and R. D. Beer. *Sequential behavior and learning in evolved dynamical neural networks*. *Adaptive Behaviour*, 2(3):219-246, 1994.
- [15] Beer, R. D. *Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computer Neuroscience*. San Diego: Academic Press. 1990.
- [16] Urzelai, J. and Floreano, D. *Evolution of adaptive synapses: Robots with fast adaptive behavior in new environments*. *Evolutionary Computation*, 9:495-524. 2001.
- [17] Webots. <http://www.k-team.com/software/webots.html>
- [18] E. Tuci, M. Quinn. *Behavioural plasticity in autonomous agents: a comparison between two types of controller*. Proceedings of The Second European Workshop on Evolutionary Robotics EvoROB2003, 14-16 April 2003, Essex, UK, pp. 661-672.
- [19] Floreano, D. *Ago Ergo Sum*. In Mulhauser, G., editor, *Evolving Consciousness*. Benjamins Press, New York. 1997.
- [20] Baldwin, J. M. *A new factor in evolution*. *American Naturalist*, 30:441-451, 1896.
- [21] Holland, J. *Emergence from chaos to order*. Oxford University Press, ISBN 0738201421. 1998.