

# ARQUITECTURAS DE CONTROL PARA ROBOTS AUTÓNOMOS MÓVILES DIDÁCTICOS BASADAS EN SISTEMAS EMBEBIDOS

Azurra, D., Rojo, S., Rodríguez, D.

Laboratorio de Sistemas Embebidos y Robótica

Departamento de Ingeniería  
Universidad Nacional de Tres de Febrero  
Valentín Gómez 4752 (1678) Caseros, Tres de Febrero  
Buenos Aires, Argentina (dazcurra@yahoo.com)

Grupo Investigación en Sistemas de Información

Departamento Desarrollo Productivo y Tecnológico  
Universidad Nacional de Lanús.  
29 de Septiembre 3901 (1826) Remedios de Escalada, Lanús  
Buenos Aires, Argentina.

## Contexto

Este proyecto de investigación comienza la línea de trabajo en aplicaciones de sistemas embebidos y robótica en el marco de la carrera de Ingeniería en Computación de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y de Sistemas Embebidos en el marco de la Carrera de Licenciatura en Sistemas de la Universidad Nacional de Lanús.

## Resumen

Un robot es una entidad, física o virtual, artificial. Los modelos físicos por lo general están constituidos por uno o mas sistemas electromecánicos administrados por una arquitectura de control. Los robots autónomos, a su vez, son aquellos que tienen la capacidad percibir información del entorno y actuar en base a la misma, sin supervisión directa de otros interlocutores. Por su parte, los robots móviles son aquellos que tienen la capacidad de moverse en su entorno.

Un sistema embebido es un sistema informático diseñado para realizar un grupo de funciones dedicadas y específicas, empleando para ello una combinación de recursos de hardware y de software. Poseen características diferenciales (entre otras: procesamiento concurrente, paralelo y distribuido, robustez, fiabilidad, bajo consumo y bajo costo) que los hace altamente recomendables en la administración y control de robots autónomos móviles (RAM).

Este proyecto consta de dos etapas diferenciadas:

- I) organización del Laboratorio de Sistemas Embebidos y Robótica; y
- II) caracterización de arquitecturas de control basadas en sistemas embebidos para que un RAM pueda desplazarse de forma autónoma evitando colisiones.

**Palabras clave:** robótica, sistemas embebidos, automatización, arquitecturas de control.

## Introducción

Desde sus inicios, la robótica ha tenido aplicaciones en campos tan diversos y críticos como la medicina, la exploración planetaria y submarina, automatización de procesos industriales, seguridad, entretenimiento, entre otros. Sin embargo, es en la educación donde ha dado uno de los aportes de mayor impacto, donde los robots al integrarse al grupo de estudiantes y tutores, propician el aprendizaje y el fortalecimiento de habilidades cognitivas. [1]

Al respecto, en [2] se destaca que la emoción de ver como una tortuga deambula en nuestro monitor, esquivando obstáculos virtuales hasta llegar a su meta en la esquina de un monitor, no tiene el mismo impacto emocional que observar, como un agente robot implementado sobre la base de juguetes autónomos, puede esquivar obstáculos hasta llegar a su meta en el rincón de una habitación.

Por su parte, en [3] se propone que desde un punto de vista superficial se podría concluir que la enseñanza de la robótica tiene como objetivo la adaptación de los alumnos a los procesos productivos actuales, donde la automatización juega un rol desatacado. Sin embargo, la

robótica presenta un conjunto de desafíos a los alumnos que va mucho más allá de una aplicación laboral. La construcción de robots reales permite la comprensión de conceptos relacionados con sistemas dinámicos complejos. Con el objetivo de obtener el comportamiento deseado, el alumno diseña la mente (programación) y el cuerpo del organismo artificial. Luego, mediante sucesivos ensayos, perfecciona el diseño de ambos aspectos, hasta alcanzar el objetivo deseado. Si este objetivo involucra a un conjunto de robots, el alumno comprende las diferencias entre comportamientos individuales y colaborativos. Es necesario en este comportamiento colaborativo un profundo análisis en los sistemas de comunicación entre los individuos que componen el grupo. El desafío de resolver problemas de inteligencia artificial crea un espacio donde el alumno reflexiona sobre sus propios mecanismos de pensamiento y donde puede analizar comportamientos complejos a partir de su reducción en comportamientos más simples.

Poniendo el foco ahora en robots autónomos móviles y en sus posibles arquitecturas de control, en [4] se sostiene que entre los diferentes tipos de arquitecturas de control propuestas a lo largo de los últimos años existen dos perspectivas mayoritarias: 1) aquellas que mantienen la posibilidad de alcanzar la consecución de objetivos complejos basándose únicamente en un conjunto de reacciones simples, denominarse instintos, módulos, agentes, agencias, controladores o comportamientos, y 2) aquellas que necesitan tener un modelo interno del mundo sobre el que razonar. La segunda de estas arquitecturas obliga a una representación fehaciente del mundo.

Únicamente, a partir de resultados intermedios de razonamiento sobre dicha representación será posible la resolución de problemas complejos. En ambos casos es necesario de tener un conjunto de acciones básicas que permitan al robot interactuar con el entorno en el que se encuentra inmerso. Los controladores desarrollados para dar respuesta a esta necesidad han sido desarrollados por personas

provenientes del campo del control clásico o por aquellos cuya base se centra en el campo de la inteligencia artificial. Ambos enfoques difieren en la definición de las especificaciones de control, en un caso se busca la región espacial de control definida a través de una fórmula matemática que liga las entradas con las salidas y en el otro las entradas se traducen en conceptos semánticos que forman parte de un sistema de reglas mediante las cuales se toma la decisión del tipo de movimiento a ejecutar. Aunque la perspectiva en principio parece diametralmente opuesta, estudiando detenidamente los distintos sistemas de razonamiento mediante reglas, se pueden extraer conclusiones muy similares a las obtenidas mediante los sistemas clásicos de control. [4]

A la hora de integrar todas las acciones básicas para dar respuesta a problemas complejos se debe decidir si en realidad deben o no existir niveles jerárquicos en la estructura de control. Para evaluar esta necesidad es necesario comprender las distintas clases de representación del mundo haciendo especial hincapié en la aplicación última del robot desarrollado. Cuando el entorno en que se desarrollan las pruebas está perfectamente definido (bien porque sea una simulación bien porque el entorno es constante y definido a priori) se puede obtener una alta precisión en la representación interna del mundo sobre la que trabajará el robot, pero si el entorno es real y no constante (no estructurado) se debe proveer al robot de la capacidad de generar su propia representación a partir de los valores que obtiene de los sensores. [4]

Las arquitecturas de control mencionadas anteriormente se implementan sobre un soporte hardware. Dentro del mundo de los robots autónomos y dejando de lado los robots industriales, existen en la actualidad multitud de robots autónomos móviles didácticos. Muchos de ellos desarrollados internamente en los diferentes centros de investigación, pero también existen empresas, desde las grandes multinacionales a las de aficionados, que fabrican y comercializan robots autónomos. [4]

## Líneas de investigación y desarrollo

Este proyecto se inscribe en una línea de investigación que busca desarrollar y sistematizar el cuerpo de conocimiento de las arquitecturas de control de robots autónomos móviles (RAM) didácticos basadas en sistemas embebidos.

Entre los supuestos que guían el proyecto se encuentran:

- I. Existe disponibilidad en el mercado (tanto local como internacional) de desarrollos de hardware de robótica que permiten construir prototipos de robots autónomos móviles didácticos. La posibilidad de contar con una amplia gama de sensores, unidades de procesamiento programables, actuadores versátiles e interfaces de usuario que permiten la programación de los prototipos, así como el acceso y administración de sus recursos; allana los aspectos de integración de hardware y controladores en la construcción de la mecánica del robot y permite focalizar el proyecto de investigación en los sistemas informáticos que los controlaran.
- II. Existen arquitecturas de sistemas informáticos que destacan en importancia en su utilización en robótica autónoma. Dentro de las mismas, las arquitecturas de sistemas embebidos poseen características específicas y diferenciales (entre otras: procesamiento concurrente, paralelo y distribuido, robustez, fiabilidad, bajo consumo y bajo costo) que las hacen sobresalir para ser empleadas en la administración y control de robots autónomos móviles.
- III. Es factible la caracterización de arquitecturas de control flexibles, sencillas y tolerantes a fallos basadas en sistemas embebidos para que un RAM pueda desplazarse de forma autónoma evitando colisiones.

## Resultados y Objetivos

El objetivo general de este proyecto es caracterizar las arquitecturas de control basadas en sistemas embebidos para que un RAM pueda desplazarse de forma autónoma evitando colisiones.

Este objetivo general se desarrollará mediante los siguientes objetivos específicos:

1. Organizar el Laboratorio de Sistemas Embebidos y Robótica, seleccionando, adquiriendo, instalando y calibrando el instrumental necesario para la realización de mediciones; estableciendo protocolos de trabajo, normas de seguridad, y demás mecanismos organizativos y procedimentales.
2. Desarrollar una metodología de trabajo con los alumnos de la carrera de Ingeniería en Computación, para que puedan experimentar y desarrollar capacidades en las áreas de sistemas embebidos, robótica, automatización, control, comunicaciones, arquitectura de computadoras, sistemas distribuidos, programación concurrente y procesamiento en tiempo real.
3. Relevar los distintos desarrollos de hardware de robótica para construir prototipos de robots autónomos móviles disponibles en el mercado.
4. Seleccionar, adquirir y poner en funcionamiento prototipos de robots autónomos móviles para ser administrados y controlados por arquitecturas de sistemas embebidos, sirviendo de infraestructura de validación de módulos de control.
5. Relevar las distintas arquitecturas de sistemas informáticos utilizadas en robótica autónoma, focalizando el estudio en las arquitecturas de sistemas embebidos, identificando características específicas y diferenciales, y determinando la aplicabilidad de las mismas en la administración y control de robots autónomos móviles.

6. Seleccionar y adquirir arquitecturas de sistemas embebidos e implementar en éstas algoritmos de administración y control de un RAM a fin de validar las mismas.

### Formación de Recursos Humanos

El grupo de trabajo se encuentra formado por un investigador formado y un estudiante avanzado. Dado el estadio inicial del proyecto, y de la carrera en si misma, la cual a la fecha no tiene graduados, hasta el momento únicamente se han realizado trabajos prácticos de asignaturas afines. Sin embargo, se prevé que en el marco de este proyecto se desarrollen trabajos de fin de carrera. Asimismo, se ha previsto la incorporación de becarios alumnos con becas de universidad.

### Referencias

- [1] J. González E.; B. Jovani A. Jiménez ; (2009); “LA ROBÓTICA COMO HERRAMIENTA PARA LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA”; Revista Iberoamericana de Informática Educativa, 10: 31-36; ISSN: 1699-4574
- [2] J. Ierache, M. Bruno, M Dittler, N. Mazza ; (2008); “ROBOTS Y JUGUETES AUTÓNOMOS UNA OPORTUNIDAD EN EL CONTEXTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EDUCACIÓN”; Proceedings VII Ibero-American Symposium on Software Engineering; 371-379
- [3] G. Zabala; “ROBOLIGA – ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ARGENTINA”; [http://caeti.uai.edu.ar/archivos/211\\_ROBOTICA\\_EDUCATIVA\\_EN\\_LA\\_ARGENTINA\\_-\\_ROBOLIGA.PDF](http://caeti.uai.edu.ar/archivos/211_ROBOTICA_EDUCATIVA_EN_LA_ARGENTINA_-_ROBOLIGA.PDF)
- [4] J. M. Molina López, V. Matellán Olivera; (1996) “ROBOTS AUTONOMOS: ARQUITECTURAS y CONTROL” Buran, 7: 19-24; ISSN 1698-7047
- [6] S. Geninatti, G. Gennai, G. Minnucci, S. Roatta y L. Hendryk; (2008) “EL ABORDAJE DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS MEDIANTE UN HARDWARE DIDÁCTICO”; 1ª Jornadas de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA; <http://www.fceia.unr.edu.ar/fceia/1jexpinno v/trabajos%20pdf/Geninatti-Gennai-Roatta-Hendryk.pdf>
- [7] J. Santa Lozano, M. A. Zamora Izquierdo, B. Úbeda Miñarro; (2008) “EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN MATERIAS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SUS IMPLICACIONES”; I Jornadas sobre nuevas tendencias en la enseñanza de las ciencias y las ingenierías; [http://www.murciencia.com/UPLOAD/COMUNICACIONES/el\\_aprendizaje\\_basado\\_proyectos.pdf](http://www.murciencia.com/UPLOAD/COMUNICACIONES/el_aprendizaje_basado_proyectos.pdf)