



Robótica inteligente

Alberto Delgado, PhD. Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
Email: adelgado@iee.org

RESUMEN

El artículo muestra cómo el comportamiento y estructura de los organismos biológicos están influyendo en el desarrollo de nuevos tipos de máquinas como: robots programables, robots BEAM y robots cibernéticos. En los robots programables se incorporan algoritmos que aprenden y resuelven problemas de cierta complejidad. Los robots BEAM toman los insectos como modelo de éxito evolutivo y los robots cibernéticos incorporan dispositivos electromecánicos en seres vivos.

INTRODUCCIÓN

Desde 1990 el grupo de investigación en sistemas inteligentes de la Facultad de Ingeniería ha estado trabajando en la teoría y aplicaciones de la moderna inteligencia artificial. Durante este tiempo, se han finalizado 21 trabajos de grado y hay cinco en curso, además se están desarrollando seis tesis de maestría del posgrado en automatización industrial.

La investigación en sistemas inteligentes en nuestra Universidad se divide en dos líneas, la primera estudia la teoría y aplicaciones de las redes neuronales dentro del marco de la teoría de control. La segunda ha

iniciado la exploración en máquinas inteligentes, utilizando los paradigmas de la moderna inteligencia artificial en pequeños robots (1). Estas dos líneas se complementan y han producido resultados, evaluados por pares a nivel nacional e internacional. En Colombia los resultados de este trabajo se han difundido en conferencias realizadas en universidades de Bogotá, Medellín y Manizales. Además en el Departamento de Ingeniería Electrónica y en el posgrado en Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería se ofrecen cursos electivos donde los estudiantes conocen y participan en la investigación.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El estudio de sistemas inteligentes busca: entender las características de la inteligencia humana; e incorporar en las máquinas características de organismos biológicos para hacerlas más inteligentes. La inteligencia artificial (IA) no es el estudio de los computadores sino el estudio de la inteligencia en pensamiento y acción, los computadores son herramientas porque las teorías de la IA se expresan como procedimientos computacionales conocidos como algoritmos. La IA propone y desarrolla algoritmos que emulan características de los sistemas biológicos inte-

ligentes, el propósito es transferir estas características a sistemas artificiales, robots, para elevar la calidad de vida de los seres humanos. Básicamente hay tres paradigmas de la moderna IA: redes neuronales, algoritmos genéticos y lógica difusa.

Redes neuronales. Una red neuronal artificial es un modelo matemático simplificado de una red neuronal biológica, la red artificial se puede simular con un programa de computador o un circuito electrónico. La principal ventaja de las redes neuronales es su capacidad de aprendizaje mediante ejemplos, es decir, las redes neuronales no se programan sino que aprenden de la experiencia.

Las máquinas que incorporan como dispositivo de control un algoritmo o un circuito que simula una red neuronal se conocen como máquinas neurocontroladas.

Algoritmos genéticos. Son algoritmos de optimización inspirados por la teoría de la evolución de Darwin, la aplicación más frecuente consiste en hallar el máximo o mínimo de una función multivariable analítica o experimental. Los algoritmos genéticos trabajan con una población de posibles soluciones, llamadas cromosomas, y éstas evolucionan usando operadores como elitismo,

reproducción sexual, y mutaciones. Después de varias generaciones se tiene una población donde la mayoría de sus miembros son una solución al problema.

Lógica difusa. Los primeros sistemas expertos eran muy rígidos pues utilizaban reglas con la lógica de Aristóteles que sólo acepta las posibilidades de falso y verdadero, no hay niveles de veracidad. Los sistemas basados en lógica difusa tratan de emular el razonamiento humano con reglas que permiten el manejo del lenguaje natural y con niveles de veracidad, es decir, en un sistema difuso hay un continuo de posibilidades entre falso y verdadero.

ROBÓTICA

Los primeros robots se diseñaron para ejecutar movimientos repetitivos en fábricas, estos robots son grandes, pesados, se encuentran fijos al piso, y no tienen inteligencia. Paralelo con los desarrollos en robótica tradicional, los investigadores en sistemas inteligentes han estudiado la posibilidad de incluir algoritmos de la IA en máquinas, una herramienta básica en esta investigación son los pequeños robots o robots móviles. La idea es explorar la inteligencia y el aprendizaje en pequeñas máquinas de bajo costo y de fácil construcción, una vez se perfeccionen los algoritmos pueden ser transferidos donde se requiera.

La investigación actual, a nivel mundial, en pequeños robots se puede clasificar en tres líneas: robots programables, robots BEAM y robots cibernéticos.

Robots programables. Estos contienen una memoria donde el diseñador almacena algoritmos que son ejecutados por un procesador. Los algoritmos pueden ser inteligentes o

simplemente le indican al robot una serie de comportamientos según la lectura de sus sensores. Los robots programables son el tipo más estudiado, por ejemplo, el robot que colocó la NASA en la superficie de Marte el 4 de Julio de 1997 pertenece a esta categoría.

En el posgrado en Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, se ha desarrollado un pequeño robot programable que se mueve sin chocar gracias a su sistema de sensores ultrasónicos y a un pequeño algoritmo de control almacenado en su memoria. El robot utiliza un principio similar al del murciélago para orientarse cuando se mueve, (Figura 1).

Los robots programables pueden aprender y pasar experiencias entre sí. Estudios realizados con robots que se comunican (2) han permitido establecer similitudes, en el proceso de aprendizaje, con los seres humanos. Por ejemplo, la relación profesor alumno en máquinas y personas tiene varios tonos, desde el alumno que cree sólo en sus propias experiencias hasta el alumno que cree todo lo que dice el profesor, en la práctica hay un balance que beneficia al alumno. Otros aspectos similares son: la importancia de un buen ambiente; la importancia de encontrar una situación particular en un momento adecuado y la actitud de los individuos.

Robots BEAM La palabra BEAM es un acrónimo: B por Biology, E por Electronics, A por Aesthetics y M por Mechanics. Esta línea de trabajo en robótica afirma que es posible construir máquinas con comportamientos complejos utilizando componentes electrónicos análogos y sin necesidad de programación, además se busca que la máquina garantice su existencia explotando una fuente de ener-



Figura 1. Robot programable con sensores de ultrasonido y un algoritmo de reacción para evitar colisiones durante su navegación.

gía como la luz solar. Muchos de los diseños de estos robots están inspirados en estudios de los insectos, los cuales se consideran una especie exitosa, desde el punto de vista evolutivo, en este planeta.

En el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional se han realizado dos concursos de robótica BEAM con la participación de estudiantes de otras instituciones educativas, en la (Figura 2). Se muestra uno de los robots.

Robots cibernéticos. La relación entre organismos biológicos y robótica no se limita a los paradigmas de la IA o a la modificación de principios o estructuras biológicas. En los robots cibernéticos se busca crear nuevos robots integrando componentes electromecánicos con organismos biológicos, esto permite aprovechar la sensibilidad de los sensores y la diversidad de los actores biológicos.

En conferencias internacionales investigadores japoneses (3) han mostrado un robot neurocontrolado que utiliza como sensores las antenas de una polilla para seguir una hormona, el comportamiento del robot es similar al del insecto. Una aplicación de estos robots es la localización de

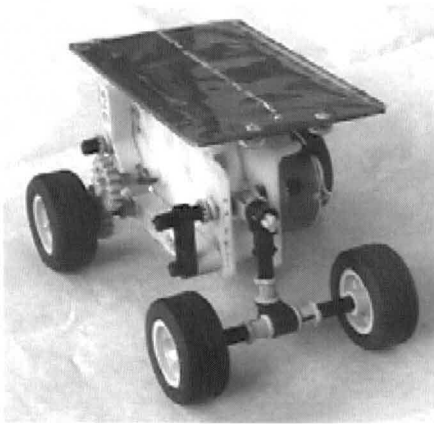


Figura 2. Robot BEAM que utiliza la energía solar para moverse, no contiene dispositivos programables.

fugas en tuberías que transportan gas, para ello se inyecta una pequeña cantidad de hormona en la estación de bombeo.

Otro estudio en robots cibernéticos realizados por japoneses (4), es el control de la velocidad de movimiento de una cucaracha mediante estimulación eléctrica de las patas posteriores. La velocidad real de la cucaracha y la velocidad pronosticada con un modelo matemático de las patas se comparan, el modelo muestra el incremento en velocidad proporcional al aumento de la frecuencia del estímulo, los datos experimentales muestran un nivel de sa-

turación después de cierta frecuencia.

Investigadores de los Estados Unidos (5) están tratando de procesar las reacciones neuromusculares de insectos para controlar pequeños carros, la idea es cambiar de escala el concepto y desarrollar una silla de ruedas que pueda ser controlada con los impulsos eléctricos generados por los movimientos faciales de una persona.

CONCLUSIONES

Las formas de vida conocidas en este planeta están inspirando el desarrollo de nuevas máquinas, en un futuro cercano tendremos gran número de especies artificiales con características similares o superiores a las observadas en las especies naturales.

Los pequeños robots programables debido a su bajo costo, fácil diseño y sencilla construcción, nos permiten explorar algoritmos que aprenden y resuelven problemas. Esta investigación de los paradigmas de la IA con minirobots es un método alternativo para estudiar la inteligencia. Algunos resultados de la interacción entre máquinas han permitido identificar problemas similares a los estudiados en-

tre seres humanos, como la relación profesor alumno durante el aprendizaje.

Finalmente, los organismos cibernéticos pueden expandir nuestras limitaciones como seres humanos, por ejemplo, las prótesis inteligentes pueden ayudar a personas con limitaciones físicas, los chips (circuitos electrónicos integrados) de memoria pueden ayudarnos a recordar más, y como algunos investigadores especulan podríamos ser inmortales si nuestro cerebro se transfiere a un chip o a una máquina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Delgado, A.** Inteligencia artificial y minirobots. Bogotá: ECOE Ediciones; 1998.
2. **Warwick, K.** March of the machines. London: Century Books; 1997.
3. **Kuwana Y, Shimoyama Y, Hirofumi M.** A robot that behaves like a silkworm moth in the pheromone stream. Proceedings of the International Conference on Artificial Life 1996; 337-343.
4. **Kuwana Y, Shimoyama Y, Hirofumi M.** Behavior control of insects by artificial electrical stimulation. Proceedings of the International Conference on Distributed Autonomous Robotic Systems 1994; 291-302.
5. Technology section. The mothmobile. *Discover* 1998; 19: 21.