

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL AUTÓNOMO CONTROLADO MEDIANTE UN SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS

Marcelo Marinelli, Horacio Kuna, Enrique De Silvestre, Carlos Kornuta, Florencia Puente, Mónica Mounier, Cristian Kornuta, Melissa Kolb, Guillermo, Wurm.

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones
Felix de Azara 1552, Posadas, Misiones
Te:376-4422186

marcelomarinelli@fceqyn.unam.edu.ar, hdkuna@unam.edu.ar, puentemf@gmail.com, monicamounier@gmail.com,
desilvestre@yahoo.com.ar, kcristianandres@gmail.com, c_kornuta@hotmail.com, meli_kolb@yahoo.com.ar,
guillermow77@gmail.com

RESUMEN

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones sobre diversos problemas típicos en la robótica móvil, el problema tratado en el presente trabajo, consistió en dotar a un robot móvil autónomo la capacidad de realizar una trayectoria en la modalidad denominada "Indoor", logrando que un robot se desplace desde un punto origen hasta un punto destino siguiendo un entorno y evitando los obstáculos que pueda encontrar en su recorrido. Se aplicaron técnicas de inteligencia artificial para la navegación de robots móviles, en particular, los Sistemas Expertos basados en reglas para el control de la navegación, que fueron implementados en prototipos desarrollados específicamente.

Palabras clave: robot, sistemas expertos, sonares, navegación autónoma.

CONTEXTO

Este proyecto se enmarca en el "Programa de Investigación en Computación" del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones; también vinculado con el Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación que funciona en la Universidad de Málaga.

Dentro del proyecto se desempeñan docentes, tesis y becarios de las carreras de Analista en Sistemas de Computación, Licenciatura en sistemas de Información y Profesorado en Física

INTRODUCCION

Los sistemas de navegación autónoma para robots móviles modernos combinan el control reactivo y el deliberativo en modelos de capas [1], [2]. Esta

estratificación se diseña de manera que la capa de nivel mas bajo se encargue del control reactivo basado en los datos que recibe de los sensores, estos pueden ser grupos de radares ultrasónicos, infrarrojos o de barrido láser y permiten interactuar con el entorno encargándose de tareas como ser: Seguir a un objeto a una determinada distancia o moverse en un entorno complejo siguiendo una trayectoria que mantenga una distancia fija a una pared.

Las arquitecturas híbridas suelen ser de tres capas y sobre la capa reactiva descrita en el párrafo anterior, interactúan las capas ejecutiva y deliberativa. La primera recibe la información de la capa inferior y realiza una planificación de corto plazo pudiéndose encargar de la localización de la posición y del almacenamiento de los mapas de entorno. La capa deliberativa se encarga de la planificación y utiliza distintos modelos para la toma de decisiones a mediano plazo. Pueden existir modelos con mayor número de capas, como por ejemplo una capa adicional para la interfaz de usuario.

Para la capa de control se utilizan, con muy buenos resultados, los Sistemas Expertos basados en reglas.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo fue desarrollar un prototipo de robot móvil de tracción diferencial y sensores de ultrasonido, todo ello controlado por un Sistema Experto basado en reglas que permita la navegación "indoor". Luego realizar pruebas de navegación en un ambiente especialmente diseñado para la evaluación en distintas condiciones y analizar estadísticamente los resultados.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en un análisis preliminar de la manera en que se implementan actualmente los diversos

modelos de robots móviles autónomos. Se recopiló información bibliográfica relevante al estudio y datos de trabajos anteriores. Se obtuvieron los lineamientos de la situación actual y real en las investigaciones de en robótica aplicada a la evasión de obstáculos. Se procedió al modelado del sistema en estudio, se desarrolló el sistema experto basado en reglas y se definió e implementó la estructura física del prototipo del robot móvil.



Fig.1 Prototipo con tracción diferencial y un arreglo de cinco sonares y conexión bluetooth

DESARROLLO

En el marco de este proyecto se desarrolló el trabajo “**Evaluación del sistema de navegación de un Robot Móvil Autónomo controlado mediante un Sistema Experto basado en reglas**”. El cual consistió en las siguientes fases:

- 1.- El diseño de un prototipo de robot de tracción diferencial compuesto de dos servomotores traseros de tracción y una rueda de giro libre en la parte frontal, con un arreglo de cinco sensores de ultrasonido.
- 2.- La Utilización de un control de potencia por modulación de ancho de pulso (PWM) destinado a controlar la velocidad de giro de los servomotores en forma individual.
- 3.- El desarrollo de un software de sistema experto basado en reglas y estratificado, con una capa de control y otra capa deliberativa que planifique la navegación a mediano plazo.
- 4.- Implementación de una conexión mediante bluetooth que permita tener la capa de control de software de más alto nivel en una computadora remota y capturar las lecturas de los sensores en tiempo real para un análisis estadístico de las mismas.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de las diversas experiencias realizadas en distintos entornos de navegación, revelaron una adecuada y eficiente respuesta reactiva en la evasión de obstáculos.

Respecto al seguimiento de entornos estructurados, la respuesta fue satisfactoria.

Se concluye que: El desarrollo del sistema experto basado en reglas junto con la disposición adoptada en la distribución de sonares e implementada en el prototipo del robot móvil autónomo, satisface aceptablemente y a muy bajo costo, la navegación indoor y la evasión de obstáculos en entornos parcialmente estructurados.



Fig.2 Entorno parcialmente estructurado de prueba.

LÍNEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Dentro de las líneas de investigación que contienen el “Programa de Investigación en Computación”, este proyecto se enmarca en el área de inteligencia artificial en donde se aplican técnicas de lógica difusa, algoritmos bioinspirados, sistemas expertos, etc., estas técnicas se utilizarán en los siguientes trabajos:

- Controladores difusos aplicados al proceso de la elaboración de yerba mate.
- Sistemas de control de navegación para robots utilizando arreglos de sensores de ultra sonido.
- Aplicación de controladores difusos desarrollados con la herramienta FIS de Matlab.
- Telemetría con tecnología bluetooth para el control de navegación de robot.
- Desarrollo de aplicaciones con Java móvil y tecnología bluetooth, con el objeto de usar los dispositivos móviles para el control de robots domésticos.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En esta línea de investigación se prevé desarrollar cuatro Tesis de grado de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información y dos Tesis doctorales del Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación del Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación de la Universidad de Málaga.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Mucientes, J. Casillas. "Quick Design of Fuzzy Controllers With Good Interpretability in Mobile Robotics". *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, VOL. 15, NO. 4, pp. 636-651, 2007.
- [2] S. Russell, P. Norvig, "Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno". Madrid, Pearson Educacion S.A. 2004.
- [3] M. Mucientes, R. Iglesias, C. V. Regueiro, A. Bugarini, and S. Barro, "A fuzzy temporal rule-based velocity controller for mobile robotics". *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 134, pp. 83-99, 2003.
- [4] B. del Brio, A. Molina "Redes Neuronales y Sistemas Borrosos". W. Pedrycz, Ed. Norwell, Alfaomega, pp. 289-306, 2007.
- [5] A. Bonarini, "Evolutionary learning of fuzzy rules: Competition and cooperation". in *Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice*, W. Pedrycz, Ed. Norwell, MA: Kluwer Academic, pp. 265-284, 1996.
- [6] M. Mucientes, D. L. Moreno, C. V. Regueiro, A. Bugarini, and S. Barro, "Design of a fuzzy controller for the wall-following behavior in mobile robotics with evolutionary algorithms". in *Proc. Int. Conf. Inf. Process. Manage. (Uncertainty Knowledge-Based Syst. IPMU'2004)*, Perugia, Italy, pp. 175-182, 2004.
- [7] J. Casillas, O. Cordon, I. Fernandez de Viana, F. Herrera, "Learning cooperative linguistic fuzzy rules using the best-worst ant system algorithm". *International Journal of Intelligent Systems* 20:4, pp. 433-452. ISSN 0884-8173. doi:10.1002/int.20074, 2005.
- [8] B. Gerkey, R. Vaughan, K. Stoy, A. Howard, G. Sukhatme, M. Mataric. "Most Valuable Player: A Robot Device Server for Distributed Control". Robotics Research Labs, University of Southern California Los Angeles, CA 90089-0721, USA.
- [9] Collett, T.H., MacDonald, B.A., Gerkey, B.P.: "Player 2.0: Toward a Practical Robot Programming Framework". *Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA 2005)*, 2005.
- [10] J. Urzelai, J. P. Uribe, and M. Ezkerra, "Fuzzy controller for wallfollowing with a non-holonomous mobile robot". *Proc. 6th IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst. (Fuzz-IEEE'97)*, Barcelona, Spain, pp. 1361-1368, 1997.34
- [11] J. Casillas, O. Cordon, and F. Herrera, "COR: A methodology to improve ad hoc data-driven linguistic rule learning methods by inducing cooperation among rules," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. B, Cybern.*, vol. 32, no. 4, pp. 526-537, 2002.
- [12] J. Casillas, O. Cordon, "COR methodology: A simple way to obtain linguistic fuzzy models with good interpretability and accuracy," in *Accuracy Improvements in Linguistic Fuzzy Modeling*, J. Casillas, O. Cordon, F. Herrera, and L. Magdalena, Eds. Heidelberg, Germany: Springer, 2003.
- [13] M. Dorigo and T. Stutzle, *Ant Colony Optimization*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
- [14] Giarratano, Joseph & Riley, Gary *Sistemas Expertos, Principios y programación 3º Ed [Libro]*. - [s.l.]: International Thomson Editores, 2001.
- [15] Winston Patrick H. *Inteligencia Artificial, 3º Ed. [Libro]*. - [s.l.]: Addison. Wesley Iberoamericana, 1992
- [16] Castillo, E., Gutiérrez, J.M. y Hadi, H *Expert Systems and Probabilistic - Network Models*. Springer, New York. Versión Española [Informe]. - [s.l.]: Academia Española de Ingeniería, 1997.