

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MULTISENSORIAL EN UN ROBOT MÓVIL AUTÓNOMO CONTROLADO MEDIANTE UN SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS Y EVALUACIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN ENTORNOS SEMIESTRUCTURADOS

Marcelo Marinelli, Enrique De Silvestre, Carlos Kornuta, Mónica Mounier, Melissa Kolb

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, desilvestre@yahoo.com.ar, c_kornuta@hotmail.com, monicamounier@gmail.com, meli_kolb@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo se basó en un prototipo de robot móvil desarrollado por este equipo de investigación, el cual estaba compuesto por un sistema sensorial formado por cinco sonares. Dicho prototipo es utilizado para la evaluación de eficiencia del sistema de control aplicando diferentes técnicas de Inteligencia Artificial. Con la intención de evaluar las mejoras en la precisión del robot en la navegación, se ha diseñado e implementado, un sistema multisensorial compuesto de una brújula electrónica y un acelerómetro además del ya mencionado sistema sonar, ampliando de ésta manera, las posibilidades de navegación del robot a entornos semiestructurados y sobre plataformas inclinadas. El desafío más interesante consistió en reprogramar el motor de inferencias del Sistema Experto basado en reglas utilizado para el control del robot, considerando las nuevas variables que aporta el sistema multisensorial.

Palabras clave: robot, sistemas expertos, sensores, 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

La Asociación Japonesa de Robótica Industrial (JIRA) ha definido un robot inteligente como: *un robot con la capacidad de entender su medio ambiente y con la habilidad de completar con éxito una tarea a pesar de cambios en las condiciones de los alrededores bajo las cuales fue diseñado*, sin embargo las investigaciones de la robótica continúan su desarrollo para incluir procesos de aprendizaje, con el fin de que los robots además de adaptarse a los cambios de su medio ambiente, también logren aprender de sus propias experiencias.[6].

Con el agregado de sensores de distintos tipos se obtuvieron robots multisensoriales, que gracias a complejos sistemas de control permiten que el robot interactúe en mayor grado con el ambiente. Esto se conoce como la cuarta generación de robots. [2], [4], [19]. En la actualidad se encuentra en desarrollo la quinta generación de robots con la integración de componentes que permitan la interacción de módulos de conducta.

Un robot móvil es una máquina integrada por tres componentes: un sistema mecánico, un sistema electrónico y un sistema de procesamiento los cuales en conjunto le brindan capacidad de locomoción, autonomía e interacción. O sea capacidad de desplazarse de forma autónoma en un ambiente desconocido o conocido sólo parcialmente. [1], [20]. Para dotar al robot de capacidad de autonomía, debemos contar con un sistema de sensores que permitan captar el ambiente y, a partir de los datos recogidos de dichos sensores, tomar las decisiones adecuadas para un correcto desplazamiento. Para esto último, se hace necesario contar con un sistema de procesamiento de los datos obtenidos de los sensores y con un sistema de toma de decisiones, los cuales formarán parte del sistema de control que generará las señales necesarias para controlar el sistema de locomoción, dando de esta manera al robot móvil la autonomía requerida. [20], [1]. Los componentes del sistema sensorial son muy variados

y dependen del destino que se le asigne al robot, así como del entorno o ambiente en que deba desplazarse. Estos sensores pueden ser simples fines de carrera o bien sensores láser, radar, ultrasónicos o sonares y escáneres compuestos por cámaras de video comunes o infrarrojas, etc. Las señales provenientes del sistema sensorial formarán un flujo de datos a procesar por parte del sistema de procesamiento. Estos datos procesados son evaluados por el sistema de decisión el cual generará los comandos adecuados para controlar el sistema de locomoción. [2]. Toda esta secuencia de pasos: captura de datos de sensores, procesamiento, decisión y control debe hacerse en tiempo real y, la transmisión de datos entre subsistemas requerirá algún protocolo de comunicación que asegure la correcta transmisión de datos en tiempo y forma. Para este trabajo, la capa de control se ha implementado, con muy buenos resultados, los Sistemas Expertos basados en reglas.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo fue diseñar e implementar un sistema multisensorial compuesto de sonares, brújula electrónica y acelerómetro, sobre un prototipo de robot móvil. Modificar el motor de inferencias del Sistema Experto basado en reglas que controla al robot, considerando las nuevas variables que aporta el sistema multisensorial y que permite la navegación en entornos parcialmente estructurados y sobre plataformas no necesariamente planas. Luego realizar pruebas de navegación en distintos ambientes diseñados para la evaluación en diversas condiciones y analizar estadísticamente los resultados.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en un análisis preliminar de la manera en que interactúan con el entorno los diversos tipos de sensores tanto de percepción interna como de percepción externa. Se recopiló información bibliográfica relevante al estudio y datos de trabajos anteriores. Se obtuvieron los lineamientos de la situación actual y se seleccionaron los sensores de percepción interna complementarios, necesarios para la navegación propuesta. Se procedió al modelado del sistema en estudio, Se implementó el sistema multisensorial. Se reprogramó el motor de inferencias del sistema experto basado en reglas. Se hicieron pruebas de navegación.



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



Fig.2 Prototipo Modificado un arreglo de cinco sonares y sensores de percepción interna.

DESARROLLO

En el marco de este proyecto se desarrolló el trabajo **“Implementación de un Sistema Multisensorial en un Robot Móvil Autónomo controlado mediante un Sistema Experto basado en reglas y Evaluación de la Navegación en Entornos Semiestructurados”**. El cual consistió en las siguientes fases:

- 1.- El diseño de un sistema sensorial compuesto de un arreglo de cinco sensores de ultrasonido, y dos sensores de percepción interna, una brújula electrónica y un acelerómetro.
- 2.- Implementación del sistema sensorial en el prototipo de desarrollo.
- 3.- El desarrollo del motor de inferencias de un 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

Durante las pruebas realizadas sobre el sistema sensorial en forma aislada se obtuvieron resultados adecuados al objetivo con precisiones de cinco pulgadas para los sensores de percepción externa y tres grados para los de percepción interna. Una vez implementado el sistema sensorial al prototipo, se redujo la eficacia en la percepción interna en aproximadamente diez grados, motivados por los ruidos eléctricos del sistema de alimentación del robot. Sin embargo dicha pérdida de eficiencia no influye significativamente en el control del robot para las trayectorias propuestas inicialmente, a las que está destinado el robot. Se continúan las investigaciones en pro de mejorar la eficiencia de percepción interna aislando los ruidos eléctricos y, predisponiendo al robot, a la navegación en trayectorias más complejas.

Se concluye que: El desarrollo del sistema multisensorial implementado robot móvil autónomo y la programación de un sistema experto basado en reglas, satisface aceptablemente y a muy bajo costo, la navegación y la evasión de obstáculos en entornos parcialmente estructurados.

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.
- Desarrollos de prototipos de robots móviles para la enseñanza de la robótica y el aprendizaje de la programación en el nivel medio.
- Desarrollo de protocolos de control de robots mediante un intérprete para placas de hardware libre tipo Arduino.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En esta línea de investigación se prevé desarrollar cinco Tesis de grado de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información de la F.C.E.Q y N. de la U.Na.M., 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 y uno de los integrantes obtuvo una beca tipo I de CONICET, realizando su doctorado en la UNICEM.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baturone Anibal Ollero "Robótica Manipuladores y robots móviles" [Libro]. - [s.l.] : Alfaomega & Marcombo, 2001.
- [2] Brooks R. "A robust Layered Control System for a Mobile Robot" [Libro]. - [s.l.] : "IEEE Journal of Robotics and Automation", 1989.
- [3] Brox M. Gersnoviez A., Sanchez-Solano S., Baturone I. "Controlador Difuso Para Problemas De Navegación En Presencia De Obstaculos Fijos" [Informe]. - España : XIII Congreso Español de Tecnologías y Lógica Fuzzy , 2006.
- [4] Gat. Erann On three – "layer Architectures - Artificial intelligent and mobile robots" [Libro]. - [s.l.] : In R.P. Bonnaso D. Kortenkamp and R. Murphy, Editors, MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
- [5] Kuc R. "A Spatial Sampling Criterion for Sonar Obstacle Detection" [Informe]. - [s.l.] : IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990.
- [6] Ortiz Rojas Jaime "Diseño y realización de Maxcota, un robot inteligente para niños" [Informe]. - 2004.
- [7] R.Kuc & M. W. Siegel "Physically Based Simulation Model for Acoustic Sensor Robot Navigation" [Libro]. - [s.l.] : IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987.
- [8] 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.
- [9] S. Russell, P. Norvig, "Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno". Madrid, Pearson Educacion S.A. 2004.

- [10] 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.
- [11] B. del Brio, A. Molina "Redes Neuronales y Sistemas Borrosos". W. Pedrycz, Ed. Norwell, Alfaomega, pp. 289–306, 2007.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] J. Urzelai, J. P. Uribe, and M. Ezkerra, "Fuzzy controller for wall following with a non-holonomous mobile robot". *Proc. 6th IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst. (Fuzz-IEEE'97)*, Barcelona, Spain, pp. 1361–1368, 1997.34
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] M. Dorigo and T. Stutzle, *Ant Colony Optimization*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
- [18] O. Cordon, F. Herrera, I. F. de Viana, and L. Moreno, "A new AGO model integrating evolutionary computation concepts: The best-worst ant system," in *Proc. 2nd Int. Workshop Ant Algorithms*, Brussels, Belgium, pp. 22–29, 2000.
- [19] Balch, T. And Arkin, R.C. *Communication in Reactive Multiagent Robotic Systems*, Autonomous Robots, Vol.1 [Libro]. - 1994.
- [20] Craig John J. *Introduccion a la Robotica* 3 Ed. [Libro]. - [s.l.] : Prentice Hall, 2006.