

# ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA ENTRE CONTROLADORES DIFUSOS DEL TIPO MANDANI Y SUGENO “UN CASO DE ESTUDIO EN LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA DE ROBOT”

Kornuta, Cristian

Marinelli, Marcelo

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.  
Universidad Nacional de Misiones

Felix de Azara 1552, Posadas, Misiones

Te: 376-422186

cristian.kornuta@yahoo.com.ar, marcelomarinelli@gmail.com

## Resumen

En los sistemas de navegación autónoma de robot móviles, se presenta el problema de evadir obstáculos fijos utilizando alguna técnica perteneciente a la inteligencia artificial para determinar su trayectoria. En el presente trabajo se rediseño el controlador difuso para la navegación de un robot móvil desarrollado en [Marinelli Marcelo, 2009] “Diseño De Un Controlador Difuso Para Un Sistema De Navegación De Robot Con Tracción Diferencial”. Se presenta un nuevo modelo utilizando la herramienta FIS de MATLAB, posteriormente se desarrolló un módulo a partir de este modelo diseñado para la realización de simulaciones sobre un robot con el objetivo de evaluar su desempeño en entornos reales con obstáculos.

## Palabras clave:

Navegación; Vehículos autónomos; Control predictivo; Robots móviles; Control difuso.

## 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, doctorando y becarios de las carreras de

Analista en Sistemas de Computación, Licenciatura en sistemas de Información y Profesorado en Física

## Introducción

Los robots autónomos son entidades físicas programables con capacidad de percepción sobre su entorno y de actuar sobre el mismo en base a dichas percepciones, sin necesidad de supervisión o intervención humana, por tal motivo la navegación en un robot autónomo es un tema crucial.

La navegación eficiente y eficaz de un robot en un entorno dinámico o desconocido, dependerá de su capacidad de decisión con respecto a sus acciones frente a los obstáculos desconocidos. En la implementación de una solución a estos problemas es deseable en muchos casos utilizar alguna técnica que se aproxime al razonamiento humano dado la capacidad que presenta el ser humano frente a estas mismas situaciones. La lógica difusa proporciona un medio para capturar la capacidad de la mente humana, esta técnica frecuentemente es utilizada en problemas que presentan estas características de incertidumbre [5] [6].

En la navegación autónoma de un robot, la capacidad para evitar la colisión con obstáculos imprevistos o el seguimiento de una ruta marcada, son tareas vitales para un robot autónomo; problemas que son estudiados frecuentemente. Debido a que al momento de ser implementado estas capacidades, no existen en el mundo real, mapas fiables en los que se

encuentren marcados los obstáculos que pudiera encontrarse el robot al desempeñarse en el entorno, debido a la naturaleza cambiante de los entornos, conjuntamente hay que considerando que los datos capturados por los sensores en ocasiones no son del todo fiables por diferentes causas. A estos problemas, la lógica difusa nos proporciona una solución robusta y fiable que contempla estas situaciones y la posible entrada de datos imprecisos. En el presente trabajo presentamos una solución eficiente a este problema aun vigente.

La teoría de la lógica difusa propuesta por Lotfi A. Zadeh en 1965 que da origen a la teoría de conjuntos difusos; fue creada para emular la lógica humana y poder tomar decisiones acertadas a partir información imprecisa, lo cual se aproxima a la forma que el cerebro humano piensa o razona[7].

La Lógica difusa presenta un conjunto de principios matemáticos basados en grados de membresía o pertenencia que permite modelar la información.

## Objetivos

El objetivo de este trabajo es el desarrollar un controlador difuso para la navegación de robots móviles utilizando las herramientas de la lógica difusa de MATLAB. También es realizar las simulaciones en el FIS de MATLAB y una vez perfeccionada la base de conocimientos y las reglas difusas, diseñar un módulo para realizar experiencias en la modalidad de evasión de obstáculos con un robot en tiempo real.

## Metodología

La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en una primera instancia de un relevamiento profundo y amplio sobre documentos, bibliografías, papers, revistas especializadas, tesis, foros y páginas en general sobre el tema, en búsqueda de los temas que guiarán nuestra investigación y desarrollo con el fin de poder estudiar y analizar el estado actual del tema. Luego del análisis de la información recopilada, se estudió a partir de la información recopilada la metodología de construcción de controlador difuso que nos guiaría en el

rediseño, el cual fue los lineamientos propuesto por Cox en su libro [5]; a partir de los lineamientos propuestos por el autor se prosiguió a analizar y rediseñar el controlador difuso del tipo Mandani propuesto en [Marinelli Marcelo, 2009] en forma de bosquejos para luego implementar el nuevo modelo en la herramienta FIS de MATLAB. Una vez perfeccionada la base de conocimientos y las reglas difusas para lograr un mejor comportamiento y respuesta reactiva a partir del análisis de diferentes situaciones planteadas; se diseñó un nuevo controlador difuso a partir de la base de conocimientos y las reglas difusas del controlador difuso Mandani diseñado anteriormente pero con la particularidad que este fuese del tipo Sugeno para poder comparar su comportamiento y respuesta reactiva entre los dos.

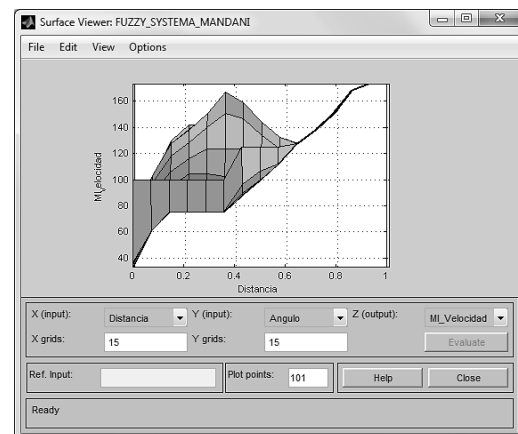


Figura 1. Simulación del modelo Mandani

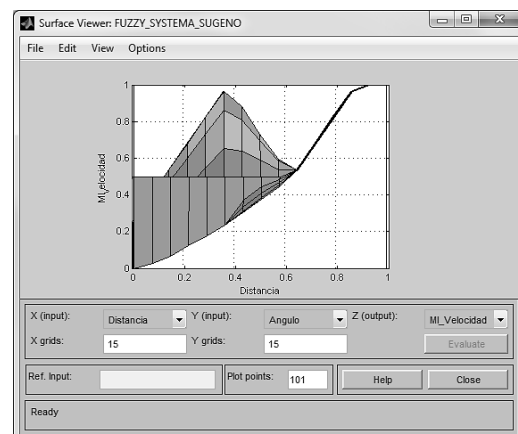


Figura 2. Simulación del modelo Sugeno

Posteriormente de las realizaciones de pruebas conjuntas con los dos controladores difusos y haber estudiado sus comportamientos a

partir del ajuste de las base de conocimiento se y de comprobar que el modelo Sugeno presenta una mejor respuesta; se decidió codificar los dos controladores difusos por separado, en el lenguaje MATLAB para poder obtener una aproximación real en código del modelo implementado en la herramienta, en esta instancia se siguió una metodología de software con un enfoque evolutivo, en una segunda instancia se exporto este mismo el código de los controladores difusos al lenguaje Arduino para ser utilizado con el robot en las pruebas reales con la modalidad evasión de obstáculos.



**Figura 3.** Robot N6 con las unidades sensoras

Una vez tenido el código en el robot se diseñó las experiencias que posibiliten evaluar el modelo en diferentes situaciones con el fin de ajustar el modelo.

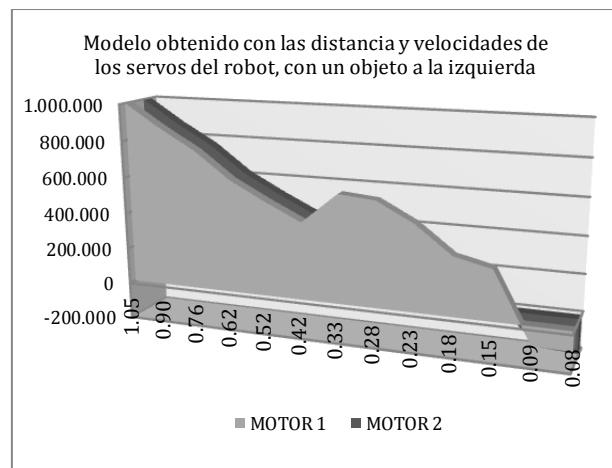
En última instancia se realizaron las experiencias y toma de datos.

## Resultados obtenidos

A pesar de haber realizado las simulaciones de los dos controladores difusos diseñados sobre la herramienta y de concluir que el modelo Sugeno presenta una mejor respuesta, se implementó los dos controladores difusos sobre la placa DuinoBot presente el robot Multiple N6 junto a él se utilizaron conjuntamente los sensores presente en el robot; lo que demostró esta experiencia es que el controlador difuso del tipo Sugeno se comporta de forma más eficientemente computacionalmente, que el modelo Mandani. Además al momento de ser implementado el modelo Mandani sobre la placa

se nos presentó el problema del tamaño del programa para guardarlo en la memoria de la tarjeta, esto nos perjudico al momento de tratar de depurar, algo que con el modelo Sugeno no tuvimos este problema, al no tener un método de deborización con lo cual se ahorra muchas líneas de código.

En resumen debido a que es compacto y computacionalmente más eficiente que su representación del modelo Mandani y principalmente se comporta mucho mejor el modelo Sugeno para este caso de estudio, se concluye que el modelo Sugeno se presta más para este caso de estudio por utilizar técnicas lineales lo que garantiza la continuidad de la superficie de salida.



De las pruebas realizadas podemos concluir que el robot se comporta de una forma muy aceptable, con un grado de aleatoriedad entre prueba y prueba con respecto a su trayectoria normal, producido por las variables de giro intervinientes, en el momento de realizar los giros del robot que se encuentra condicionadas por la distancia de los objetos y el ángulo en ese momento determinado; se produjeron errores de lectura por parte de los sensores que causaron choques imprevistos que fueron causas por la velocidad del robot y el tiempo de lectura los cuales son aceptables, problemas que estamos corrigiendo.

A partir de los resultados obtenidos de las diversas pruebas realizadas, pudimos concluir que el controlador difuso del tipo Sugeno

presenta una muy buena eficiencia y respuesta reactiva en la evasión de obstáculos en 98 %.

## Líneas de investigación 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, redes neuronales, algoritmos bioinspirados, sistemas expertos, etc., estas técnicas se utilizarán en los siguientes trabajos:

- Controladores difusos aplicados al proceso de la elaboración de yerba mate.
- Redes neuronales aplicados a la navegación autónoma de robot.
- Sistemas de control de navegación para robots utilizando arreglos de sensores de ultra sonido.
- Controladores difusos aplicados a la navegación autónoma de robot.
- 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.

## Referencias

[1]. Marinelli Marcelo J.; Kuna Horacio D.; Korol Fernando J.; Plenc Hugo A. Diseño De Un Controlador Difuso Para Un Sistema De Navegación De Robot Con Tracción Diferencial - II Jornadas

Científico-Tecnológicas de la FCEQyN , 2009, posadas.

- [2]. Marinelli, M. (2006). Evaluación de la Efectividad para Detectar Obstáculos y Representarlos en V.R.M.L. de un Sistema de Navegación para Robot mediante Sonar. U.Na.M., Tesis de Maestría.
- [3]. Ahmad M. Ibrahim (2004). FUZZY LOGIC for Embedded Systems Applications. Estados Unidos: Elsevier Science.
- [4]. Hao Ying (2000). FUZZY CONTROL AND MODELING. Estados Unidos: IEEE Press.
- [5]. Cox E. (1994). The Fuzzy Systems Handbook - A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems, ACADEMIC PRESS.
- [6]. Elmer P. Dadios (2012). Fuzzy Logic – Controls, Concepts, Theories and Applications. Croatia: InTech.
- [7]. Ponce Cruz, Pedro (2010). Inteligencia artificial, con aplicaciones a la ingeniería. Mexico: Alfaomega.
- [8]. Jan Jantzen (2007). Foundations of Fuzzy Control. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- [9]. Sohail Iqbal (2012). Fuzzy Controllers – Recent Advances in Theory and Applications. Croatia: Janeza Trdine.
- [10]. Chennakesava R. Alavala (2008). Fuzzy Logic and Neural Networks, Basic Concepts and Applications. Estados Unidos: New Age International Pvt.
- [11]. García Martínez (1997). Sistemas Autónomos. Aprendizaje Automático. Argentina: Nueva Librería.