

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA DE ROBOTS MÓVILES

Kornuta, Cristian

Cichanowski Miguel

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

## 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 presentó dos modelos, uno basándonos en la referencia y otro; en un nuevo modelo. Los dos modelos fueron diseñados utilizando la herramienta FIS de MATLAB; posteriormente se contrastó con el tipo de controlador propuesto en [Marinelli Marcelo, 2009]; luego se desarrollaron dos módulos a partir de estos modelos diseñados para la realización de simulaciones sobre un robot real; con el objetivo de evaluar su desempeño en entornos con obstáculos y poder concluir la eficiencia entre los dos controladores difuso.

## Palabras clave:

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

## Contexto

Este proyecto se enmarcó 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.

## 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 características de incertidumbre.

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 un entorno real y cambiante; debido a la naturaleza cambiante de los entornos, conjuntamente hay que considerando que los datos capturados por los sensores en un robot 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. Diferentes soluciones eficaces a los problemas de navegación en entornos desconocidos y dinámico se han propuesto en las últimas décadas utilizando lógica difusa.

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 de información imprecisa, lo cual se aproxima a la forma que el cerebro humano piensa o razona.

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

El objetivo de este trabajo fue el desarrollar un controlador difuso para la navegación de robots móviles utilizando las herramientas de la lógica difusa de MATLAB. También se realizaron simulaciones en el FIS de MATLAB; que concluyo con el diseño y la implementación de dos modelos de controladores difusos propuestos. Una vez perfeccionada la base de conocimientos y las reglas difusas, se diseñó dos módulos que se correspondían con las dos propuestas de controladores difusos para realizar experiencias en la modalidad de evasión de obstáculos con un robot en tiempo real.

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

## Objetivos

El objetivo de este trabajo fue el desarrollar un controlador difuso para la navegación de robots móviles utilizando las herramientas de la lógica difusa de MATLAB. Conjuntamente se realizaron las simulaciones en el FIS de MATLAB y una vez perfeccionada la base de conocimientos y las reglas difusas, se diseñó un módulo para realizar

experiencias en la modalidad de evasión de obstáculos con un robot en tiempo real.

## Metodología

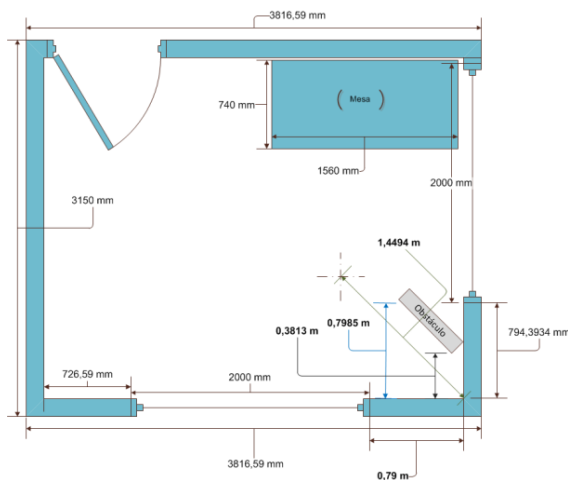
La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en una primera instancia de un relevamiento profundo y amplio sobre documentos, bibliografías, papers, revistas especializadas, tesis, foros y páginas en general sobre el tema, en búsqueda de los temas que guiarán nuestra investigación y desarrollo 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; 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.

Posteriormente de las realizaciones de pruebas conjuntas con los dos controladores difusos y haber estudiado sus comportamiento a partir del ajuste de las base de conocimiento 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 FIS de MATLAB, 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.

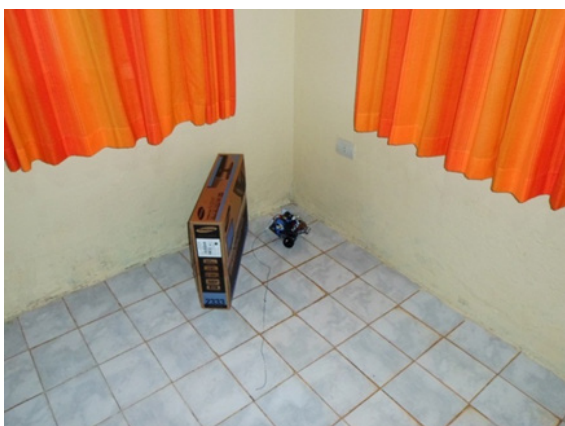
Una vez tenido el código en el robot se diseñó los escenarios de pruebas que posibilitaron evaluar el modelo en diferentes situaciones con el fin de ajustar el modelo.



**Figura 1.** Robot N6 con las unidades sensoras



**Figura 2.** Diseño del escenario 2



**Figura 3.** Prueba real con el robot en el escenario 2

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

## Resultados

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 Multiplo 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 que a pesar que el tamaño de la memoria de la placa utilizada es similar a la del Arduino; 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 deborritzificacion como el implementado en el modelo Mandani 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 debido a que se comporta mucho mejor el modelo Sugeno para este caso de estudio, se concluyó 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.

En los siguientes gráficos podemos apreciar como el modelo obtenido en la herramienta FIS de MATLAB presenta casi el mismo comportamiento que el obtenido con la propuesta de controlador difuso implementado

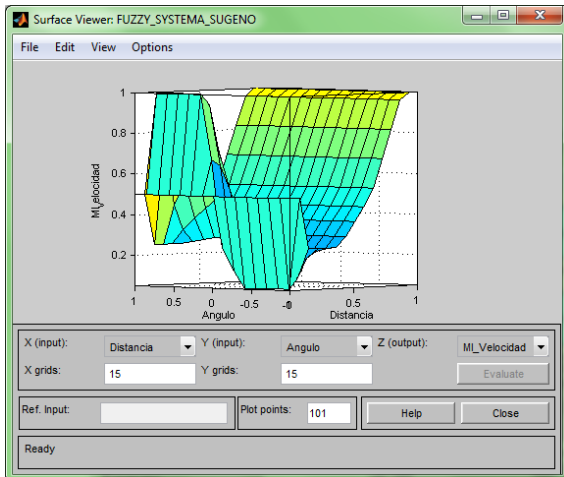


Figura 4. Simulación del modelo Sugeno obtenido en MATLAB

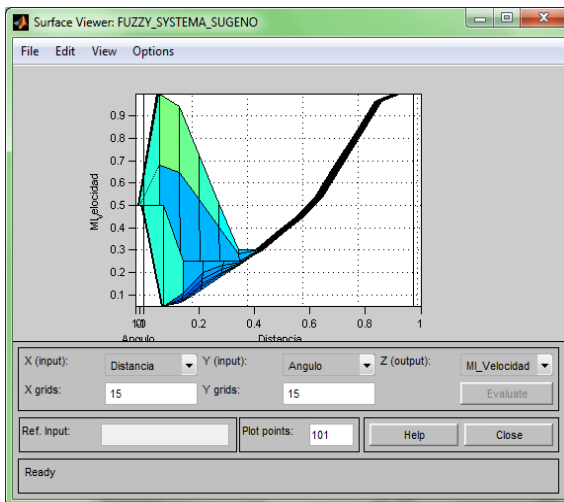


Figura 5. Simulación del modelo Sugeno obtenido en MATLAB

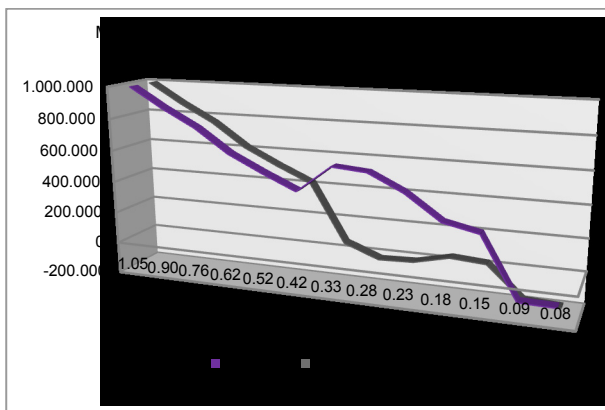


Figura 6. Modelo real del comportamiento del robot con un obstáculo del lado izquierdo

## Conclusiones

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.

Realizamos 44 pruebas con el robot, en los diferentes escenarios diseñados con obstáculos; escenarios diseñados para demostrar la eficiencia del controlador difuso y su desempeño, de las 44 pruebas realizadas, el robot colisiono en 12 pruebas, con lo cual podemos concluir que el robot se desempeñó en el 72% de los casos realizados, en los diferentes escenarios de forma satisfactoriamente, sin causar colisión. Sin embargo, el robot no siempre siguió una trayectoria óptima. Esto se puede solucionar con la utilización de sensores de mayor precisión en una primera instancia y ajustando aún más los conjuntos difusos.

## 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

- Realizar nuevas pruebas sobre otros prototipos.
- Realizar pruebas con la propuesta de controlador Mandani en el robot y comparar resultados.
- En base al controlador difuso Mandani que se posee, se redefinirían los conjuntos difusos que posee y se agregarán dos conjuntos difusos cuyo universo difuso se encuentre definido por valores negativos para lograr giros cerrados como presenta

el modelo Sugeno propuesto en este trabajo y se agregaran más reglas al modelo.

- A partir de los conocimientos y experiencia adquirida con esta investigación, se intentará implementar con este modelo de controlador difuso, un nuevo controlador, incorporando a este las técnicas redes neuronales o algoritmos genéticos, en este mismo estudio de caso.

- Implementar las técnicas utilizadas de lógica difusa, en la tesis, conjuntamente con redes neuronales o algoritmos genéticos, para que los dos robots que se posee, puedan interactuar entre sí; en algún problema a definir.

## Formación de Recursos Humanos

En esta línea de investigación se prevé desarrollar 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.