

Control una prótesis mioeléctrica de brazo por medio de Lógica difusa

R. Chavez², Tenth Semester Student Ricardo Palma University-Lima^{1, 2, 3, 4, 5}

{Rommel_1704,} @hotmail.com^{1, 2, 3, 4, 5}.

Adviser, R. Palomares, Member IIITEC, IEEE-MWSCAS, AOTS and Ricardo Palma University – Peru
ricarpal@gmail.com

Abstract— *In this project I will program an arm protesising diffuse logic this isn't going just to make the programation easier, this will make it more efficient to. The logic diffuse will make that the arm regonize with more precission what gesture is the man / user doing, and act efficiently.*

Key Words — Lógica Difusa – Prótesis - Mioeléctrica

I. INTRODUCCION

La lógica Difusa es conocida como una de las más precisas de todas las ciencias y disciplinas teóricas. Algunas de las ciencias modernas y matemáticas se basan en sus principios. A pesar de las ventajas de su exactitud, la lógica Difusa tiene la desventaja de no poder reproducir los patrones del pensamiento humano sin embargo trata de emularlos, simulando “como un humano pensaría”.

Esta lógica nace, como a mediados de los años sesenta, el profesor Lotfi Zadeh de la universidad de California en Berkeley, pretendiendo suplir esta deficiencia de la lógica tradicional o booleana, crea la que hoy se denomina como lógica fuzzy.

Como disciplina teórica matemática. la lógica fuzzy está diseñada para reaccionar a cambios continuos de la variable a ser controlada y se diferencia con la lógica Booleana por no estar restringida a dos únicos valores de 0 y 1. En su lugar permite valores parciales y multivalores de verdad. Se puede afirmar, tal como lo demostró Bart Kosko, que la lógica Booleana es un caso especial de la lógica. Esta disciplina es especialmente ventajosa para problemas que no puedan ser fácilmente representadas por modelos matemáticos debido a que los datos están incompletos o por que el proceso es muy complejo.

El lenguaje del mundo real usado en control fuzzy permite a los programadores incorporar la lógica ambigua de los humanos dentro de la computadora. El uso de modelos lingüísticos en lugar de modelos matemáticos mejora grandemente la transparencia del sistema y facilita las potenciales modificaciones. La lógica fuzzy intenta controlar procesos, capturando el conocimiento que los especialistas poseen de su experiencia real, sin tener que modelar el sistema.

MARCO TEORICO

Esta sección presenta los principios de la lógica fuzzy y es básica para entender el mecanismo por el cual trabaja el sistema de lógica fuzzy.

Muchas disciplinas matemáticas tratan con la descripción de incerteza, tales como la teoría de la probabilidad, la teoría de la información y la teoría del conjunto fuzzy. Es más conveniente clasificarlos por el tipo de incerteza que tratan. A continuación vamos a considerar sólo dos tipos de incerteza: Estocástica y Léxica.

2.1 Incerteza Estocástica

La incerteza estocástica trata con la incerteza hacia la ocurrencia de un cierto evento. El siguiente es un ejemplo de este caso:

- *La probabilidad de dar en el blanco es 0.8*

El evento en sí mismo, dar en el blanco, está bien definido. La incerteza surge como consecuencia de que sí el blanco será o no alcanzado. Esta incerteza es cuantificada por un grado de probabilidad. En el caso que se analiza, la probabilidad es de 0.8. Combinación de oraciones similares podrían ser procesadas usando métodos estocásticos, tales como el cálculo de Bayes para probabilidad condicional. [VON ALTRROCK, 1995]

2.2 Incerteza Léxica o Imprecisión

Un tipo diferente de incerteza es aquel basado en el lenguaje de comunicación de los humanos, también denominado incerteza léxica o imprecisión. Este tipo de incerteza trata con la imprecisión que es propio en la mayoría de palabras humanas usadas para evaluar conceptos y derivar conclusiones.

Aunque la mayoría de conceptos no son definidos con precisión, los humanos pueden usarlos para evaluar situaciones muy complejas. Usando abstracción y pensando en analogías, unas pocas oraciones describirán contextos complejos que sería muy duro de modelar con precisión matemática. Como ejemplo, consideremos la siguiente oración:

- *Probablemente daremos en el blanco.*

A primera vista, es muy similar a la primera oración. Sin embargo, hay una significativa diferencia que se refiere a la forma de expresar la probabilidad. Mientras en la primera oración (ver 2.1), la probabilidad es expresada en un sentido matemático, en la segunda la probabilidad es más bien percibida en lugar de cuantificada matemáticamente.

Prótesis de miembros superior con señales mioeléctricas

Gracias los avances tecnológicos de los últimos años vemos como la brecha entre la ciencia-ficción y la ciencia práctica se va acortando. Aparatos que antes solo aparecían en películas y sueños futuristas están haciendo su aparición en los mercados como productos novedosos.

De esta manera estas tecnologías también han sido aplicadas al sector de salud con el desarrollo de prótesis biónicas cada vez más complejas y funcionales.

Esto nos inspiró para el desarrollo de este proyecto, en aplicar una estrategia de control difuso en un brazo que es controlado mediante señales mioeléctricas, en la cual el voltaje obtenido de la superficie del musculo determina el movimiento de cada uno de los actuadores de la prótesis que cuenta con una mano completamente articulada, una muñeca giratoria y un codo con rotación y flexión. Esto quiere decir que la prótesis diseñada para una persona con una lesión del tipo “codo desarticulado”, como la que se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Prótesis controlada mediante señales mioeléctricas

Variables Lingüísticas:

El bloque fundamental de cualquier sistema de lógica fuzzy es la llamada variable lingüística. Aquí, se combinan múltiples categorías subjetivas que describen el mismo contexto. Así, para el caso de la altura, de hombres existirán las categorías de: pequeño, exacto, grande y muy grande. Estos son llamados términos lingüísticos y representan los posibles valores de una variable lingüística. La figura 2 muestra las funciones de pertenencia de todos los términos de la variable lingüística de “Tamaño” dentro del mismo gráfico.

Estas variables lingüísticas permiten el traslado de una medida del tamaño dentro de una descripción de una variable lingüística. Por ejemplo, un error negativo grande.

No sólo sería evaluado con un grado de pertenencia para grande sino también con un grado de pertenencia para negativo pequeño.

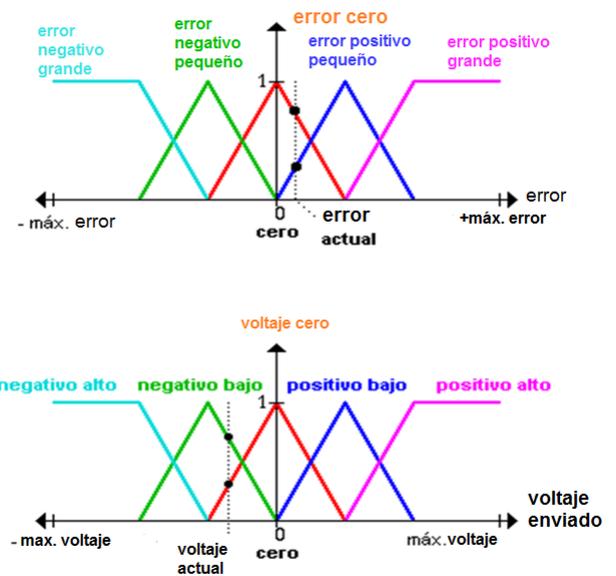


Figura 2. Funciones de pertenencia

Para entender un sistema fuzzy se necesita aclarar los términos siguientes: [MARSH STEVE et al., 1992], [BARRETO J.M, 1997]

Función de Pertenencia - Define a un conjunto fuzzy mapeando entradas abruptas de su dominio hasta su Grado de Pertenencia. En la Figura 2(b) tenemos las funciones de pertenencia: pequeño, grande, cero, positivo, negativo.

Un sistema fuzzy consta de tres etapas:

- Fuzzyfication
- Reglas de Evaluación
- Defuzzification

Fuzzyfication

Esta etapa calcula el grado de pertenencia que podría tener una entrada abrupta a una o a varias funciones de pertenencia de una variable, el resultado se denomina entrada fuzzy. El procedimiento puede representarse como en la figura 3.

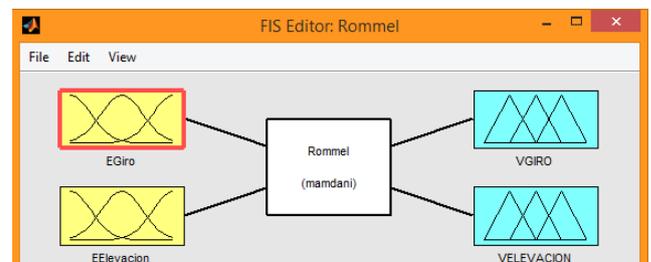


Figura 3. Entorno de programación de Lógica Difusa

Entradas Fuzzy

Para transformar las entradas abruptas en entradas fuzzy. Primero se debe determinar las funciones de pertenencia de la variable. Una vez realizado esto, la entrada abrupta es

comparada con la función de pertenencia correspondiente produciendo valores de entrada Fuzzy. En la Figura 4(a) se muestra la entrada llamada Error del Motor de Giro mientras que en Figura 4(b), se muestra la entrada llamada Error del Motor de Elevación.

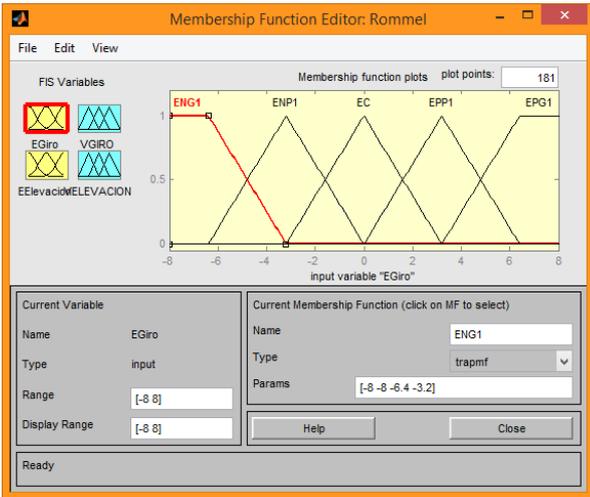


Figura 4(a). Error del Motor de Giro

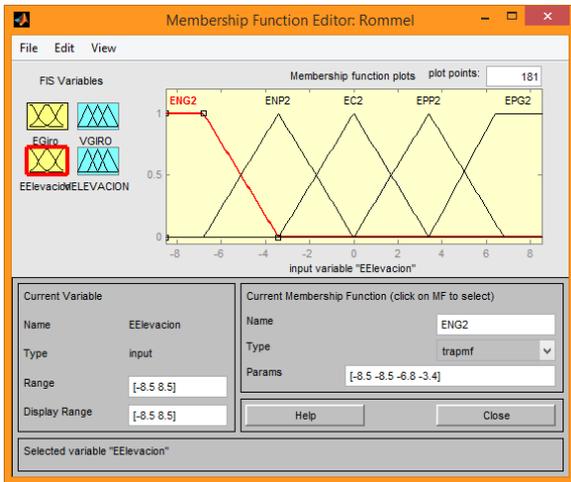


Figura 4(b). Error del Motor de Elevación

Asimismo, tenemos la figura 5(a) que muestra la salida que es el voltaje para el motor de Giro y la figura 5(b) que muestra el voltaje de salida para el motor de Elevación

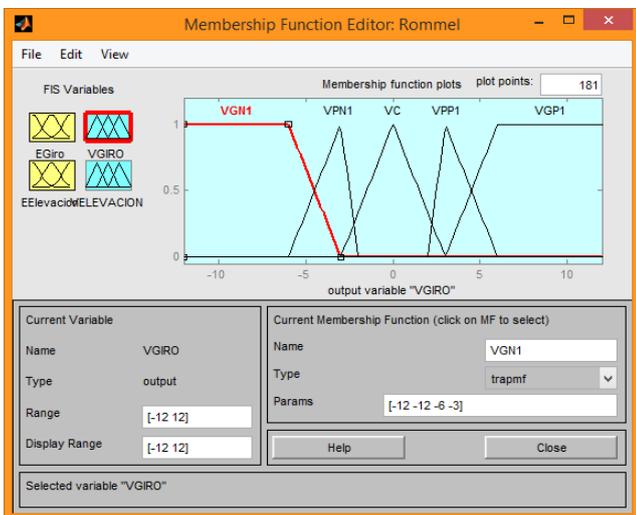


Figura 5(a). Voltaje para el motor de Giro

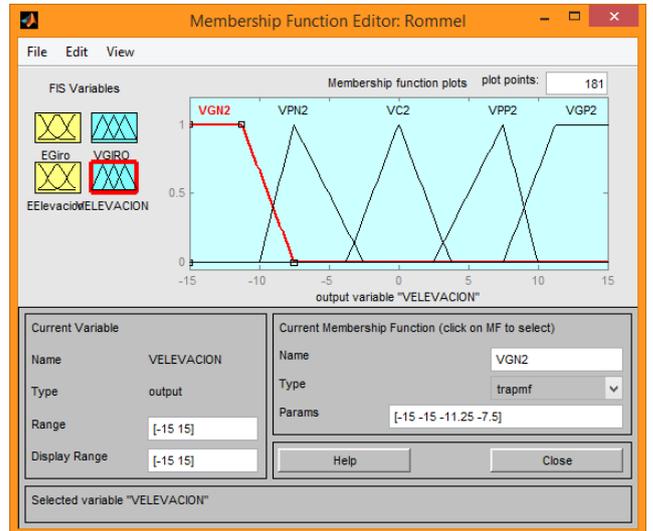


Figura 5(b). Voltaje de salida para el motor de Elevación

En la segunda etapa del procesamiento de la lógica fuzzy, llamada Regla de Evaluación o de Inferencia fuzzy, el controlador fuzzy usa reglas lingüísticas sobre los resultados que fueron generados en la etapa de Fuzzyfication (denominados entradas fuzzy). El procedimiento puede representarse como en la figura 6.

1. If (EGiro is ENG1) then (VGIRO is VGN1) (1)
2. If (EGiro is ENP1) then (VGIRO is VPN1) (1)
3. If (EGiro is EC) then (VGIRO is VC) (1)
4. If (EGiro is EPP1) then (VGIRO is VPP1) (1)
5. If (EGiro is EPG1) then (VGIRO is VGP1) (1)
6. If (EElevacion is ENG2) then (VELEVACION is VGN2) (1)
7. If (EElevacion is ENP2) then (VELEVACION is VPN2) (1)
8. If (EElevacion is EC2) then (VELEVACION is VC2) (1)
9. If (EElevacion is EPP2) then (VELEVACION is VPP2) (1)
10. If (EElevacion is EPG2) then (VELEVACION is VGP2) (1)

Figura 6. Reglas difusas

En la Defuzification, el procedimiento de cálculo se representa como en la figura 7, en donde el objetivo final consiste en encontrar las salidas abruptas, para esto cada salida fuzzy, las que fueron encontradas en la etapa de reglas de evaluación, modificaran a su respectiva función de pertenencia de salida. Las etiquetas para estas funciones de salida hacen referencia al voltaje enviado a los motores de salida.

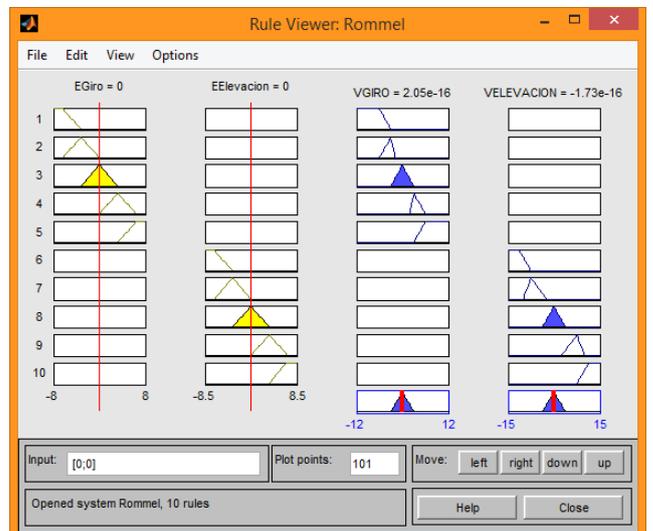


Figura 7. Defuzificación y cálculo de las salidas.

Aplicando el Simulink de Matlab

Además de lo aplicado anteriormente se puede usar el programa Matlab para calcular un aproximado de las Funciones de transferencia de dichas variables para las cuales los motores alcanzan la estabilidad, estableciendo así un control P&D.

Como se muestra en la figura 8 se tiene el esquema en simulink con la función de transferencia del sistema.

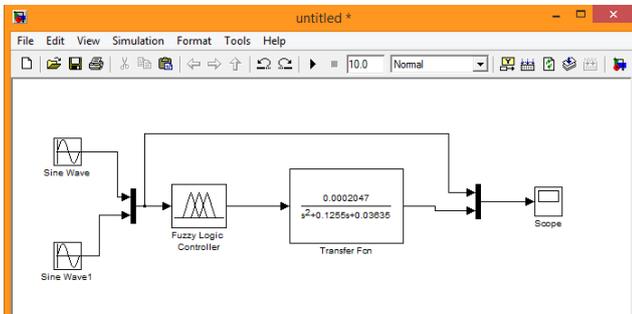


Figura 8. Bloque de control en Simulink

Por último, se puede hacer un muestreo gráfico de las variables de entrada y de salida aplicando simulink, donde se aprecia el correcto funcionamiento del controlador, lo cual se aprecia en la figura 9.

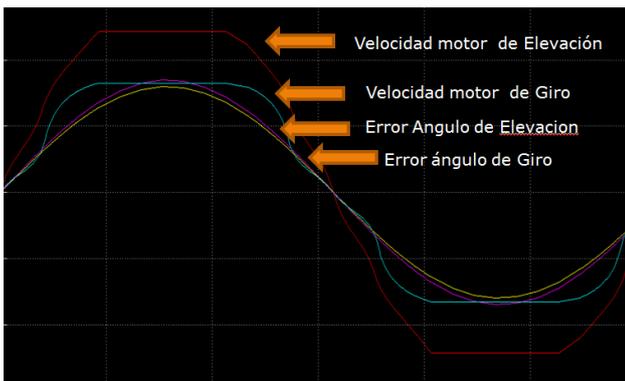


Figura 9. Simulación de la entrada y salida del sistema

Conclusiones

Gracias a Matlab y la aplicación de la Lógica Difusa se puede simular el comportamiento de un controlador difuso en los proyectos, simplificando la programación, permitiendo así su aplicación en plantas no lineales y de complejo modelamiento matemático.

El beneficio de la lógica fuzzy es el de permitir describir el comportamiento de un sistema con simples reglas o sentencias de programa IF-THEN (si-entonces) que reflejan la experiencia del operador humano sobre el sistema. Sin embargo, un sistema fuzzy no aprende como en el caso de las redes neuronales, es decir, solo responderá a aquellas entradas para las cuales las reglas han sido programadas.

Gracias a la fusión de lógica fuzzy con las redes neuronales es posible la generación y optimización automática de las funciones de pertenencia y las reglas de inferencia. La solución de problemas de control con software Neurofuzzy debido a su ventaja comparativa de

tiempo de procesamiento frente a las redes neuronales las hace óptimas para aplicaciones complejas en tiempo real.

Este proyecto se realizó a manera de investigación teórica y en base a una simulación, con la finalidad de una futura implementación como parte de mi proyecto de tesis para optar el grado de Ingeniero Mecatrónico.

III Bibliografía

- Barreto Jorge Muniz; Inteligencia Artificial No Lineal do Século XXI; Ediciones Florianopolis, 1997.
- Haber Rodolfo, Control Borroso, Departamento de Control automático - Facultad de Ingeniería Eléctrica - Instituto Politécnico "Julio Antonio mella" - Santiago de Cuba, 1992.
- Hilerá González Ramón José, Martínez Hernando Víctor José; Redes Neuronales Artificiales, Fundamentos, Modelos y Aplicaciones; Addison Wesley Iberoamericana, 1995.
- Klir George J. and Yuan Bo; *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic theory and Applications*; Prentice Hall, 1995.
- Marsh Steve, Wei Huang Yee, Sibigtroth Jim, Paloian Dave, Mazuelos Duberty, Weiss Don, Spielman Jason, Dumas John, Leung Michael, Tomazin Tom and Osborn Steve; *Fuzzy Logic Education program, Center for Emerging Computer Technologies, Motorola, Inc, 1992.*
- Von Altrrock Constantin; *Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Applications Explained*; Prentice Hall, 1995.