

Equilibrio de una Esfera en Movimiento Lineal Oscilatorio Mediante Control Difuso

Ozuna Gustavo¹, Anaya Carlos¹, Tineo José² y García Héctor²,
gozuna@industrial.uson.mx

Universidad de Sonora¹
Universidad Kino²

Resumen

El siguiente artículo describe un problema de control inteligente, que consta del equilibrio de una esfera metálica, sobre una viga, la cual oscila en un solo punto de apoyo localizado en el centro, utilizando para el equilibrio de este un sistema de control difuso.

1. Introducción

Existen varios problemas de control de sistemas electromecánicos y Mecatrónicos, por tomar un ejemplo está el del péndulo invertido [1], el cual su solución ha sido abordada por varias metodologías, así como el frenado de un vehículo a alta velocidad, la dirección y la detección de obstáculos, es por esto que se propone, el siguiente problema de control, el cual consiste en equilibrar una esfera metálica sobre una viga con movimiento lineal oscilatorio, en un punto de apoyo localizado en el centro como se muestra en la figura 1, en la cual la esfera experimentara varios cambios de posición en forma inestable perdiendo el equilibrio, para que el sistema de control se encargue de estabilizar la esfera en el centro, utilizando control difuso.

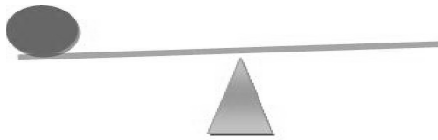


Figura 1 Balanceo de esfera sobre viga

2. Problema

El siguiente problema es lograr el equilibrio de la esfera sobre una viga la cual tiene el punto de apoyo en el centro, la cual al desplazarse de derecha a izquierda o izquierda a derecha, hará que la viga

pierda el equilibrio, en la actualidad existen varios problemas similares llamados sistemas bola viga [2] en los cuales consiste de inclinar una viga en la cual se desliza una esfera metálica buscando la inclinación apropiada para lograr la misma posición de otra esfera que está en constante movimiento fuera del sistema, el sistema utiliza un sensor de distancia el cual da información al sistema para que tome la inclinación adecuada que debe llevar la viga para lograr que la esfera sobre ella tome la posición de la esfera de referencia que se encuentra en movimiento constante, a diferencia del citado anteriormente este solo incluye una esfera.

3. Prototipo

Para controlar la inclinación de este sistema se utilizara un motor de corriente directa conectado al centro de la viga, el cual girara la viga de izquierda-derecha o derecha-izquierda, según sea el caso para lograr el equilibrio de la esfera, tomando la señal de de un sensor de inclinación como se muestra en la figura 2.

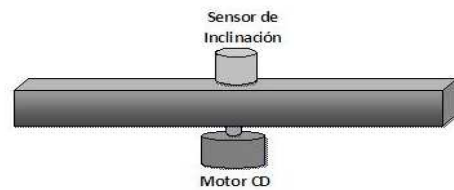


Figura 2 Actuador y sensor de viga

El sistema de palanca en el cual se mueve la esfera libremente sobre ella, está representado por las siguientes ecuaciones, tales como la de Momento de Torsión y de equilibrio de Fuerzas sobre la viga [3], [4], [5]:

$$[4] \quad F_N - F_A - F_B = 0$$

$$[5] \quad M = Fd$$

$$[6] \quad F = mg$$

Donde F_N es la fuerza ascendente del punto de apoyo y F_A y F_B son las fuerzas que ejerce la esfera al estar en movimiento y M que es el Momento de Torsión que se encuentra variando según la distancia en la cual se encuentre la esfera con respecto al pivote [4] como se muestra en la figura 3.

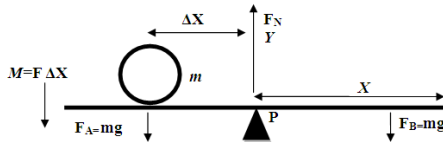


Figura 3 Fuerzas que interactúan en el sistema

4. Control

El sistema de control difuso propuesto para el sistema, el cual emulara el razonamiento humano en la estructura del sistema se identifica el flujo lógico de inferencia difusa de la variable de entrada inclinación con respecto a las variables de salida dirección y velocidad, las inferencias difusas [6], la figura 4 muestra la estructura del sistema de control mostrando las entradas analógicas, el bloque de reglas difusas así como las salidas analógicas, las líneas que conectan simbolizan el flujo de datos simulado en FuzzyTech.

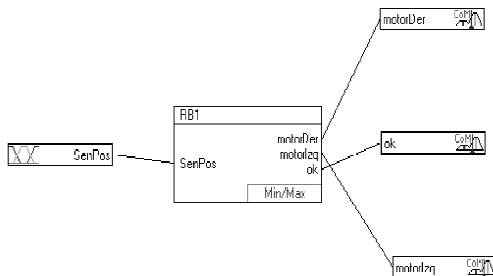


Figura 4 Sistema simulado en FuzzyTech

Las variables lingüísticas utilizadas en el sistema traducen los valores reales del sensor de posición en valores lingüísticos e igualmente en las salidas del sistema mostradas en la tabla 1 y 2.

| # | Variable Name | Type | Unit | Min | Max | Default | Term Names |
|---|---------------|------|-------|-----|-----|---------|---|
| 1 | SenPosicion | | Units | 0 | 1 | 0.5 | extremol mediol Bajol ok bajod meiod extremod |

Tabla 1 Variables de entrada

| # | Variable Name | Type | Unit | Min | Max | Default | Term Names |
|---|---------------|------|-------|-----|-----|---------|-----------------------------|
| 2 | motorDer | | Units | 0 | 1 | 0 | MDlow MDmedium MDhigh |
| 3 | motorIzq | | Units | 0 | 1 | 0 | MIlow MImedium MIhigh |
| 4 | Ok | | Units | 0 | 1 | 0 | ok |

Tabla 2 Variables de salida

El conjunto difuso mostrado en la figura 5 muestra la entrada del sensor de posición utilizando variables lingüísticas relacionadas al extremo derecho o izquierdo de la palanca así hasta llegar a la posición central, lugar donde se busca posicionar la esfera logrando el equilibrio.

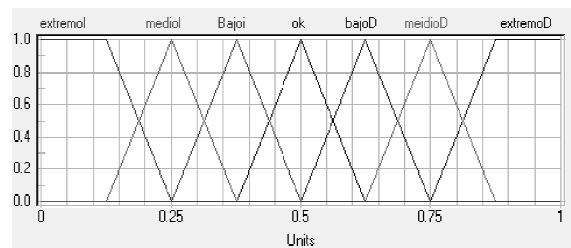


Figura 5 Conjunto difuso de entrada

Las salidas del sistema representadas en el conjunto difuso de las figuras 6, 7, 8 muestran como se debe comportar el motor de corriente directa, la dirección de giro de este así como la señal de que el sistema está en equilibrio [7].

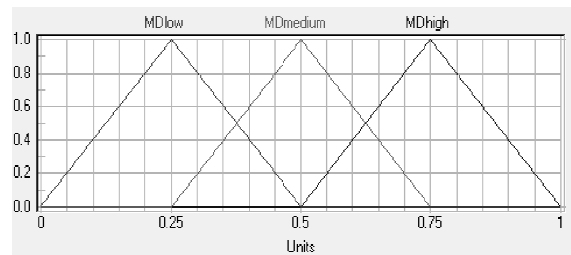


Figura 6 Conjunto difuso de salida motor derecha a izquierda

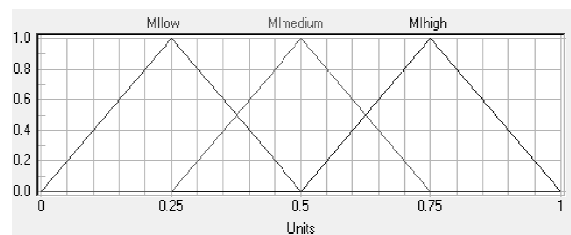


Figura 7 Conjunto difuso de salida motor izquierda a derecha

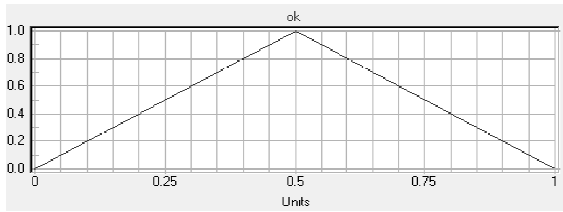


Figura 8 Conjunto difuso de salida motor ok

El bloque de reglas muestra la estrategia de control del sistema difuso, el contexto es definido por las mismas variables de entrada y de salida operadas por el método de máximos y mínimos mostradas en la tabla 3.

| SenPos | DoS | motorDer | DoS | motorIzg | DoS | ok |
|----------|------|----------|------|----------|------|----|
| extremol | 1.00 | MDhigh | | | | |
| mediol | 1.00 | MDmedium | | | | |
| Bajoi | 1.00 | MDlow | | | | |
| Ok | | | | | 1.00 | ok |
| bajoD | | | 1.00 | Mllow | | |
| meidioD | | | 1.00 | Mlmedium | | |
| extremoD | | | 1.00 | Mlhigh | | |

Tabla 3 Reglas difusas

5. Propuesta Electrónica

El sensor de posición, que se propone para el siguiente sistema consta de un resistor variable el cual está conectado a dos amplificadores operacionales configurados como comparadores, el circuito brindara el sentido de inclinación mediante el diferencial de voltaje, mostrado en la figura 9.

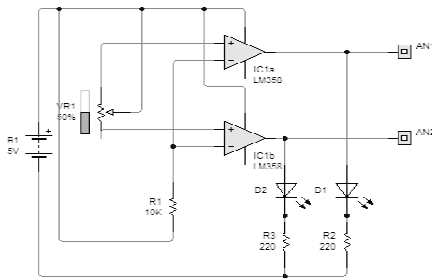


Figura 9 Circuito del sensor de inclinación

El sistema propuesto utiliza un micro-controlador, 16F684A en el cual se programan las reglas difusas, este posee cuatro entradas analógicas a las cuales se conecta el sensor de inclinación y las salidas al motor de corriente directa en un arreglo de transistores (puente H) para controlar el giro de este,

para estabilizar la viga en la figura 10 se muestra la configuración del circuito.

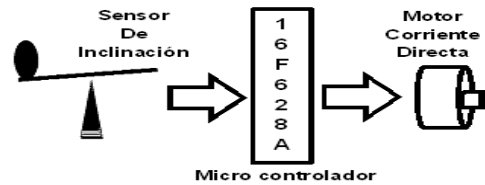


Figura 10 Configuración del circuito

6. Conclusiones

La búsqueda de nuevos métodos de solución a problemas electromecánicos, ayudan a poner en práctica los conocimientos de control inteligente a la solución de sistemas Mecatrónicos, se espera que este problema de control pueda ser de ayuda para otros investigadores a poner en práctica los diferentes tipos de control inteligente.

Referencias

- [1] Ogata K. "Ingeniería de Control Moderna", Pearson, España, 4ta Ed. 2003.
- [2] Bazañes L. "Control Digital", UPC, España, 1ra Ed. 1994.
- [3] Hewit P. "Física Conceptual", Pearson, 9na Ed, 2004.
- [4] Giancoli D. "Física", Pearson, 6ta Ed. México, 2006.
- [6] Alvarez L. "Fundamentos de Inteligencia Artificial", Universidad de Murcia, 1ra. España, 1994
- [7] Xafha F. "Programación en C++ para Ingenieros", Paraninfo, 1ra Ed. España, 2006.
- [8] Spartacus C. "Teoría de Control", Alfa omega, 1ra Ed. España, 1999.
- [9] Alciatore D. "Introducción a la Mecatrónica", McGraw-Hill, 3ra Ed. México, 2008.