

La Lógica Difusa como Medio de Control Optimizado en Sistemas de Disco Compacto

M. en C. Miguel Angel Partida Tapia †
 Subdirector Académico y de Investigación del CINTEC-IPN.
Rafael Noriega Ortiz
Jorge Eduardo Piña Tovar
León Fernando Romero Antiga
 Estudiantes de la Maestría del CINTEC-IPN.

El sistema de Disco Compacto ("Compact Disc", CD) es una herramienta respaldada por altos estándares de calidad y su presencia en el mercado está garantizada, debido a que es un vehículo altamente confiable para el manejo de datos ampliamente apoyado por sistemas de modulación y corrección de errores, tales como:

- 1.- Modulación EFM.
- 2.- Modulación PCM.
- 3.- Código de corrección de errores CIRC.

Lo que demuestra la superioridad relativa de este sistema en muchos de sus procesos.

Dado que es un producto cuyo ciclo de vida se prevé sea muy largo, es importante desarrollar los sistemas de control o servomecanismos más versátiles relacionados con su lectura, para así asegurar su precisión y confiabilidad.

Utilizando las ventajas intrínsecas del control Fuzzy, se pueden implantar en algunos puntos del sistema CD, es posible la optimización deseada en los siguientes servomecanismos:

- I.- Pick up Óptico.
 - a) Tracking.
 - b) Focus, foco o enfoque.
- II.- Motor de Carga.
- III.- Selección de Discos.

- a) Tracking, el cual es el seguimiento de pistas.
- b) Focus, que es el enfoque del rayo láser.

Las señales para los servomecanismos de enfoque y seguimiento provienen de 6 fotodiodos en un sistema convencional de láser triple. De los fotodiodos, 4 se usan para el enfoque y RF (Radio Frecuencia o transmisión de datos), y 2 para el seguimiento, ver **Figura 1**.

Se ilustran de esta manera distintos tipos de sistemas para el control del haz. Tal es el caso de sistemas donde por medio de fotodiodos se realiza la corrección de errores.

Subsistemas de Servomecanismos del Disco Compacto

El pick up óptico

El pick up óptico es el mecanismo de guiado, enfoque y recorrido radial del rayo láser que permitirá las mejores condiciones operativas para el máximo rendimiento en la transmisión de datos al CI. De esta manera se derivan dos dispositivos y controles los cuales son los siguientes:

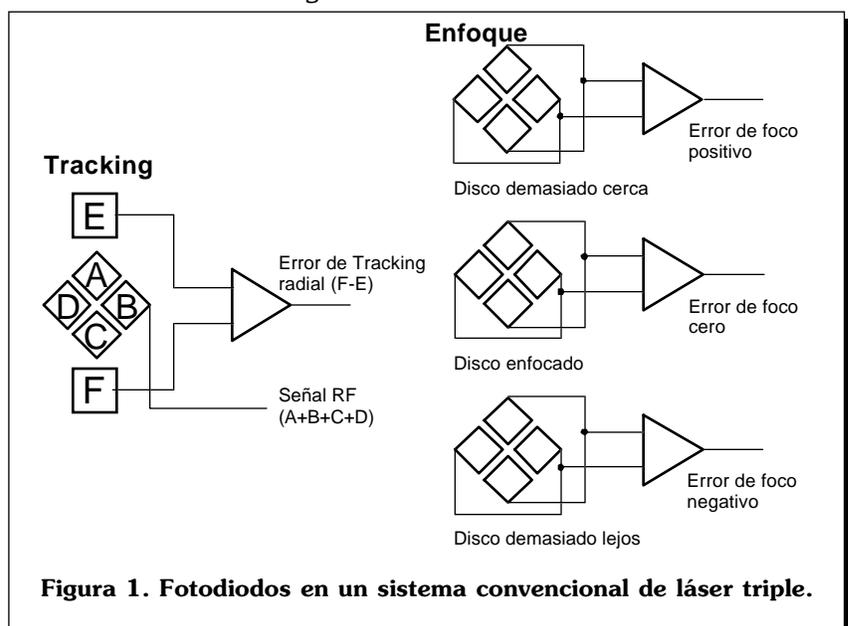


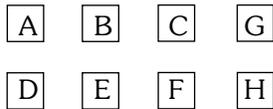
Figura 1. Fotodiodos en un sistema convencional de láser triple.

Las siguientes son las fórmulas obtenidas del circuito operacional para la retroalimentación.

Para el error radial:
 $(A + B) - (C + D) = 0.$
 Para la señal de RF:
 $(A + B + C + D) = 4$
 Para el error de enfoque:
 $(A + C) - (B + D) = 0$

De los fotodiodos A, B, C, D salen dos señales de suma, $(A+C)-(B+D)$ y se utilizan para el control de enfoque y RF. Substituyendo para una señal de $(1+1)-(1+1) = 0$ en donde no se realiza ninguna corrección de enfoque de lo contrario el microprocesador encargado de enfoque y RF tratará de ajustar estos valores para lograr esta combinación.

Se propone colocar 8 diodos de los cuales 4 son para enfoque y RF, los restantes son para control de tracking bajo la utilización de control Fuzzy.



Implantación de Conjuntos Difusos

El sistema de CD tiene un dispositivo de montaje de movimiento lineal y tangencial. La lente de enfoque está montada sobre una bobina suspendida dentro de un campo magnético de unos imanes permanentes, este sistema es muy similar al de una bobina móvil en un micrófono.

Se usa un bobina grande para el enfo-

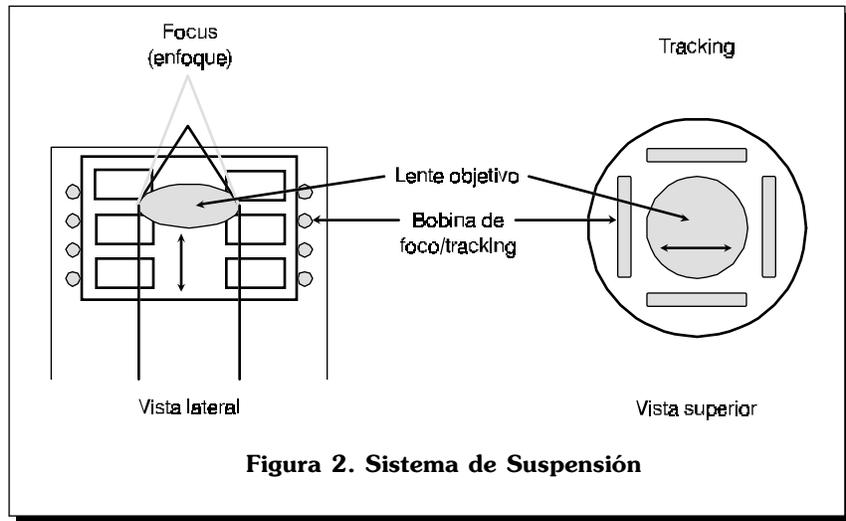


Figura 2. Sistema de Suspensión

que, como se muestra en la **figura 2**, y otras mas pequeñas para el tracking, de tal manera se obtiene un movimiento vertical por medio de la bobina de enfoque, y por otras bobinas un movimiento lateral que se ocupa para tracking. La **figura 2** muestra un sistema completo de suspensión del lente. Se puede aplicar una tensión continua de un divisor bipolar que permite una variación entre -5 a +5 volts. Esto coloca al lente en una posición central, a partir de la cual la tensión de los fotodiodos permite una compensación para arriba y abajo. Este control de corrimiento corrige eventualmente las pequeñas diferencias eléctricas en los amplificadores y mecanismos en el montaje del lente en el Pick up óptico.

junto de elementos que denotarán nuestros conjuntos de decisión difusa. Para este caso se definen 2 variables (Control fino y tracking), con un espacio muestral de -5 a +5 volts para alimentación del servomecanismo de rastreo. La **figura 3** muestra el esquema de construcción de los conjuntos difusos, mientras que la **figura 4** tiene el espacio de decisión de cada conjunto y la **figura 5** muestra el trazo de las curvas que relacionan los conjuntos difusos con las variables.

Establecimiento de Reglas y Conjuntos Difusos

Se considera para los diodos, que cuando tienen una luz incidente tendrán un valor de uno, de lo contrario el valor correspondiente será de cero.

Para el tracking, las reglas de control difuso son:

Fuzzificación de Entradas

La "difusión" de la entradas se logra a partir de establecer un con-

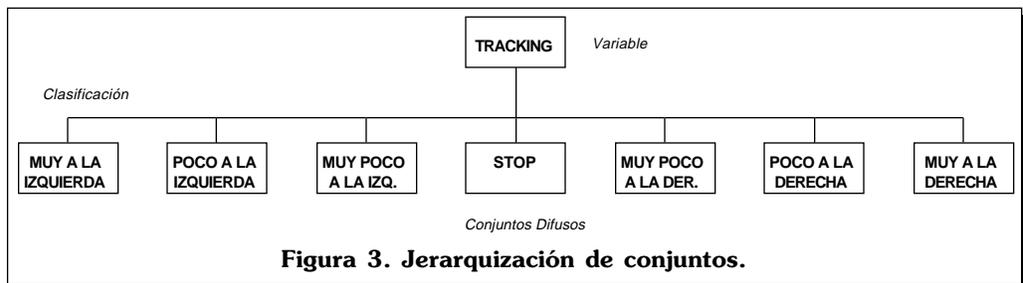
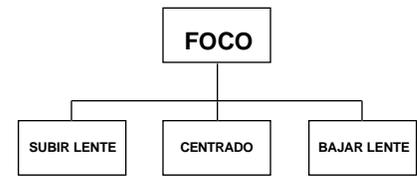


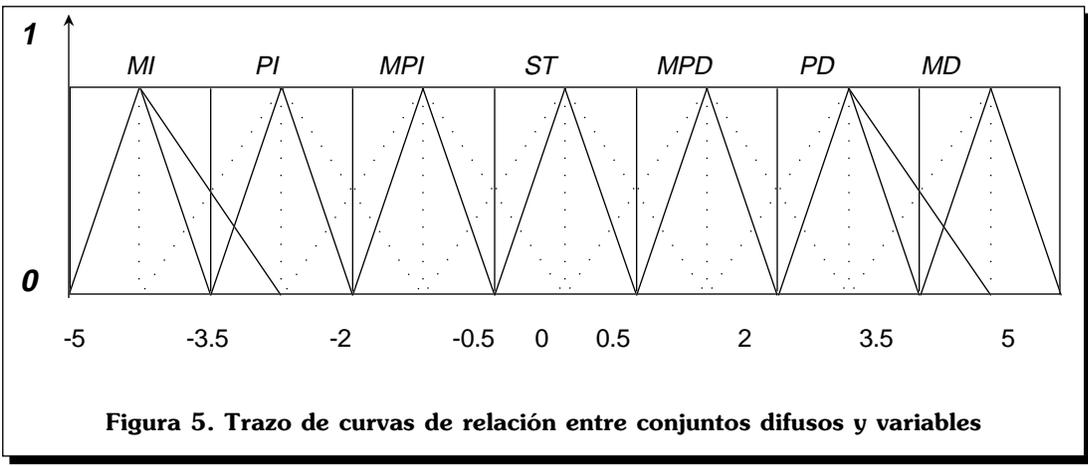
Figura 3. Jerarquización de conjuntos.

MUY A LA IZQ.	(MI)	-5	<=	MI	<=	-3.5	volts
POCO A LA IZQ.	(MI)	-3.5	<=	MI	<=	-2	volts
MUY POCO A LA IZQ.	(MI)	-2	<=	MI	<=	-0.5	volts
STOP (DETENER)	(MI)	-0.5	<=	MI	<=	0.5	volts
MUY POCO A LA DER.	(MI)	0.5	<=	MI	<=	2	volts
POCO A LA DER.	(MI)	2	<=	MI	<=	3.5	volts
MUY A LA DER.	(MI)	3.5	<=	MI	<=	5	volts

Figura 4.



Para el desarrollo del mecanismo de inferencia, se muestra en la figura 7 el trazo de las curvas que relacionan a los conjuntos difusos con los valores de las variables.



Para el enfoque, las reglas de control difuso son:

si $B \text{ y } F = 1$ y C y $E = 0$, entonces subir lente.

si $B, F, C, E = 1$, entonces centrado, no mover lente, accionar RF

si $C \text{ y } E = 1$ y $B \text{ y } F = 0$, entonces bajar lente.

- si $A \text{ y } D = 1$ y $B, E, C, F, G, H = 0$, entonces desplazarse muy a la derecha.
- si $A, B, D, E = 1$ y $C, F, G, H = 0$, entonces desplazarse poco a la derecha.
- si $B \text{ y } E = 1$ y $A, D, C, F, G, H = 0$, entonces desplazarse muy poco a la derecha.
- si $B, E, C, F = 1$ y $A, D, G, H = 0$, entonces STOP y esperar enfoque.
- si $G \text{ y } H = 1$ y $A, D, B, E, C, F = 0$, entonces desplazarse muy a la izquierda.
- si $C, F, G, H = 1$ y $A, D, B, E = 0$, entonces desplazarse poco a la izquierda.
- si $C \text{ y } F = 1$ y $G, H, A, D, B, E = 0$, entonces desplazarse muy poco a la izquierda.

μm . Existe en el sistema de pick up óptico una profundidad de foco de solo $\pm 2 \mu\text{m}$, por lo tanto la deformación geométrica puede llegar a ser $\pm 0.6 \mu\text{m}$, aproximadamente es una

SUBIR LENTE	(SL)	-5	<=	SL	<=	-0.5	volts
CENTRADO	(C)	-0.5	<=	MI	<=	0.5	volts
BAJAR LENTE	(BL)	0.5	<=	MI	<=	5	volts

Figura 6

diferencia del 300 %, así, hay que ocupar un método de corrección para evitar estos problemas. Este proyecto ya contempla estas correcciones.

A continuación, en la figura 8, se muestra el desarrollo del cálculo de las funciones miembro.

Es necesario en el sistema de pick up óptico transferir la información digital del CD, y al mismo tiempo mantener el enfoque y el tracking adecuados. Esto es debido a que las tolerancias son muy rigurosas en todo el proceso, ya que la distancia entre las pistas es de 1.6

Con respecto al enfoque:

El conjunto de elementos (Enfoque), con un espacio muestral de -5 a +5 volts para la alimentación del servomecanismo de enfoque se muestra en la figura 6.

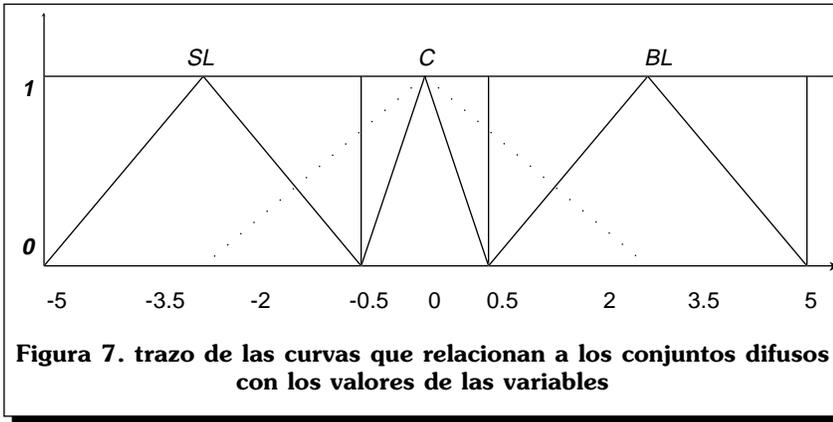


Figura 7. trazo de las curvas que relacionan a los conjuntos difusos con los valores de las variables

Conclusiones

Cabe mencionar que estas implementaciones se pueden aplicar para los restantes sistemas de servomecanismos del CD.

Si es verdad que se aumentan de seis a ocho diodos, esta implemen-

tación se justifica para las siguientes ventajas, con respecto a un sistema convencional:

a) Se eliminan los diodos E y F del modelo convencional, sin embargo, se obtiene mayor precisión y sobre todo rapidez en control de enfoque y tracking.

b) Solo se ocupa un emisor de láser de un solo haz, el de tres haces resultaría obsoleto.

c) Este diseño soporta con mayor superioridad los factores externos, como vibraciones accidentales, y/o errores provocados por movimientos de viaje.

d) En el caso de presentarse un error el tiempo de recuperación es substancialmente menor.

f) Menor pérdida de continuidad en el procesamiento de transmisión de información.

g) El sistema de enfoque y tracking se pueden utilizar simultáneamente, lo que provocará una mayor velocidad de acceso a los tracks o sectores y lectura.

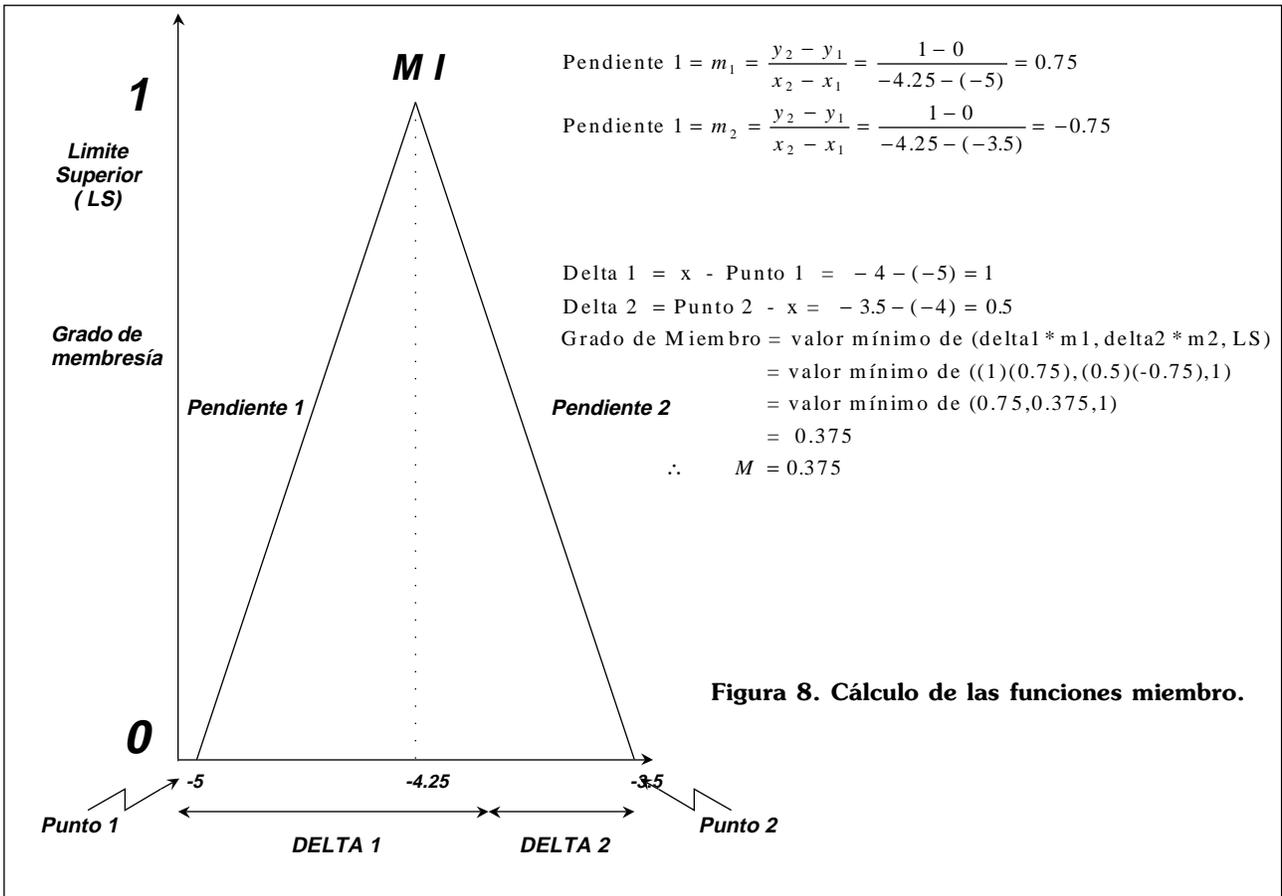


Figura 8. C\u00e1lculo de las funciones miembro.

- h) Se puede implementar para un sistema grabador de CD de alta velocidad.
- i) Los servomecanismos se pueden simplificar ocupando un driver sencillo de CD y eliminar microprocesadores complicados y de alto costo.
- j) No necesita ajuste manual, ya que se autocorrije.

Referencias

- [1] Imaino, W., and Bhushan, B., 1991, "Actuation mechanisms in optical storage", avances en sistemas de almacenamiento de información, vol.1, pag. 375-404.
- [2] Li, Y.F., and Lau, C.C., 1989, "Development of Fuzzy algorithms for servo systems", Revista Control System de IEEE, Abril, pag. 65-72.
- [3] J Zimmerman, "Fuzzy sets theory & it's application".
- [4] Lee-Xin Wang, "Fuzzy Systems are universal approximators".
- [5] Kitani, H., and Tsunoda, Y., 1984, "Large capacity optical disk files", Actualización Hitachi, vol. 33, No. 3, pag. 109-114.
- [6] Yen, J.Y., Hallamasek, K., and Horowitz, R., 1990, "Track following controller design for a compound disk drive actuator", ASME Trans. J. of Dynamic Systems, Measurement, and control, vol. 112, Septiembre., pag. 391-402.
- [7] Kaneko, R., 1987, "Magnetic and optical disk storage technology", JSME International journal, vol. 30, No.260, Febrero, pag. 215-220.
- [8] Zadeh, L.A., 1968, "Fuzzy algorithm", informe y control, vol. 12, pag. 94-102.
- [9] Tang, K.L., and Mulholland, R.J., 1987, "Comparing Fuzzy logic with classical controller design", Trans, on Systems de IEEE, Hombre y Cibernética, Vol.SMC-17, No.6, Noviembre, pag.1085-1087.
- [10] Katsuhiko Ogata, "Ingeniería de Control Moderna".
- [11] Egon Strauss, "Compact Disk".