

La revolución de la lógica difusa

Antoni Escrig Vidal, *Ingeniero Técnico de Telecomunicación*

1. INTRODUCCIÓN

Estamos en el año 1987 en la ciudad de Sendai, al norte de Japón. La expectativa es enorme ya que un nuevo tipo de transporte está a punto de inaugurarse. El acontecimiento consiste en un innovador sistema de control encargado de la aceleración y el frenado del metro de la población. El resultado fue un completo éxito: las variaciones de velocidad eran tan suaves que los usuarios apenas podían detectarlas. Además, la tecnología utilizada, permitió una reducción considerable del gasto energético. El sistema, desarrollado por Hitachi, era un tanto peculiar. Al contrario que los sistemas de control basados en lógica clásica o aristotélica, éste era un sistema de control difuso, fundamentado en las ideas de un matemático llamado Lofti A. Zadeh.

2. LA HERENCIA DE ZADEH

Actualmente aún en activo en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencia de la Computación en la Universidad de California, Zadeh nació en 1921 en la ciudad de Tabriz, Irán. Estudiante de las universidades de Teheran y Columbia, empezó pronto a destacar en los campos de análisis de sistemas y computación. En 1965 publicó su más famoso y revolucionario artículo sobre lógica difusa «Fuzzy Sets». Continuando las ideas de Bertrand Russell de principios de siglo que mostraba que la lógica de Aristóteles difícilmente se podía aplicar a la realidad, Zadeh percibió que nuestra manera de actuar en el mundo real es difusa. Por ejemplo, cuando conducimos y hemos de realizar un adelantamiento, no aceleramos a un valor previamente determinado, sino que aceleramos un cierto grado (por ejemplo un *poco*).

Ya en la década de los 70, el ingeniero Ebrahim Mandani contribuyó al desarrollo de la lógica difusa en problemas de índole práctico, siendo el responsable de la primera aplicación industrial de la lógica difusa: el control de un generador de vapor en Londres, un tanto difícil de controlar con los medios de la época. Una década más tarde, la lógica difusa dió el salto a Japón, cuya primera implantación fue en una planta depuradora de agua en 1983.

Poco a poco, la lógica difusa iba afianzándose. ¿Pero, cuáles son sus fundamentos?

3. CONCEPTOS BÁSICOS

Los conjuntos difusos son una generalización de la teoría de conjuntos convencional que introdujo Zadeh en 1965 como una herramienta matemática para representar la borrosidad de la vida cotidiana. En la lógica aristotélica, un elemento pertenece o no a un conjunto determinado. En cambio, dentro del paradigma difuso, un elemento puede pertenecer con distinto grado a diversos conjuntos.

Las variables lingüísticas son variables que pueden ser expresadas en palabras o lenguaje natural. Con los conjuntos difusos podemos expresarlas de manera matemática.

Por ejemplo podemos definir la variable temperatura de un cuerpo en el intervalo $[0\ 60]$ °C. Definimos los conjuntos difusos «frío», «templado» y «caliente» mediante las siguientes funciones de pertenencia:

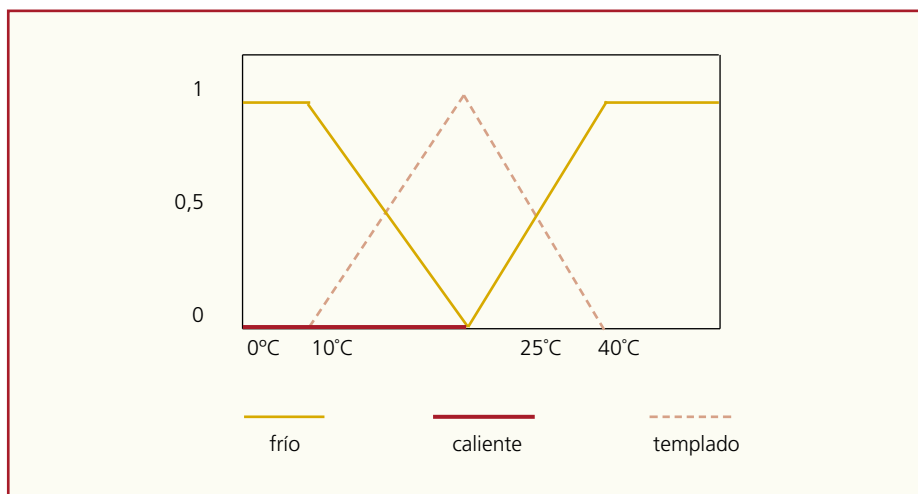
Se puede apreciar que la variable temperatura puede pertenecer, con funciones de pertenencia distintas, a más de un conjunto.

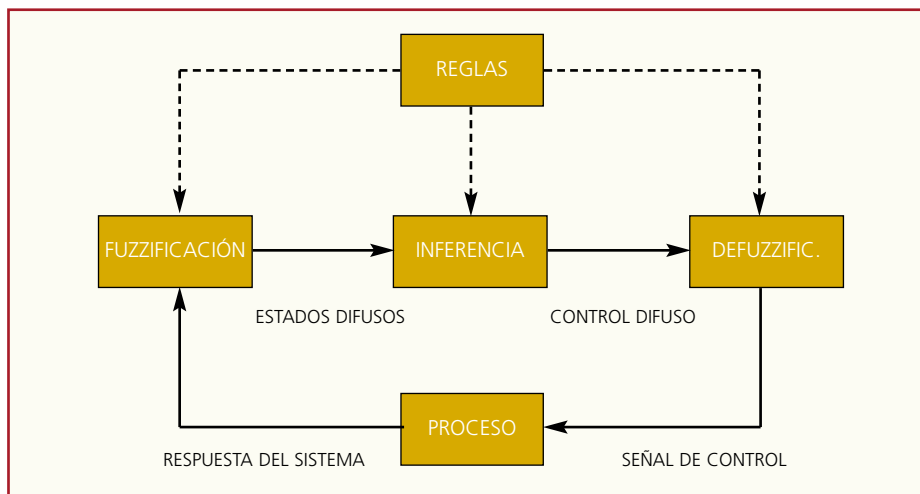
Los sistemas de control difusos se basan en la metodología, propuesta por Mandami, en la que se representan reglas del tipo

Si x es A , entonces z es C

Por ejemplo si la temperatura de la habitación es baja, entonces encienda un poco el calefactor.

Un sistema difuso real, a diferencia del ejemplo mostrado, consta de muchas reglas que deben actuar paralelamente. Por tanto, el control difuso tendrá que tener en cuenta los resultados parciales de cada una





de las reglas, que continúan siendo conjuntos difusos, y realizar una media ponderada con la finalidad de poder enviar una orden al actuador correspondiente.

En resumidas cuentas, en un sistema de control difuso, los datos captados por los sensores se someten a una fuzzificación, es decir se asignan a unas funciones de pertenencia. A estos valores se aplican una serie de inferencias y el resultado difuso, se le asigna un valor numérico (defuzzificación). Las reglas que definen las inferencias pueden ser obtenidas mediante el conocimiento práctico del sistema.

4. APLICACIONES BORROSAS

Las aplicaciones actuales de la lógica difusa abarcan un amplio espectro de campos.

- Reconocimiento de caracteres en videoconsolas.
- Estabilidad y autoenfoco de imágenes en cámaras de video.
- Sistemas de control no lineales.
- ABS.
- Seguridad de reactores nucleares.
- Sistemas expertos de diagnosis médica.
- Control de robots.
- Reconocimiento de voz.
- Inyección electrónica de combustible.

— Optimización de funcionamiento en lavadoras.

Cabe destacar la gran implantación en electrodomésticos, donde las lavadoras difusas y aires acondicionados presentan una mayor sencillez de mando y un rendimiento energético óptimo.

5. EL FUTURO SERÁ DIFUSO

La lista anterior de aplicaciones, que naturalmente no es exhaustiva, se incrementa día tras día. En los problemas donde la lógica convencional falla, la lógica difusa se dispone a presentar batalla. Es decir, cuando los procesos a controlar son altamente no lineales o cuando no disponemos de un modelo matemático adecuado por ser demasiado complejo. Como hemos visto, una de las principales ventajas de la lógica difusa está en el hecho de ser un buen método para representar la naturaleza aproximada del mundo real, de un marcado comportamiento no lineal. ●

6. BIBLIOGRAFÍA

Kosko, Bart, *El futuro borroso o el cielo en un chip*, Editorial Crítica, Barcelona, 2000.

Marks II, Robert, *Fuzzy logic. Technology and applications*, IEEE Selected Conference Papers, New York USA, 1994.

Zadeh, L.A, *Fuzzy sets*, Inf. Control 8, 338-353, 1965.

NOTA

Existe una interesante web <http://www.fuzzytech.com/> donde se puede bajar gratuitamente un entorno de diseño de lógica difusa. Aunque la versión demo no permite la grabación de los proyectos creados, resulta idóneo para el aprendizaje de la tecnología difusa gracias a los ejemplos que lleva incorporados.