《主 題》

퍼지 이론의 개요

박 민 용
(연세대학교 전자공학과)

■ 차 례 ■

Ⅰ. 시작말

과학 기술의 발달로, 현대 사회는 매우 복잡해졌고 이와 함께 사물을 판단하거나 결정하는 과정이 매우 애매하고, 분석하기가 어렵게 되었다. 그런데, 인간의 두뇌는 그러한 애매하고 불확실한 환경속에서, 사물을 판단하고 사고하는 특별한 능력을 지녔다. 즉, 인간은 정확하고, 정량적인 데이타를 요구하는, 수학이나 논리를 기초로 판단하는 것이 아니라, 약간은 부정확하고 정성적인 면을 기초로 판단하는 것이다. 이와 같이, 인간의 사고 과정을 모델링하고 분석할 수 있는 퍼지이론은 1965년 Zadeh교수가 처음 제안한 이래로, 고전적인 수학의 기준에서는 부정확하고, 애매한 모델인 인간의 두뇌작용을 수학적으로 정확하게 표현할 수 있는 개념과 기술의 근간을 이루어왔다. 이러한 퍼지이론적 사고는 Zadeh교수의 두가지 논문 "퍼지 알고리듬(1968)", "복잡한 시스팀의 언어 모델링(1973년)"에 잘 나타나 있다. 그후, Mamdani에 의한 스팀 엔진의 제어를 통해 실증되었다. 다음으로 또 하나의 논문에서, 언어적 모델링은 인간 중심의 시스템이나 혹은 그와 같은 정도로 복잡한 시스템을 모델링하는 방법으로 제안 되었다. 이 방법이 필요한 이유로 Zadeh는 "부적성(不適性)의 원리"를 들고 있다. 이것은 시스템의 복잡함이 증가하여 어느 정도를 넘으면 시스템을 수학적으로 정확하게 기술하는 것은 불가능하다는 것이다. 예를 들어, 정확성을 기하려 하면 시스템 모델의 변수나 파라미터등의 수가 광대하여 시스템의 총체적 특징이 불명확하게 되어 버린다. 그러나, 언어적 모델링은 자연언어를 이용하여 애매한 변수를 규정하고, 시스템의 입출력 관계를 퍼지알고리듬적으로 기술하여 복잡한 시스템을 훌륭하게 모델화할 수 있게 된다. 이러한 퍼지알고리듬은 정보처리, 제어, 패턴인식, 시스템분석, 인공지능, 의사결정, 관리, 평가등의 여러 분야에 응용되고 있다.

본 고에서는 이러한 퍼지집합 이론에 관한 개요를 논하고, 현재의 응용현황에 관하여 소개하고자 한다.

Ⅱ. 퍼지집합

2.1 집합이란

확정된 대상물의 모임을 집합(set)라 하고, 집합을 구성하는 각각의 것을 요소 혹은 원(element 또는 member)이라 한다. 여기서, 확장된 대상물이라는 의미는, 임의의 "것"이 주어질때, 그것이 이 집합의 요소인지 아닌지를 확정할 수 있는 것이다.

x가 집합 A의 요소인 것을 $x \in A$로 나타내고, "x는 A에 속한다" 또는 "A는 x를 포함한다"라고 한다. x가 A의 요소가 아닌 것을 $x \notin A$로 나타낸다. 예를 들어, 집합의 요소의 갯수가 유한개이고, A를 집합명, $a_1, \cdots, a_n$을 A의 요소로 할 때,

$$A = \{ a_1, \cdots, a_n \}$$

로 열거해서 집합을 표현할 수 있다. 그러나, 집합의 요소가 무한개인 연속적인 수치와 같은 경우에는 표현이 힘들다.

의료진단에서의 "고열"이라는 집합을 생각해보자. 먼저 고열이 체온에 해당하므로 30℃－45℃의 범위로 생각할 수 있다. 따라서, 이 경우의 전체집합 U는,

$U = \{ x \mid 30℃ \leq x \leq 45℃ \}$

로 된다. 이 표현방법은 요소를 열거하는 방법과는 달리,

$\{ x \mid P(x) \}$

라는 형을 하고 있다. P(x)라는 조건을 만족하는 x 전체의 모임을 의미하고 있다. 그런데, "고열"이라는 것이 몇 도부터 해당하는지 사람에 따라 다르게 볼 수 있지만, 여기서는 예를들어 무리를 해서 38℃ 이상을 고열이라 가정한다면, 위의 집합의 정의 방법을 이용해서,

고열$= \{ x \mid 38℃ \leq x \}$

로 나타낼 수 있다.

2.2 퍼지집합이란

통상의 수학적인 의미에서의 집합이란 확정된, 즉 그 집합에 속하는지 속하지 않는지가 확실히 판정가능한 대상물의 모임을 집합이라 하지만, 퍼지집합에서는 거기에 속하는지 속하지않는지를 판단할 수 있는 기준이 명확히 정해져 있지않은 대상물로 되어있는 모임을 논의의 대상으로 하는 것이다.

퍼지집합은 특별한 경우에 통상의 집합으로 되지만, 특히 양 쪽을 구별할 필요가 있는 경우 퍼지집합에 대해서 통상의 집합을 비퍼지집합 또는 크리스프 집합(crisp set)이라 한다.

퍼지집합을 자세히 알아 보기위하여 먼저 통상의 크리스프집합을 { }를 사용하지 않고 수식으로 하여 정의해 보도록 하자.

U를 전체집합, U의 어떤 부분집합을 A라한다. 집합 A를 정의하는 것으로 A의 특성함수라는 함수를 사용해서도 정의할 수 있다. 앞으로 A의 특성함수를

λ_A

로 표기하기로 한다. 특성함수라는 것은 전체집합 U의 각각의 요소에 대하여, 0 또는 1의 값을 할당한 함수로

$$\lambda_A : U \rightarrow \{ 0,1 \}$$

로 나타낼 수 있다. 이 때 a라는 요소가, A라는 집합에 속해있는 경우에는

$$\lambda_A(a) = 1$$

속하지 않는 경우에는,

$$\lambda_A(a) = 0$$

이다. 예를들어 앞에서 정의한 것처럼 부분집합 A를 고열이라 할 때, 체온이 36℃이면,

$$\lambda_A(36℃) = 0$$

이 되고, 체온이 40℃일 경우는

$$\lambda_A(40℃) = 1$$

로 된다.

이에 대하여, 퍼지집합은 특성함수를 확장한 개념으로 볼 수 있으며, 그림 1에 나타낸 것처럼 전체집합 U에서, 안과 밖의 경계가 흐릿하여 애매한 부분의 영역을 생각해 보자. 사선은 흐릿한 경계를 나타내고 있다. 이 영역

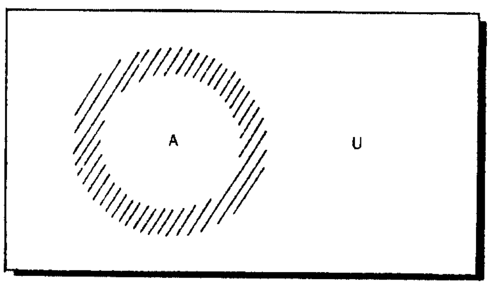


그림 1. U의 애매한 부분집합 A

을 가령 A라고 이름을 붙여보자. 이미 보아왔던 것과 같이 A는 보통의 의미로는 집합이 아니다. 왜냐하면,

U의 어느 요소가 A에 포함되는 것인지 경계가 흐릿하기 때문에 정할 수 없기 때문이다. 하나의 구체적인 예로써

{x는 대략 5인 실수}

를 들 수 있다. 이처럼 애매한 영역을 가진 퍼지집합을 정의해 보면, 전체집합 U에 대해서는 퍼지집합에서도 보통의 집합과 동일하게 생각하고 있다.

전체집합 U의 퍼지집합 A는, 특성함수 대신에, A의 멤버쉽(membership)함수라 부르며,

μ_A

로 표기된 함수에 의해 정의된다. 멤버쉽함수는 전체집합 U의 각 요소에 대하여 0과 1사이의 하나의 값을 그것의 소속도에 따라 할당한 함수로,

$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$

로 표기된다. 이것은 a가 퍼지집합 A에 속한 정도(degree) 또는 등급(grade of membership)을 의미한다. 예를들어 설명하면, 크리스프집합으로 정의한 고열이라는 집합을 고려해 보자. 특성함수를 그림으로 표시하면 그림 2와 같이된다.

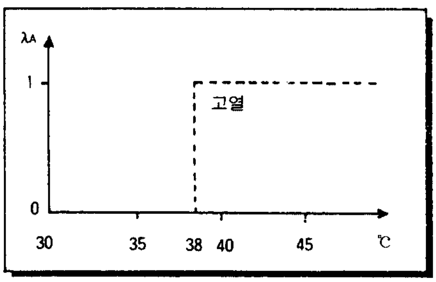


그림 2. 고열의 크리스프집합

이를 퍼지집합으로 표현한다면, 예를 들어, 그림 3과 같이 된다.

그림에서 알 수 있듯이 크리스프집합에서는 38℃보다 조금 낮은 37.9℃일 경우에 고열이 아니다라고 판단되므로 문제가 된다. 그러나, 퍼지집합의 경우에는 $\mu_A(38.5℃)=1$로 되고, 37.9℃의 경우에는 μ_A

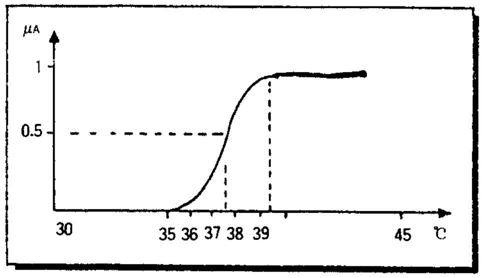


그림 3. 고열의 퍼지집합

(37.9℃)=0.82로 고열이라 말할 수 있는 가능성이 높다고 할 수 있다. $\mu_A(37.5℃)=0.5$이며, 온도의 변화에 따라 멤버쉽함수의 값이 서서히 변화하고 있다.

이 상과 같이, 퍼지집합이란 요소가 그 집합에 속하는 정도가 0과 1사이의 수치로 표현되므로, 그 정도는 그 퍼지집합의 멤버쉽함수에 의해 나타난다. 따라서, 퍼지집합은 그 집합의 이름과 그의 멤버쉽함수와의 혼합물로 퍼지집합 A를 나타내기위하여 요소 a와 그 등급값 μ_A에 의한 표현법이 있다. 즉,

$A = \{(a, \mu_A(a)\}, a \in U$

이다. 또 퍼지집합의 표현법으로 다음과 같이 표기법도 사용되고 있다.

유한집합인 경우, 집합이라하고 그 요소를 $a_1, \cdots, a_n$라 할 때, U에 관한 어떤 퍼지집합을 A라 할 경우

$A = \mu_A(a_1) / a_1 + \mu_A(a_2) / a_2 + \cdots \mu_A(a_n) / a_n$

로, 간략화 해서

$A = \sum_{i=1}^{n} \mu_A(a_i) / a_i$

와 같이 나타낸다. 여기서, /은 나눗셈의 기호가 아니고, /의 오른쪽이 요소를, 왼쪽이 멤버쉽함수의 값을 나타내며, +는 덧셈을 나타내는 것이 아니고, "또는(or)"를 의미하며, Σ에 대해서도 마찬가지이다.

한편, 통상의 집합의 표기법과 유사한 다음과 같은 방법도 생각할 수 있다.

$A = \{ \mu_A(a_1) / a_1, \mu_A(a_2) / a_2, \cdots , \mu_A(a_n) / a_n \}$

U가 연속집합인 경우에는

$$A = \int_U \mu_A(a)\,/\,a$$

로 표현된다. 이 경우에도 적분기호 $\int$은 적분을 나타내는 것이 아니라 앞에서의 $\sum$를 확장한 기법으로 생각하면 된다.

그리고, 전체집합의 연속적인 수치의 경우, 실제적으로 집합의 표현에는 어려운 점이 있으므로, 보통 직선이나 특수한 함수와 같이 전체집합의 변수와 멤버쉽함수의 값이 특수한 관계에 있는 것으로 하여 근사한 방법이 사용되고 있다.

2.3 퍼지집합의 연산

퍼지집합에 대한 기본적인 연산은 통상의 집합의 연산의 자연스러운 확장으로 논의할 수 있다.

ㅇ퍼지집합의 상등

X에 대한 두 퍼지집합 A,B가 같다(equal)라는 것은 A = B라 쓰고, 다음과 같이 정의된다.

$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x),\ \forall x \in X$

ㅇ퍼지집합의 포함관계

집합 A,B에 있어서, A가 B에 포함된다(contained), 또는 A는 B의 부분집합(subset)이라는 것은 $A \subseteq B$라 쓰고, 다음과 같이 정의된다.

$A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x),\ \forall x \in X$

ㅇ퍼지집합의 여집합

퍼지집합 A의 여집합(complement)은 $\bar{A}$라 표기하고, 다음식으로 정의한다.

$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x),\ \forall x \in X$

ㅇ퍼지집합의 합집합

퍼지집합 A,B의 합집합(union)은 $A \cup B$라 쓰고, 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} A \cup B \Leftrightarrow \mu_{A\,B}(x) &= \max\{\mu_A(x),\ \mu_B(x)\} \\ &= \mu_A(x) \vee \mu_A(x),\ \forall x \in X \end{aligned}$$

ㅇ퍼지집합의 교집합

퍼지집합 A,B의 교집합(intersection)은 $A \cap B$라 쓰고, 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} A \cap B \Leftrightarrow \mu_{A\,B}(x) &= \min\{\mu_A(x),\ \mu_B(x)\} \\ &= \mu_A(x) \wedge \mu_A(x),\ \forall x \in X \end{aligned}$$

이상의 정의에 기초한 퍼지집합의 성질은 크리스프집합에서와 마찬가지로 아래와 같은 사항이 성립한다.

ㅇ교환법칙(commutative law)

$A \cup B = B \cup A,\ A \cap B = B \cap A$

ㅇ결합법칙(associative law)

$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C,\ A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$

ㅇ배분법칙(distributive law)

$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C),$

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$

ㅇ2중부정(law of double negation)

$\bar{\bar{A}} = A$

ㅇ드 모르강의 법칙(De Morgan's laws)

$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$

$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$

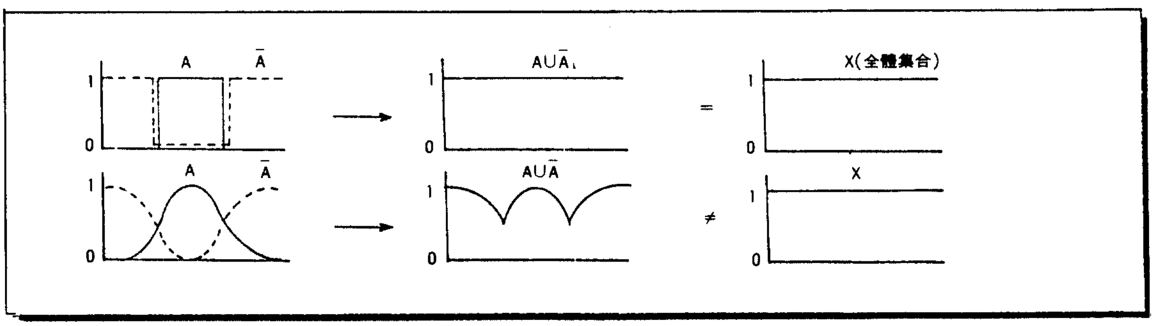


그림 4. 배중률

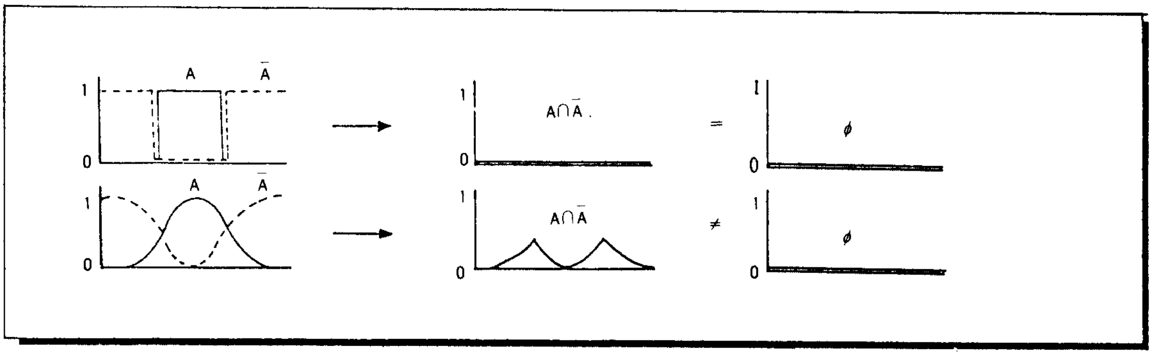


그림 5. 모순률

그러나, 크리스프집합에서는 성립하지만 퍼지집합에서는 일반적으로 성립하지 않는 성질은 다음과 같다.

배중률(law of the excluded middle, $A \cup \bar{A} = X$), 모순률(law of contradiction, $A \cap \bar{A} = \phi$)이 일반적으로는 성립하지 않는다.

즉, 일반적으로

$$A \cup \bar{A} \neq X$$
$$A \cap \bar{A} \neq \phi$$

이다.

2.4 퍼지추론법

퍼지제어규칙 $R^i(i=1,\cdots,n)$을 일반적으로 나타내면

R^i : if x_1 is A_{i1} and x_2 is A_{i2} then y is B_i,
$i=1,2,\cdots,n$

으로 된다. 여기서, i는 제어규칙의 번호이고, x_1, x_2는 전반부 변수, y는 후반부변수라고 한다. A_i, B_i등은 여러가지의 퍼지집합으로 나타내어지기 때문에 퍼지변수라고 불리워지기도 하지만, 실제로는 변수 x,y가 취하는 퍼지값이라고 생각하면 된다.

예를들어 다음과 같은 전제 1, 2에서 결론을 추론하여보자.

전제 1	If x is A then y is B
전제 2	x is A'
결　론	y is B'

$$B' = (A \rightarrow B) \circ A'$$

로 부터 직접 구하도록한 방법이다.

이때, Mamdani의 방법

$$R = A \rightarrow B = A \times B$$
$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y)$$

에 따른 추론결과 B'의 멤버쉽함수는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}\mu_{B'}(y) &= \max_x[\mu_R(x,y) \wedge \mu_{A'}(x)] \\ &= \max_x[\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)) \wedge \mu_{A'}(x)] \\ &= [\max_x[\mu_A(x) \wedge \mu_{A'}(x))] \wedge \mu_B(y) \\ &= \omega \wedge \mu_B(y)\end{aligned}$$

여기서, $\omega = \max_x[\mu_A(x) \wedge \mu_{A'}(x))$이다.

따라서, n개의 퍼지규칙 $R^i(i=1,\cdots,n)$가 or로 결합되어 있는 경우에 퍼지관계의 합성규칙에 의거한 추론법은 다음과 같다.

R^1 : if x_1 is A_{11} and x_2 is A_{12} then y is B_1
or
R^2 : if x_1 is A_{21} and x_2 is A_{22} then y is B_2
or
R^i : if x_1 is A_{i1} and x_2 is A_{i2} then y is B_1
R^n : if x_1 is A_{n1} and x_2 is A_{n2} then y is B_n

이때 i번째의 제어규칙은 x_1, x_2, y의 공간을 각각 X_1, X_2, Y로 하면, i번째 제어규칙 R^i는, 각각 $X_1 \times X_2 \times Y$에 대한 퍼지관계 R_i에 의해

$$(x_1, x_2, y) \text{ is } R_i$$

으로 나타낼 수 있다. R_i의 표현으로서 Mamdani의 방법에 따르면,

$$R_i = (A_{i1} \times A_{i2}) \times B_i$$

으로 된다. 여기서, $R_1, R_2, \cdots R_n$은 or로 결합되어 있기 때문에 n개의 제어규칙 전체로서는

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \cdots \cup R_n = \bigcup_{i=1}^{n} R_i$$

으로 된다. 지금 입력을 A_1°, A_2°라고 하면, 출력 B°는

$$B^\circ = R \circ (A_1^\circ \times A_2^\circ)$$

로 되고, 그 멤버쉽함수는 다음 식으로 주어진다.

$$\mu_{B^\circ}(y) = \max_{x1,x2} [\mu_R(x_1,x_2,y) \wedge \mu_{A1^\circ}(x_1) \wedge \mu_{A2^\circ}(x_2)]$$

그런데, 플랜트의 제어에서는 제어를 위한 정보를 주는 전반부변수 x_1, x_2등은 확정된 값으로 관측되는 것이 보통이다. 이 처럼 확정된 값으로 전반부 변수 x_1, x_2의 관측값을 x_1°, x_2°로 하자.

이 경우 μ_{A1°와 μ_{A2°를

$$\mu_{A1^\circ}(x_1) = \begin{cases} 1 & x_1 = x_1^\circ \\ 0 & x_1 \neq x_1^\circ \end{cases}$$

$$\mu_{A2^\circ}(x_2) = \begin{cases} 1 & x_2 = x_2^\circ \\ 0 & x_2 \neq x_2^\circ \end{cases}$$

로 하면, x_1°, x_2°는 퍼지집합의 특수한 경우이므로

$$\mu_{B^\circ}(y) = \mu_R(x_1^\circ, x_2^\circ, y)$$

와 같이 간단히 된다.

따라서,

$$\mu_R(x_1^\circ,x_2^\circ,y) = \mu_{R1}(x_1^\circ,x_2^\circ,y) \vee \mu_{R2}(x_1^\circ,x_2^\circ,y) \vee \cdots \vee \mu_{Rn}(x_1^\circ,x_2^\circ,y)$$

$$\mu_{Ri}(x_1^\circ,x_2^\circ,y) = \mu_{Ai1}(x_1^\circ) \wedge \mu_{Ai2}(x_2^\circ) \wedge \mu_{Bi}(y)$$

와 같이 쓸 수 있다.

여기서, 퍼지규칙의 전반부에 얼마만큼 적합한지를 나타내는 적합도 ω_i를

$$\omega_i = \mu_{Ai1}(x_1^\circ) \wedge \mu_{Ai2}(x_2^\circ)$$

로 정의하면, 결국

$$\mu_{B^\circ}(y) = [\omega_1 \wedge \mu_{B1}(y)] \vee [\omega_2 \wedge \mu_{B2}(y)] \vee \cdots \vee [\omega_n \wedge \mu_{Bn}(y)] = \max_i [\omega_i \wedge \mu_{Bi}(y)]$$

와 같이 간단한 형태로 표현된다.

위식에서 i번째 항 $\omega_i \wedge \mu_{Bi}(y)$는 i번째 규칙에 대한 추론결과이다. 즉,

$$\mu_{Ri}(x_1^\circ,x_2^\circ,y) = \omega_i \wedge B_i(y)$$

로 되고, 여기서 다음의 멤버쉽함수를 갖는 퍼지집합 B_i^*를 정의하자.

$$\mu_{Bi^*}(y) = \omega_i \wedge \mu_{Bi}(y)$$

이때, 추론결과 B°는

$$B^\circ = B_1^* \cup B_2^* \cup \cdots \cup B_n^* = \bigcup_{i=1}^{n} B_i^*$$

로 된다.

퍼지추론에서는 추론결과 B°를 구하면 끝나지만, 제어에서는 플랜트의 조작량으로 퍼지집합 B°를 출력해서는 플랜트를 실제로 동작시킬 수 없다. 따라서, 추론결과를 적절히 해석함으로써, 어떤 하나의 확정값으로 변환해서 조작량을 결정할 필요가 있다. 퍼지제어에서는 보통 B°를 다음과 같이 해석하여 하나의 수치 y°로 변환한다.

$$y^\circ = \frac{\int \mu_{B^\circ}(y) y \, dy}{\int \mu_{B^\circ}(y) \, dy}$$

또는, 이산형으로 표현하면 다음과 같다.

$$y^\circ = \sum_{i=1}^{n} y_i \mu_{B^\circ}(y_i) \Big/ \sum_{i=1}^{n} \mu_{B^\circ}(y_i)$$

퍼지제어에서는 이와 같은 확정값으로 변환하는 부분을 해석부라 부르고, 퍼지추론결과의 비퍼지화(defuzzification)라 한다. 위와 같은 퍼지제어에 대한

퍼지추론법은 퍼지관계의 최대-최소(max-min)합성 규칙에 따라 추론결과의 중심을 구하고 있으므로, 최대-최소합성중심법이라 한다. 이 밖에도 퍼지집합 B° 의 해석법이 몇 가지가 있으나, 그 중에서 최대-최소 합성중심법이 양호한 결과를 주는 것으로 알려져 있다.

이상의 추론과정을 예를들어 설명해보자. 자동차를 운전할때 가속페덜과 브레이크를 밟는 동작을 수학적으로 모델링하려면 고도의 수학적 지식이 필요한데 커브길을 돌때는 더욱 힘든 상황이 된다. 이것을 사람이 제어하는 방식, 즉 퍼지이론을 이용하여 모델링한다면 비교적 쉽게 해결할 수 있다. 여기서 제어대상은 커브를 돌때 자동차의 속도로 한다. 입력으로 받아 들이는 것은 커브까지의 거리와 자동차의 속도이고 출력은 가속패덜을 밟는 양으로 한다. 여기서는 간단한 퍼지규칙만을 작성한 예는 아래와 같다.

R1 : IF DIST is near AND VELO is fast THEN ACC is low
R2 : IF DIST is far AND VELO is slow THEN ACC is high
(DIST : 커브까지의 거리, VELO : 자동차의 속도, ACC : accel.을 밟는 양을 표시하고, near, far, fast, slow, low는 퍼지집합을 의미한다).

아래에서 현재 DIST가 120m이고 VELO가 25Km / h 일때의 추론 방식을 그림으로 나타냈다.

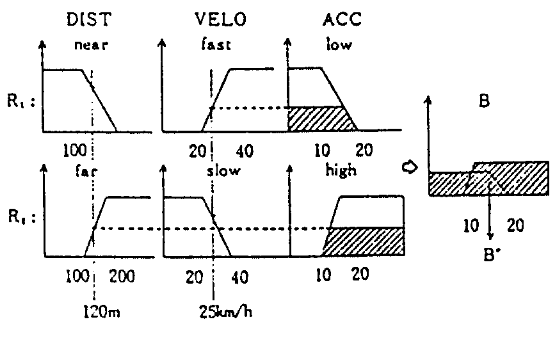


그림 6. 퍼지추론의 예

결과적으로 최대-최소(MAX-MIN)과정을 거친 후 이를 무게중심법을 이용하여 구하면 가속패덜을 밟는 양 B°가 구해진다.

Ⅲ. 퍼지이론의 실용화 사례

현재, 퍼지이론이 실제로 응용되는 것은 크게 다음과 같다.

(1)언어로 표현되어 있는 지식을 퍼지집합으로 표현하여 컴퓨터가 상식, 전문가의 지식 등 인간의 주관이 적극적으로 다루어지게 되었다.

(2)확률론적인 척도보다도 느슨하고, 보다 인간의 판단에 가까운 가능성 이론적인 척도를 이용한다. 퍼지적분 등에서는 이것을 기초로해서 확률론에서는 너무 복잡하여 곤란한 판단이나 진단이 가능하게 되었다.

(3)의미론적인 추론인 퍼지추론을 이용한다. 이에 따라, 아주 복잡한 추론이나 애매하거나 다소 자기모순적인 전제로 부터도 추론을 할 수 있게 되었다.

퍼지이론의 응용 사례 가운데 몇가지 구체적으로 실용화되고 있는 것을 표 1에 정리하여 나타낸다.

현재까지 개발된 퍼지시스팀은 주로 일반적인 산업분야에 대부분 응용되고 있다. 그림 7에 퍼지추론에 필요한 연산속도와 추론규칙수의 관계를 나타낸다. 그리고, 퍼지시스팀을 중심으로 응용되고 있는 분야를 그림으로 나타내면 그림 8과 같다.

현재로서는 인간과 기계가 상호 연관된 분야를 중심으로 활발히 응용되어가고 있지만, 앞으로는 인간과 인간 사이에 관련된 분야로 그 응용이 파급될 것이다. 그러므로, 수 년 이내에 인문·사회 분야에서도 퍼지시스팀의 응용은 매우 중요한 위치를 차지하리라 본다.

Ⅳ. 전　망

현대사회는 여러가지 의미에서 정보화 사회로 되었다. 산업분야에서는 물론이고, 복잡하고 거대한 시스팀의 합리적인 운영에도 정보처리가 없어서는 않되고, 그 밖의 분야, 예를 들어 교통, 통신, 의료, 교육,

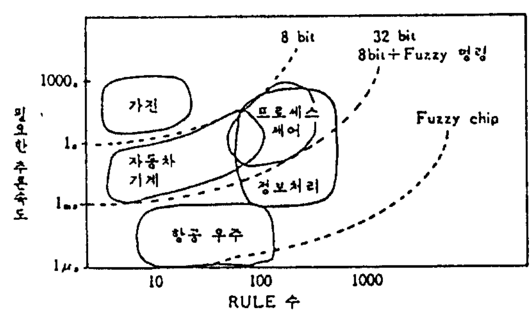


그림 7. 연산속도와 추론규칙수와의 관계

표 1. 실용화 사례

업 계	응용 분야(*는 연구중, %는 최신정보)
가 정 용 품	공조장치 / 온수기 / 청소기 / 세탁기 / 전기밥솥 / 냉장고 / 전자조리기 / 석유난방기 / 튀김용렌지 / 비디오카메라 / 텔레비전(화면 밝기 및 화질을 최적으로 조정) / 공정 청정기 / 조명시스팀 / 포단 건조기 / 청소로보트(*) %다리미(코드레스로 옷감의 상태에 맞추어 작동) %환풍기(진동개념을 포함한 지능화)
광 학 기 계	카메라의 촛점제어(Auto-Focus) / 자동추미장치 / 자동조리개제어(Auto-Iris) / 전자현미경의 화상분석(*)
의 료 기 기	%신체장애자용 휠체어(운전자의 목소리로 움직인다) / 건강관리 시스팀 / 의료교정 평가시스팀 / 의료진단기기 / 백 혈구 검사장치 / 외래환자 관리시스팀 / 갑상선암의 화상 검진 시스팀
자 동 차	자동주행제어 / 연소제어 / 자동차 변속기 제어 / 카오디오(오토사운드 트리머)
전 차 차 량	자동운행시스팀(센다이지하철. 히타치 제작소) / 차량안전제어 / 전차차량용공조기
건설, 빌딩용	기중기의 안정제어 / 기중기의 자동차운전 / 유압 쇼벨 / 터널의 굴착기계(실드 공법) / 엘리베이터의 최적제어 / 엘리베이터의 대기시간 제어 / 흡수 냉온수기 / 빌딩공조 시스팀 / 크레인의 조종제어 / 콘크리트의 분열 검진 시스팀
선 박	%위성방송 자동추적 안테나 자동 조항 시스팀(소형보트용) / 연결작업의 안정제어
OA 기기	펜플로터 컬러(직선과 곡선의 인자를 최적화) 복사기 / 컬러 복사기(*인간의 감성을 고려한 색재현) / 컬러 프린터(*) / 컬러 디스프레이(*)
전자제어 부품	%광학 터치 판넬(퍼지로 읽어냄) / 온도조절기 / 퍼지 프로그램 콘트롤러 / 밸브 개폐제어
섬유, 기계	장력제어 / 발송제어 / 조강제조기계
식품, 화학 제 약 공 업	술제조공정 / 화학첨가 합성공정 / 염색시스팀 / 보일러제어 / 과자제조기계 / 글루타민산의 발효제어 / 당분유출 프로세스 제어 / 실리카켈 원료의 건조제어 / 밸브개폐제어
중 공 업 플 랜 트	전기장의 제어 / 시멘트. 킬른 / 시멘트원료조합기 / 소자공장 노관리 / 종이간격 조정장치 / 연기터어빈용 진동검진 장치
공 공 시 설	정수장의 약제살포제어 / 댐관리시스팀 / 터널의 환기제어 / 소각장의 연소제어 / 상수도 배수 관리제어
전력, 가스	송전선조사 / 전력수요관리 / 원자로의 이상검진 시스팀 / 가스정제 플랜트제어
서비스 관련	공공교통의 운행관리 / 현금자동지급기의 지폐제어
자 동 화	방전가공기(방전현상의 최적제어) / 레이저 용접기 / 공작기계의 고장진단 시스팀 / 납땜 검사시스팀 / 베어링제조장치의 고장진단 / 프라스틱 성형기제어 / 못빼는 로보트 / 연막가공제어 / 레이저 절단기 / 절삭면의 평가시스팀 / LED의 결정성장제어 / 스퍼터링 제어
전 문 가 시 스 팀 인 식 기 술	%해석 소프트(소비자 동향분석 등에 유효) / 시장조사 / 음성인식(뉴로와 융합 특정화자단어 95% 인식가능) / 관광 루트 안내 시스팀 / 손으로 쓴 문자인식 / 교량설계 지원 시스팀 / 투자신탁 시스팀 / 핵융합 장벽설계 지원시스팀 / 문헌검색 / 위찬매매 의사결정 지원시스팀 / 지진예견시스팀(*) / 진도평기시스팀(*) / 이미지캐릭터의 선전시스팀 / 화상인식(*) / 번역시스팀(*) / 경영의사결정시스팀(*) / 인사관리(*) / 능력관리(*) / 도시계획(*) / 날씨정보(*)
항공.우주	로케트의 자세제어 스페이스셔틀의 접합, 착지제어 스페이스셔틀의 탈출판단 항공기의 이착륙제어, 항공기의 자세제어
농 림 수 산 관 련	묘선별시스팀(7형상선별) 농약살포시스팀 / 목재의 품질판정 / 지배관리시스팀 / 어획수역판단 / 묘목재배제어
기 타	화재경보시스팀 / 방범시스팀 / 인체센서 / 게임(*) / 최적골프글러브선택시스팀 / 작곡지원시스팀

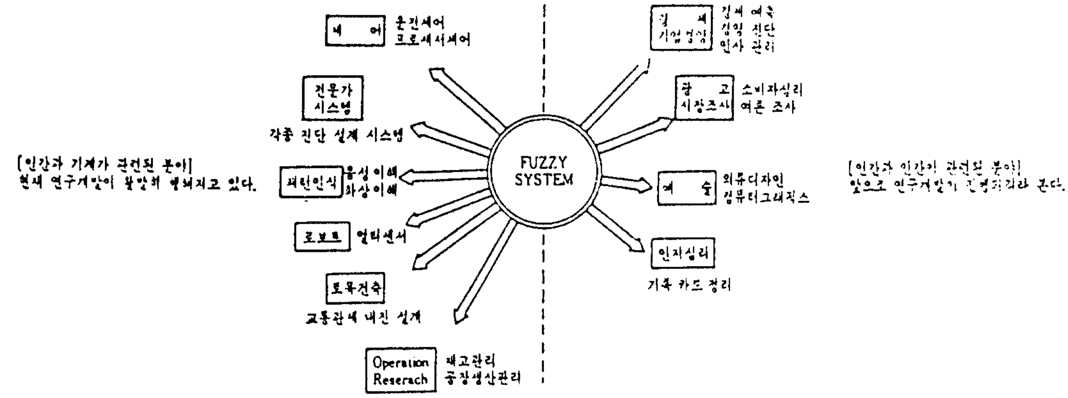


그림 8. 퍼지시스템 응용 분야

환경, 기상, 경제, 외교, 행정 등 여러 방면에서 정보의 적극적인 이용이 늘어나고 있다. 이것은 컴퓨터에 의한 대량정보의 고속처리가 가능하게 되고, 통신기술이나 매스미디어가 발달한 결과이다. 그러나, 이와 같이 대량의 정보를 쉽게 받아들일 수 있는 것은 다른 한 편으로는 다른 문제를 일으킨다. 즉, 엄청난 정보에 의해서 사용자가 정말로 원하는 정보인지를 아닌지를 모르게 되어버린 것이다. 문제가 좀 다르긴 하지만 과학이나 기술에서도 이와 유사한 경향이 발생하고 있다. 즉, 학문이 나아가면 나아갈수록 특정한 전문 분야로 분화되어 각각의 전문가는 다른 분야의 문제를 이해하지 못하게 되어버렸다.

따라서, 여러 분야에 걸친 복잡한 문제를 해석하는데는 전체를 훑어보고 해결의 실마리가 어디에 있는지를 찾아내는 힘이 필요하다. 책임이 있는 지 위에 있는 많은 사람은 이와 같은 문제에 자주 직면하게 된다. 하지만 지금의 지식공학은 미크로문제만을 다루고 있어 매크로문제에 대해서는 완전히 무기력하다고 볼 수 있다. 현재 매크로문제에 대해서는 인간의 경험적 지식에 의존하여 판단할 수 밖에 없다. 이러한 매크로지식은 많은 미크로지식의 집합이라고도 할 수 있지만, 단순한 집합이 아니라 모아서 일단은 깊은 의미를 갖도록 승화된 것이다. 그러므로, 추상적이고 개념적으로 미크로한 해석을 하면 모순으로 가득차게 된다. 매크로지식을 사용하는 경우에도 어느정도 정성적인 추론과 탄력적인 해석이 필요해서 세세한 논리에 구애받아서는 않된다. 이와 같이 정성적인 추론을 하는데는 퍼지이론이 적합하다.

퍼지이론의 미래에의 응용으로써

- ㅇ 미래형 컴퓨터로 응용
- ㅇ 인간다운 인공지능의 실현
- ㅇ 퍼지에 의한 고도의 지적제어의 실현
- ㅇ 뇌 신경계에 있어서의 정보처리기구의 해명과 공학적 실현
- ㅇ 자연현상, 농업, 환경분야 등의 응용
- ㅇ 사회과학 분야의 응용
- ㅇ 퍼지 데이터 베이스의 응용

을 들 수 있다. 그리고 당면 연구과제로써 다음 6개의 항목을 들 수 있다.

1)기초적 연구

퍼지개념, 퍼지추론, 다치논리로써의 정리, 통일적 논리의 확립(퍼지이론의 체계화)등

2)퍼지 컴퓨터에 관한연구

고성능 컴퓨터로써 퍼지 시스템의 적용, 퍼지 OS 개발, 퍼지 컴퓨터의 아키텍처 개발, 고성능 퍼지 컴퓨터 소자개발 등

3)기계의 지능화

적응제어와 학습제어등의 지적제어, 환경제어, 유현한 사고및 동작을 하는 컴퓨터등, 의미 이해등

4)인간 · 기계계

인간상호의 인터페이스 해명, 유연한 인간의 맨-머쉬(man-machine)인터페이스 개발, 자연언어처리, 퍼지 데이터 베이스, 퍼지 전문가 시스템등

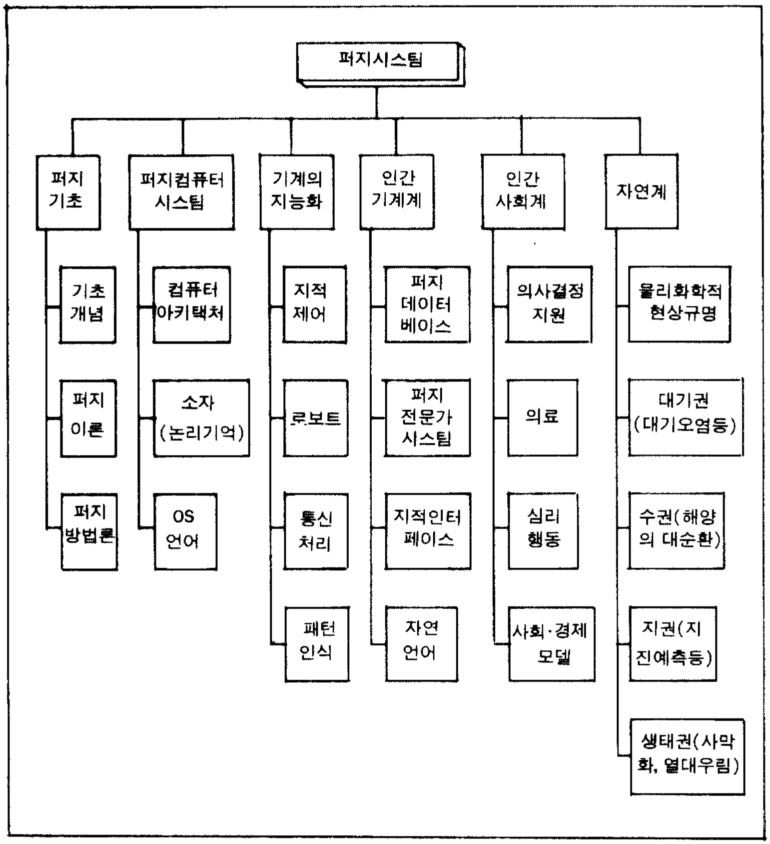


그림 9. 퍼지시스템의 연구분야와 과제

5)인간사회계

인간의 행동및 심리해석, 경제동향및 사회현상의 모델화 예측, 의사결정 지원, 위험예측, 안정평가, 의료의 응용등

이와 같은 앞으로의 퍼지이론 시스템의 연구분야와 과제를 체계화하여 나타낸 것이 그림 9이다.

V. 맺음말

퍼지이론이 나온지 약 27년이 되었으나, 이의 산업적 응용은 최근에 와서야 구체화되었다. 특히, 일본에서는 각종 가전제품에 퍼지이론을 응용하여 십수%의 에너지절약과 편리성을 도모하고 있다. 또한, 산업전반의 응용은 물론 증권결정, 퍼지 데이터베이스구축, 마케팅계획 등 경제 및 사회과학분야에 까지도 응용이 되어가고 있다. 그리고, 최근에는 뉴럴네트워크와 퍼지이론을 접목하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 국내에서는 퍼지이론의 응용이 관심만큼 활발하지는 못한 상태이다. 최근 수학, 제어, 논리, 언어분야에서 관심을 갖고 연구해오고 있으며, 재작년부터 대기업의 가전업계를 중심으로 퍼지이론의 산업응용에 대한 파급효과에 관심을 갖고 퍼지에 의한 세탁기, 캠코더, 비디오 등의 제품의 개발이 증가하고 있다.

이와같이 퍼지연구의 미래의 밝지만 앞으로 극복해야할 문제도 그만큼 많다. 순수한 이론연구는 사회적인 필요성과는 관계가 없지만, 이론이 응용의 근원이기 때문에 아주 중요한 문제라는 것은 말할 필요도 없을 것이다. 따라서, 기존의 수학과 비교해서 이론체계의 불비함을 갖추게하고 새로운 확장개념을 창안해내는 것에 전념하여야 한다.

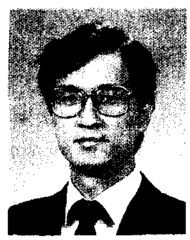
또한 이론연구보다도 휠씬 어려운 것이 매크로지

식을 다루는 구체적인 방법론의 개발이다. 예를 들어, 미크로정보를 모아서 그의 클러스터링을 하고 클러스터의 특징을 추출해서 매크로정보로 변환하는 방법의 확립이 기대된다. 또, 퍼지추론을 거듭해가면 애매함이 점점 증가해가지만 인간은 매크로추론을 해도 결론은 반드시 애매한 것은 아니다. 이것은 인간의 뇌에서는 목적에 비추어서 불필요한 정보를 걸러내는 여과작용이 있기때문일 것이다. 이러한 기능을 보강하지 않으면 실용적인 퍼지로 발전하기는 어려울 것이다. 이 밖에 매크로지식은 의미내용이 깊고 다면적이기때문에 그 해석은 미크로지식보다 훨씬 어렵다. 따라서, 퍼지의미론의 연구도 필요하다.

국내에서도 이 분야에 뜻이 있는 연구자들이 모여서 퍼지이론 및 응용에 관한 여러종류의 연구모임을 조직하였다. 앞으로도 퍼지이론의 응용은 계속 발전할 것이고, 이와함께 국내 학자들의 연구도 활발히 진행되리라 생각한다.

참 고 문 헌

1. M.Sugeno and M.Nishida, "Fuzzy control of model car," in Fuzzy Sets and Systems 16, pp.103-113, Elservier Science Publishers B.V., North Holland, 1985.
2. 菅野道夫, ファジィ制御, pp.7-107, 日刊工業新聞社, 1989.
3. M.Sugeno et al., An Experimental Study on Fuzzy Parking Control Using A Model Car in M.Sugeno ed. Industrial Applications of Fuzzy Control, North-Holland, NY, 1985.
4. K.Hirota, Fuzzy control and AI Robot, McGraw-Hill Book Co., Japan, 1985.
5. E.H.Mamdani, "Applications of Fuzzy Algorithms for Control of a Simple Dynamic Plant," Proceedings of IEEE, Vol.121(1974), pp.1585-1588.
6. P. J. King and E. H. Mamdani, Aplication of fuzzy control system to industrial process.Automatica,13(3) : 235-242, 1977.
7. M.Sugeno., Industrial Applications of Fuzzy Control, North-Holland, 1985.
8. George J.Klir, Tinal A. Folger, "Fuzzy Set Uncertainty, and Information," Prentice-Hall International Adition, 1988.
9. H.J.Zimmermann, "Fuzzy Set Theory And Its Application," Kluwer-Nijhoff Publishing, 1986.
10. Abraham Kandel, "Fuzzy Techniques in Pattern Recognition," A Wiley-Interscience publication, 1982.
11. James C. Bezdek, "Analysis of Fuzzy Information," CRC press, vol.3, pp.81-214, 1987.



박 민 용

- 1950年 9月 6日生
- 1973年 : 延世大學校 工科大學 電子工學科(工學士)
- 1977年 : 延世大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
- 1982年 : 日本 東京大學 電子工學科(工學博士)
- 1977年～1982年 : 日本 東京大學 醫用電子硏究室
- 1982年 3月～1982年 8月 : 美國MIT & BERKELY 硏究所
- 1982年～現在 : 延世大學校 電子工學科 副敎授