

가전제품에서의 퍼지 이론의 응용과 전망

韓炳完, 鄭炳善
(株)金星社 家電研究所

I. 서론

이제는 주지(周知)의 사실이지만 퍼지 이론은 1965년 미국의 L.A.Zadeh 교수가 처음으로 제안한 이래로 여러 분야에 응용되어왔다. 현재, 시스템 제어, 정보처리 분야는 물론이고 경제학, 사회학 그리고 심리학등의 분야에까지 그 응용 분야를 넓혀 나가고 있다.

사실 퍼지 이론은 다분히 정량적인 사고를 요하는 수학적 이론으로는 해결하기 어려운 문제 즉, inverse-pendulum 이나 커브길에서의 속도를 제어하고, 정확한 주차 위치를 요하는 전철의 자동운전등의 문제는 정성적인 사고로 판단하는 전문가의 제어 방식을 모델링함으로써 더 정확한 결과를 얻고 있다. 그것은, 퍼지 이론의 응용이 이론적인 접근으로 실현되기 보다는, 실제 실험을 통한 접근으로 실현되는 면이 많기 때문이다. 현재 학술지에 발표되는 논문이 이론적인 것보다는 실생활에 응용한 논문이 많다는 것을 보아도 알 수 있다.

퍼지 이론의 실용 가능성을 처음으로 실증한 사람은 일본의 Mamdani 교수로 1970년 대에 스팀 엔진(steam engine)의 실험으로 응용 가능성을 실현하였다. 그후, 퍼지 이론은 1980년 대에 들어서 일본의 많은 가전 응용 제품으로 꽃을 피웠다. 지금은 거의 모든 가전 제품이 퍼지 응용 제품화 되어 가히 퍼지의 전성기라 할 수 있다. 우리나라의 실정은 1990년에 들어서 퍼지 이론에 관심을 보였고, 90년 말부터 그것의 응용 제품이 나오기 시작하고 있다.

본고에서는 퍼지 이론의 개요를 기존 이론과의 차이를 통해 설명하고, 또 가전 제품에의 응용과 향후 가전 제품의 응용을 위한, 뉴럴(neural)과 퍼지 이론을 결합한 뉴로 퍼지 이론의 설명으로 결론을 맺으려 한다.

II. 퍼지(Fuzzy) 이론

1. 퍼지 집합의 특징

퍼지 집합이란 집합에 속하는 member를 확실히 구분할 수가 없는 집합을 말한다. 예를들어 A="5에 근접한 실수"라는 퍼지 집합은 다음과 같이 순서쌍으로 표현된다.

$$A = \{(x, \mu(x)) : x \in X\} \quad (1)$$

$$\mu_A(x) = (1 + (x-5)^2)^{-1} \quad (2)$$

여기서, $\mu_A(x)$ 는 소속함수(memberhip function)를 나타내고, 그림으로 표현하면 아래와 같다.

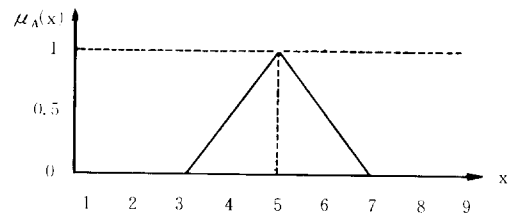


그림 1. "5에 근접한 실수"의 소속함수

기존의 집합과의 차이점은 집합을 규정하는 특성 함수(즉, membership function)이 0과 1사이에 고르게 분포되는 특징이 있다. 즉, 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$\mu_A(x) : A \rightarrow \{0, 1\} \dots\dots\dots \text{기준의 집합} \quad (3)$$

$$\mu_{A'}(x) : A' \rightarrow [0, 1] \dots\dots\dots \text{퍼지 집합} \quad (4)$$

퍼지 집합의 장점은 Crisp 집합이 표현하기 어려운 애매한 문제를 쉽게 설명할 수 있다. 예를 들어, “오늘 날씨가 맑은가?” 라는 문제에서 Crisp 집합의 경우는 하늘에 구름이 몇% 있을때 맑다는 등을 상세하게 정해주어야 결론을 내릴수 있다. 그러나, 퍼지 집합은 하늘에 구름이 적으니까 맑다는 결론을 쉽게 내리게 된다. 이러한, 이유로 퍼지 집합은 시스템의 모델이 복잡한 경우에도 쉽게 제어할 수가 있다.

현재, 모든 시스템의 예측을 위해서는 주로 확률을 사용하여 결정을 내리고 있다. 그러나, 통계처리를 할 수 없거나, 할 수 있어도 정확한 확률을 위해서는 샘플수를 많이 취해야 하는 경우에는, 아무래도 확률가지고는 부족하다는 감이 든다. 사실, 통계 처리를 하는 것이 현재는 가장 정확하다고 할 수 있지만, 전술(前述)한 문제를 위해서 가능성이라는 개념을 도입하게 된다. 전문가의 충분한 경험을 바탕으로 예측한 가능성은 확률보다 정확하다고도 할 수 있다. 쉽게 얘기해서, 결국 이러한 가능성은 퍼지 집합에서의 소속함수가 되기 때문에 퍼지 이론의 장점이 되는 것이다. 즉, 확률적 처리가 불가능한 시스템에서도 퍼지 이론을 이용하면 간단히 처리된다.

2. 퍼지 추론

퍼지 추론은 근사적 추론(approximate reasoning)이라고 하는데, 다음의 예에서 그 특징이 잘 나타난다.

$A \rightarrow B$	IF a tomato is red THEN the tomato is ripe.
A'	This tomato is <u>very</u> red
B'	This tomato is very ripe

퍼지 추론은 위의 예에서 보는 바와 같이 “A이면 B이다.”라는 명제에서 A'의 조건이 들어오면 B'이라는 결론을 유도해 내는 것이다. 즉, “토마토가 빨간색이면 익었다.”라는 명제에서 “토마토가 매우 빨간색이면 매우 잘익었다.”라는 추론을 행할 수 있다. 이것을 구체적으로 살펴 보면 그림 2와 같다.

현재 실제 응용에 많이 사용되는 Mamdani의 방법은 $A \rightarrow B$ 를 단순히 최소값을 취함으로써 좋은 결과를 얻고

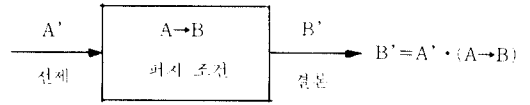


그림 2. 추론의 합성규칙

있다. 여기서, *는 max-min 합성을 의미한다. 결국, 퍼지 추론방법은 위와 같은 implication과 합성에 의해 근사적 추론을 행하고 있다.

III. 가전 제품에서의 응용

기본적으로, 퍼지 이론의 응용은 사람이 제어하는 방식을 정량적 데이터로 모델링한다고 생각하면 된다. 따라서, 모든 응용 제품의 시작 단계는 제어 규칙 즉, rule을 정하는 것으로 시작된다. 제어 규칙을 정한 후에, 각각에 해당하는 소속함수(membership function)를 정하고 적당한 추론법(주로 max-min composition)에 의해 추론을 행하고, 이 추론 결과값을 defuzzification 과정을 통해 원하는 결과값을 얻어내게 된다. 다음에, 몇 가지 가전 응용제품을 살펴보기로 한다.

1. 세탁기

세탁기 제어의 주요 목적은 세탁물의 질과 양을 검출하여 적절한 세탁시간과 수류(水流)를 조절하는 것이다. 그림 3에 퍼지 세탁기의 블록 다이어그램을 보였다.

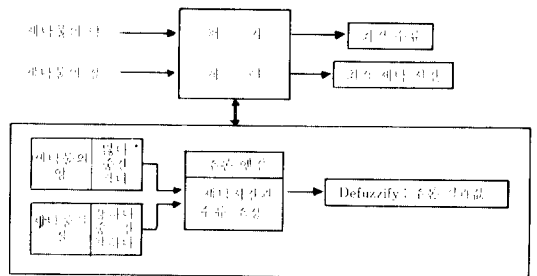


그림 3. 퍼지 세탁기의 블록 다이어그램

그림 3에서 보는 바와같이 세탁물의 양과 질을 센서로부터 받아서 미리 정해진 rule에 의해 추론을 하게 된다. 추론이 끝난 후에 defuzzify 과정을 거쳐 최적 시간과 최적 수류를 정하여 세탁기를 제어하게 된다. 다음에 기본적인 rule의 예를 살펴 보면 다음과 같다.

Rule 1 :
 IF 세탁량이 적다 AND 세탁물의 질이 부드러우다
 THEN 세탁 시간이 짧다 AND 수류가 약하다

Rule n :
 IF 세탁량이 많다 AND 세탁물의 질이 강하다
 THEN 세탁 시간이 길다 AND 수류가 강하다

여기서, 적다, 많다, 짧다 등의 용어는 각각의 소속함수로 정의하게 된다. 그림 4에 세탁물의 양과 질에 대한 소속함수를 표시하고, 그림 5에서는 세탁 시간과 수류에 대한 소속함수를 나타냈다. 이러한 소속함수는 전문가들의 경험에 의해 구성된다.

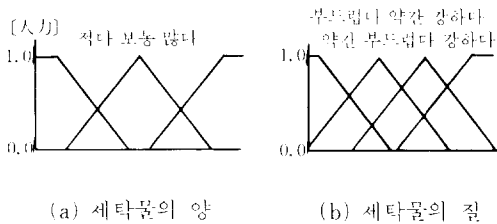


그림 4. 양과 질의 소속함수

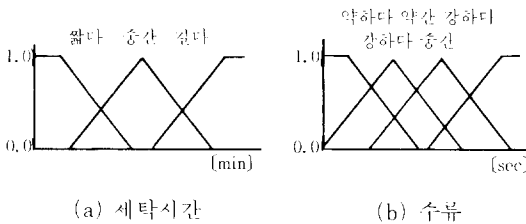


그림 5. 시간과 수류의 소속함수

추론 방법은 그림 6과 같이 max-min 방법을 사용하여 행한다. 결론적으로, 위와같이 구성된 rule에 의해 세탁기를 제어함으로써 최적의 세탁 시간과 수류를 결정할 수 있게 된다.

2. 히터(Heater)

퍼지 이론을 응용한 히터의 기능은 쾌적성이라는 일

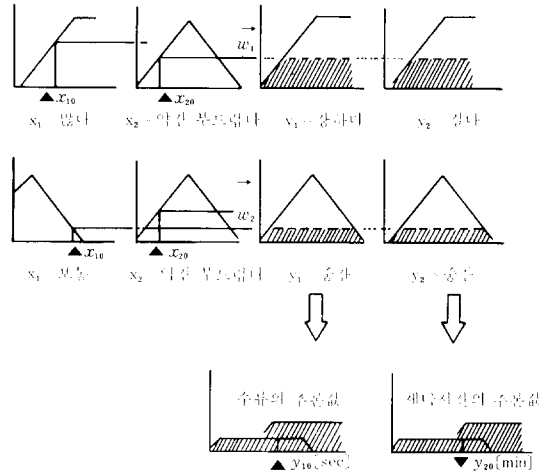


그림 6. 추론 방법

간의 감정을 양적(量的)으로 취급해야 할 필요가 있다. 퍼지 변수로는 실내 온도와 설정온도와의 차이 E, 그것의 증가분 ΔE 그리고 압축기 인버터 주파수의 증가분 ΔF 등이 사용된다.

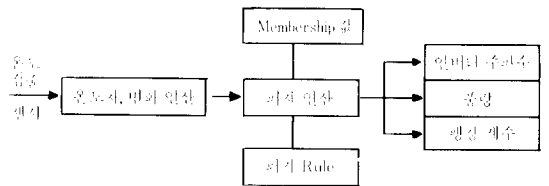


그림 7. 퍼지 히터

그림 7은 퍼지 히터 시스템의 블록 다이어그램을 보여 준다. 센서로부터 온도를 검출하고, 그 검출된 온도로부터 퍼지 변수값을 구한 후 추론을 거쳐 인버터의 주파수, 풍량(風量) 그리고 팽창계수(膨脹係數)를 결정하여 인간이 쾌적함을 느끼도록 실내온도를 조절한다.

그림 8에서는 사용된 소속함수를 보여주고, 그림 9에서는 설정 온도에 따라 각각의 rule이 어떻게 작용하는가를 알 수 있다. 그림 10에 설정 온도를 변경했을 때의 기존의 시스템과를 비교한 것으로 퍼지 시스템의 더 좋은 특성을 보여준다.

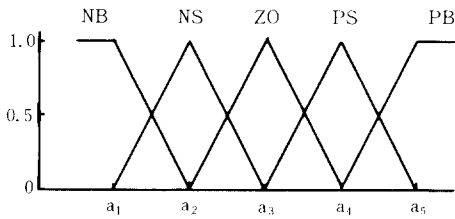


그림 8. 퍼지 히터의 소속함수

$E / \Delta E$	NB	NS	ZO	PS	PB
PB			NB^c		
PS			NS^c		
ZO	PB^{\otimes}	PS^{\otimes}	ZO^{\otimes}	NS^{\otimes}	NB^{\otimes}
NS			PS^{\otimes}		
NB			PB^{\otimes}		

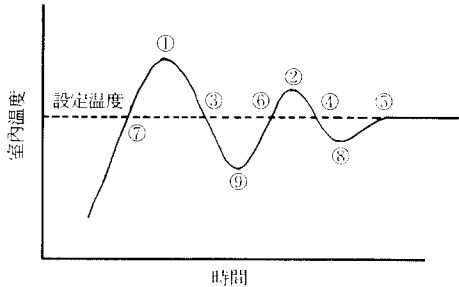


그림 9. 설정온도에 따른 rule의 변화

IV. 결 론

퍼지 이론의 응용제품은, 위에서 살펴본 것 이외에도 많은 제품이 나와있고, 또 여러 분야의 제품을 개발중에 있다. 퍼지 이론이 주목받기 시작한 지는 얼마 되지 않지만 그것의 응용이 산업 전반에 걸쳐 두루 응용되고 있다는 사실은 퍼지 이론의 많은 장점을 간접적으로 시사(示唆)하고 있다.

현재 퍼지 이론의 새로운 응용 연구 동향은 퍼지 이론과 neural network을 결합하여 서로의 장점을 취하는 연구로서 즉, 퍼지 이론의 장점인, fuzziness를 포함한 자연언어로 지식을 표현할 수 있는 점과, neural network의 learning 함수에 의해 명시적 지식을 자동적으로 습득할 수 있는 장점을 합하여 성과를 높이는 연구가 진행되

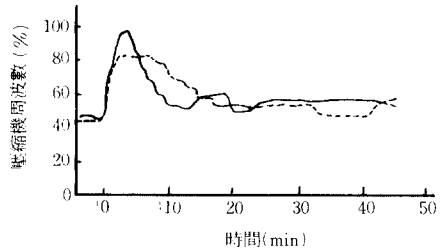
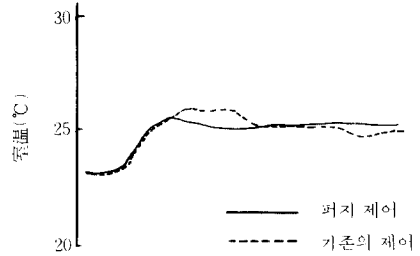


그림 10. 설정온도를 변경시의 응답

고 있다. 이러한 연구를 통해서 앞으로도 퍼지 이론의 응용 제품은 계속 쏟아져 나올 것이다.

參 考 文 獻

- [1] George J. Klir, Tina A. Folger, *Fuzzy Set, Uncertainty, and Information*, Prentice-Hall International Editions, 1988.
- [2] H.J.Zimmermann, *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Kluwer-Nijhoff Publishing, 1986.
- [3] Abraham kandel, *Fuzzy Techniques in Pattern Recognition*, A Wiley-Interscience Publication, 1982.
- [4] James C. Bezdek, "Analysys of fuzzy information", *CRC Press*, vol. 3, pp. 81~214, 1987.
- [5] 寺野 郎, et. al., "ファジイ 시스템 入門", 오ーム社, 1987.
- [6] 寺野 郎, et. al., "應用ファジイ 시스템 入門", 오ーム社, 1989.
- [7] 水本雅晴, "ファジイ理論 と その應用", 사이엔스社, 1989.
- [8] 黃田, "ファジイニューロコンピュータ",トリケンブス, 1990.
- [9] 黃田, "ファジイ制御技術と應用",トリケンブス, 1990. 彙

筆 者 紹 介

韓 炳 完 1961年 9月 25日生
 1985年 경북대 전자공학과 졸업
 1987年 연세대 전자공학과 대학원
 졸업

鄭 炳 善 1965年 11月 20日生
 1988年 연세대 전자공학과 졸업
 1991年 연세대 전자공학과 대학원
 졸업

1987年 3月~현재 (주)금성사 가전연구소 가전 3연구실,
 주임연구원
 주관심분야 : DAT, DCP 개발

1991年 1月~현재 (주)금성사 가전연구소, 연구원
 주관심분야 : Camcorder 개발
