

〈主 題〉

일본에서의 퍼지 制御의 新展開와 今後의 展望

일본법정대학 히로타교수
(Hosei University, Prof. Kaoru Hirota)

■ 차 례 ■

I. 서 론	IV. 퍼지 기술의 현 상황
II. 퍼지 기술은 「적당히 하는것」인가?	V. 결 론
III. 퍼지 기술은 그 유행이 지났는가?	

I. 서 론

「당신의 전공은 무엇입니까?」라고 물었을 때, 1980년대 전반까지는 「정보시스템」이라고 대답을 했었다 (현재에도 대학내 연구실에서는 정보시스템 실험실이라는 이름을 붙이고 있다). 1980년대 후반부터는 상대방이 공학분야를 아는 사람이라면 나는 내 전공이 「퍼지시스템」이라고 말하게 되었다. 1990년대에는 택시운전수, 음식점의 요리사까지도 「퍼지」라고 말하는 것을 알아 들을 수 있게 되었다.

이와같이 이제는 일반적으로 널리 보급된 퍼지 기술의 동향과 급후의 전망에 관하여 논하고자 한다.

II. 퍼지 기술은 「적당히 하는 것」인가?

내 연구분야가 「퍼지응용」이라고 말한다면, 현재로서는 상대가 일본인인 경우, 이 분야를 이해할 가능성은 0.6정도로 되었다. 만약 상대가 비전문가라면 「아, 그것은 적당히 하는 것이라며?」라는 답변이 돌아온다.

이러한 질문에 관한 좋은 답변으로는 「흔히 그렇게 말하지만 적당히 해버리는것 하고는 다릅니다. 정확한 해석은 그런것이 아닙니다. 예를 들어 세탁기와 청소기가 적당히 작동된다며는 팔리지 않을 것입니다. 그것들을 사용하는 사람이 편리하도록 기계에 지능을 넣는 것입니다」라고 대답을 하는 것이다.

그러나 정말로 그러한 것인가! 우리들의 친구들 사이에 말을 할 때도 「저사람은 애매한 사람이다」라고

오래전부터 말해온 적이 있다. 앞에서 말한 답변방식을 일반인에게 설명하더라도 뭔가 석연치않고, 정말 잘 이용하는 것과 겉으로 내놓는 것의 차이를 말하는 것은 어렵다. 결론적으로 말한다면, 보다 자연스러운 설명이 필요하리라 본다.

III. 퍼지 기술은 그 유행이 지났는가?

잡지사 신문의 과학기술관련 기사가 최근에 「퍼지의 다음은 뉴로이고, 이제부터는 카오스(chaos)이다」라고 말하고 있다. 퍼지는 벌써 지나버린 과거의 하나로 된것같이 보이고 있다.

표면적인 것만을 추구하는 것이 좋다고 말하는 입장에 있는 사람들에게는 이와 같은 현상도 어느 정도 일리가 있다고 말할 수 있다.

일본에는 작년에 TV, 신문, 잡지 등에서 보여준 「퍼지」라는 유행어는 수그러져가고 있으며 그 신선미를 잃어가고 있다. 소위 붐이 지나버린 과거처럼 되어 있다.

한편 하나의 기술개념이 탄생하여 세상에 쓰이게 되는데에는 어느정도 시간이 지나게된다. 퍼지기술의 경우 1965년에 탄생하여 27년이 지나고 있다.

공학분야에서는 특히 새로운 기술개념이 창출되며 이것이 세상에 보급되어야 의미가 있으며, 이를 보급시킬때에는 얼마만큼 유용하게 실현시키나 하는 것이 중요하다.

일본의 경우는 1987년 제2회 IFSA(국제 퍼지시스템학회) 국제회의(동경대회)때부터 소위 붐이 일어

날 가능성이 전개되었다. 즉 1987년에는 기술자들 중심으로 한 제1차 퍼지붐이 있었으며, 1990년대에는 퍼지 가전기기에 의한, 일반인까지 포함된 제2차 퍼지붐이 일어날 수가 있었다. 그런데 붐이 단순한 붐으로 끝나고, 그 이상 아무것도 없다고 한다면 공학적으로는 의미가 없을 것이다. 다시말하면 붐이 일단 지나고 나면 실제로 퍼지기능을 충분히 활용할 분야가 나타날 수 있으리라 본다. 퍼지기술의 경우 급년부터가 바로 그러한 시기라 본다.

여기서 일본 도레이 경영연구소의 최근 조사결과를 보면 <표1>과 같다.

표 1. 일본의 신문·잡지에서 퍼지 기술 기사 내용

1988年	1~6月	19件
	7~12月	40件
1989年	1~6月	52件
	7~12月	75件
1990年	1~6月	97件
	7~12月	195件
1991年	1~9月	274件

이것은 주요기술에 관한 신문이나 잡지에 소개되어 있는 퍼지기술에 관한 기사의 갯수이다. 개별적 기사가 점유하는 신문지상의 면적은 작년, 재작년에 비하면 적은 수이지만 건수 자체는 크게 증가하고 있다. 이제까지의 퍼지 기술만으로도 아직도 적용가능한 문제가 다수 존재하고 있는 셈이다. 이와 같은 현상을 잘 생각해 본다면 앞으로도 이러한 퍼지응용에 관한 연구는 여러분야에서 계속 진행 될 수 있으리라 본다.

IV. 퍼지 기술의 현 상황

퍼지기술이 공정 제어 분야를 중심으로 응용되기 시작하여 가전기기에서 크게 꽃이 필때까지 구체적인 산업적인 응용사례는 300건 이상으로 추정되고 있다.

그 적용분야는 대부분 제어응용분야, 소위 「퍼지 제어」이다. 퍼지제어 수법은 많은 경우가 Rule형 퍼지 추론이 중심이 된다.

Rule 형 퍼지 추론에서는 제어의 Know How를 퍼지 Rule의 집합으로 기술한다. 퍼지 Rule의 형식은 수

식(1)과 같이, 전제부(또는 전반조건부), 결론부(또는 후반조건부) 모두 퍼지집합을 이용하는 방법이 오래전부터(1974년에 런던대학교수 E.H Mamdani 등에 의한 스팀엔진의 실험이후 부터) 이용되고 있다. (Rule의 예로서는 자동차 운전에서 만약 속도가 조금 빠르고 가속도가 없다면 엑셀은 조금 적게 밟는다 등으로 생각하면 좋다)

$$\left\{ \text{IF AND}_{m=1}^N X_m \text{ is } A_m^i \text{ THEN AND}_{m=1}^N Y_n \text{ is } C_n^i \right\}_{i=1}^{\ell} \quad (1)$$

이 형식의 표현은 현장에서의 운전자의 느낌이나 경험등, 수식모델로는 기술하기 어려웠던 숙련자의 전문성을 비교적 쉽게 실현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 미적분 방정식에 의한 수식 모델과는 다른, 언어모델에 의한 새로운 시도방법이라고 볼 수 있다.

$$\left\{ \text{IF AND}_{m=1}^M X_m \text{ is } A_m^i \text{ THEN AND}_{n=1}^N Y_n = C_{n0}^i + C_{n1}^i X_1 + \dots + C_{nm}^i X_m \right\}_{i=1}^{\ell} \quad (2)$$

Rule 형식으로는 스게노(Sugeno)모델이라고 불리고 있는 수식(2)와 같은 전제부 퍼지 집합과 1차식으로 된 결론부 형태 최근 이용되고 있다. 이식으로는 퍼지언어 표현 모델과 선형제어식 모델의 절충안이라고 할 수 있는, 퍼지의 장점과 수식모델의 장점을 모두 이용할 수 있다.

실제 제어 운용시에는 각제어 주기마다 다음 3가지 처리를 반복시행 하게 된다.

- ①센서 등으로 부터 그 시점의 상황을 관측한다.
- ②센서 정보를 (1)식이나 (2)식으로 표현된 Rule 집합과 근접시켜서, 내부삽입 보간법으로 제어 조정량을 결정한다(이것을 퍼지 추론이라 부른다)
- ③제어 조작량을 액츄에이터 등에 전달하여 필요한 조작을 행한다.

이러한 수순에 따라서 동작하는 제어 시스템을 구축하기 위해서는 다음과 같은 단계를 밟게된다.

- ①문제의 설정 : 퍼지제어 도입으로 실현하려고 하는 일의 사양을 결정한다.
- ②센서 액츄에이터의 선정 : 퍼지 제어기의 입출력을 결정한다. 이 경우 계측에 관한 깊은 지식이 필요함
- ③Rule의 설계와 조정 : (1)식이나 (2)식으로 Rule을 정하고 Rule중의 퍼지 집합에 따른 멤버십 함수를 정한다.

④테스트 케이스에 의한 동작확인 : 계산기 시뮬레이션이나 현장 테스트에 의한 전체적인 사용환경에서의 안정된 동작을 확인한다.

이상과 같이 하여 시스템을 구축할때, 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.

①Rule 조정이 시행착오적이며 시간이 걸린다. 입출력항목수가 수 항목 정도로 소규모 일때는 오히려 시행착오적으로 조정하는 것이 쉽게 처리될 수 있지만 취급하는 시스템의 규모가 커지면 그것만으로는 쉽게 결과를 얻을 수 없게 된다. 그러나 그와 같은 경우에도 숙련된 자의 작업 데이터를 이용하여 퍼지 클러스터링기법이나 뉴로 기술등으로 자동조정을 행하는 방법이 개발되고 있다. 뉴로퍼지제어라고 불리고 있는 방법이 그예이다. 따라서 이 문제점은 여러방법으로 해결되어 가고 있다고 보아도 좋다.

②동작 안정성을 보장하는 이론이 없다 : 특히 종래의 제어 이론에서 중요시하고 있는 안정성 이론에 상응하는 것이 없어서, 퍼지 기술을 안심하고 사용할 수 없다고 하는 주장이 흔히 대두되고 있다. 그러나 (2)식의 형식으로 퍼지 제어를 할때에는 종래의 제어 이론의 안정성(예를 들면 리아프노프 안정성 이론 등)이 어느정도 이해되기 때문에 그 문제점에 대한 답이 거의 얻어지고 있다. 단 (1)식과 같은 형식의 경우에는 특정모델에 대해서만 해석이 행하여지고 있는 현상으로, 이로서 안정성을 보장하는 것은 Test Case들을 잘 작성하여 검증하는 방법에 의존하고 있을 뿐이다. 이같은 문제가 발생하는 이유는 퍼지 기술의 표준방법으로 이용되고 있는 Max, Min의 연산이 종래의 해석 수법과 일치하지 않는데 기인하는 것으로 이 문제를 근본적으로 해결하는 일은 이론적으로도 중요한 과제라고 생각한다.

이와같이하여 여러가지 현실적인 문제에 대한 응용에 행하여져 많은 성과를 얻고 있다. 그러나 (1)식 이든 (2)식이든 Rule을 결정해버리면 다음은 그것을 반복 적용하는 것 뿐이기 때문에 취급하는 대상의 성질이 시간과 함께 변하는 경우에는 이것만으로는 문제를 해결할 수 없다.

최근에는 이들을 포함하여 새로운 기법이 여러가지로 개발되어 보다 복잡한 시스템에 대응할 수 있는 시스템이 연구되고 있다. 그 중 몇가지를 소개하고자 한다.

○적응퍼지제어 : 취급대상의 성질이 시간적으로 변화하지만 비교적 소수의 패러미터로 기술될 수 있

는 경우, 각 패러미터의 대표치마다 Rule 집합을 기술하여 현실적인 관측 패러미터에 대하여서는 대표치 패러미터의 추론 결과의 내삽보간법에 의해 적응시켜가는 수법.

○회귀형퍼지추론 : 추론 출력의 일부를 다음 추론 시에 입력으로 귀환시켜 추론 결과에 과거의 결과를 반영시키는 수법으로, 취급하는 문제의 특성이 시간적으로 천천히, 그리고 연속적으로 변화해가는 경우에 유효하다.

○계층형 퍼지제어 : 플랜트등 대규모 시스템의 제어를 위하여 기능별로 모듈분할하여 각 모듈마다 Rule 집합을 작성하고 전체로서 Rule 집합의 계층구조로 시스템을 기술 대응하는 방법

○다단계퍼지추론 : 종래의 퍼지제어에서는 제어 주기마다 한번 추론을 행하여 제어 조작을 결정하는 1단계 추론 반복을 하였다. 이에 대하여 경영관리등 전문가 시스템 응용에서는 추론결과를 기본으로 다음 추론을 행한다고 하는 처리를 반복하는 다단계 추론이 필요하게 되는 경우가 많다 단, 퍼지 다단계 추론에서는 애매한 정보를 기본으로 추론을 반복함으로써 애매함을 증폭시키는 현상(이것을 저자는 애매함의 폭발이라고 부른다)을 잘 제어할 필요가 있다.

○퍼지플레이오프추론 : Rule 형과는 다른 지식 표현법의 하나로 프레임형 지식 표현이 알려져 있다. 각 지식의 단위를 부모, 어린이, 손자등의 순서로 계층적인 가지(Tree)형태로 표현하는 것으로 가지 성분의 하나에 퍼지 집합을 이용한 퍼지 플레이오프 표현이 전문가 시스템에 이용되고 있다. 이방법은 지식의 갱신이 Rule형에 비하여 쉽게 되는 특징이 있다.

이와같은 것을 비롯하여 여러종류의 발전된 기술이 개발되고 있다. 다음으로 시스템을 운용조작하기 위한 환경에 관하여 논하고자 한다.

1980년대에 들어와서 발전한 프로세스 제어를 중심으로한 응용에 있어서는 제어주기도 수초(sec)~수분(min) 정도로 비교적 천천히 움직였기 때문에 개인용 컴퓨터 정도의 계산능력을 가지는 고신뢰성 프로세스 컴퓨터로, 필요한 입출력기기를 접속하여 퍼지 추론을 program 실행하는 경우가 많았다.

1985년, 일본에서 최초로 시판된 범용 퍼지 제어기인 FRUITAX(후지전자)도 16 bit process computer 상에 FORTRAN 프로그램으로 동작하는 것이었다. 현재에는 32bit 기종으로 바뀌었지만 아직도 이러한 형태의

제품이 많아서 10여 회사등으로부터 상품이 판매되고 있다.

한편 1980년대 후반 부터 보여진 가전기기 등의 민수용에서는 소형화, 저가격화 등이 요망되고, 또 시스템 규모도 작은 것이 많기 때문에 microprocessor의 ROM이나 RAM을 조합하여 만든 것이 많았다. 현재의 퍼지 가전제품은 많은 경우가 4bit one chip cpu에 수 KByte 메모리를 가지는 것이 일반적이다.

한편 추론정도가 1초간에 수백회 이상으로 고속처리가 필요한 경우 때문에 전용 Hardware을 갖는 퍼지 추론 chip 등이 필요하게 되어, 최초의 퍼지추론칩이 미국 AT&T의 Bell연구소에서 1984년말에 제작되었다. 또 일본 국내에서는 1988년에 구마모토대학에서 전압모드 애널로그형 퍼지추론 chip이 개발되었다. 현재로는 이들을 포함한 몇가지가 사용되고 있으나 이러한 전용 chip 개발은 실제 산업응용 실용화의 현장에서는 별로 사용되지 않았다.

그 이유로서는 전용 Hardware가 필요할만큼 고속 추론이 요구되는 문제가 별로 없다는 점, 퍼지 추론부만 지원할뿐 입출력부에 A/D, D/A 변화기등이 종합적기기 면에서 사용되기 어려웠던점, 가격 성능비가 별로 좋지 않았던 점을 들 수 있다. 단 제2차 퍼지붐이 있었던 1990년 이후 이들 문제점을 해결 하는 chip이 대기업 반도체 메이커로부터 개발되기 시작하여 앞으로 이들 퍼지 chip이 양산 되리라 생각한다.

퍼지 기술은 1980년대 일본을 중심으로 실용화가 진행되어 일본이 세계를 주도하고 있다. 그 당시에 일본이외의 나라들은 이러한 퍼지응용에 별로 관심을 갖지 않았다.

그렇지만 1990년대 들어와서 일본에서의 제2차 퍼지붐에 크게 영향을 받게되어 한국이나 대만에서는 일본의 가전기기과 닮은 가전응용기기들이 나왔다. 독일이나 프랑스등 유럽에서도 가전이나 자동차등에 응용하는 제품이 진행되고 있다. 이에 비하여 미국에서는 NASA등 군 관계의 연구기관에서 크게 관심을 가지고 있었지만 민간에서의 관심은 이제 시작되는 셈이어서 최근에와서 구체적인 결과가 보이기 시작하였다. 이와같이 하여 금후 21세기에는 세계적으로 이러한 퍼지 기술의 도입이 점점진행 되리라 본다.

V. 결 론

퍼지기술은 제어응용을 중심으로 일본이 만들어 높은 세계를 주도하는 기술이다. 퍼지 가전등의 붐이 지나갔다고 말할 수 있지만 그 응용은 착실히 진행되고 있으며 또 적용분야도 점점 확대되어 가고 있다. 반면에 사용자가 편리하게 쓸 수 있도록 하기 위한 연구나, 보다 고도의 기술의 개발, 이론적으로 남아있는 문제등, 금 후 해결해야할 문제들이 많이 존재하고 있다. 이들의 현상황을 잘 연구하면 퍼지에 대한 응용을 다방면에서 이용할 수 있으리라 본다.

* 이 원고는 히로타 교수가 1991년 11월의 「퍼지 TR-END」 창간호에 게재한 것으로 본 통신학회지 특집집을 위하여 히로타 교수가 특별기고하여 준것입니다. 이를 위하여 도와주신 일본정보처리 개발협회의 AI 퍼지 지능센터에 감사를 드리고, 히로타 교수에게도 심심한 사의를 표합니다.

(번역 : 연세대 전자과 박민용 교수)