

퍼지 이론의 산업적 응용

박 민 용

(연세대 공대 전자공학과 부교수)

1. 서 론

퍼지에 관한 응용은 1974년, Mamdani 교수에 의한 steam엔진 제어 연구가 성공한 이래, 1980년에는 지하철 운전 제어 등 실제 산업 현장에 이용 되기 시작하였다. 특히 최근 1, 2년 사이에는 일본을 중심으로 가전제품을 비롯한 많은 곳에서 퍼지 응용 예가 나타나기 시작하였으며 이와 같은 추세로 당분간 더욱 활발히 진행되리라 본다.

본 원고에서는 최근에 국내외적으로 개발되고 있는 각 분야에서의 퍼지 응용예를 개괄적으로 설명하고자 한다.

2. 퍼지 응용 시스템

2.1 카메라에의 응용

자동조리개(Auto-iris)는 렌즈를 통해 들어오는 빛의 양을 자동으로 조절하는 기구이다. 지금까지의 자동조리개 조절은

- 1) 렌즈를 통해 보이는 영상의 평균적 밝기를 근거로 조리개를 조절하는 평균측광법
- 2) 촬영시 중앙부에 인물이 위치하는 경우가 많은 점에 착안한 중심측광법
- 3) 화면을 6분할하여 우선도를 고정수치화 하는 방법 등이 사용되고 있다.

경험적으로 우선도를 고정수치화 하는 방식은 일반적인 환경에서는 거의 문제가 없지만 우선도가 가장높게 설정되어 있는 영역이 너무 밝거나 어두우면 정상적인 촬영을 얻을 수 없게 된다. 이같은 문제를 보완하기 위해 최근에는 자동조리개에 퍼지이론을 적용, 최우선 영역을 설정하기는 하지만 각 영역의 휘도의 상호관계에 따라 우선도를 어느정도 변화 시

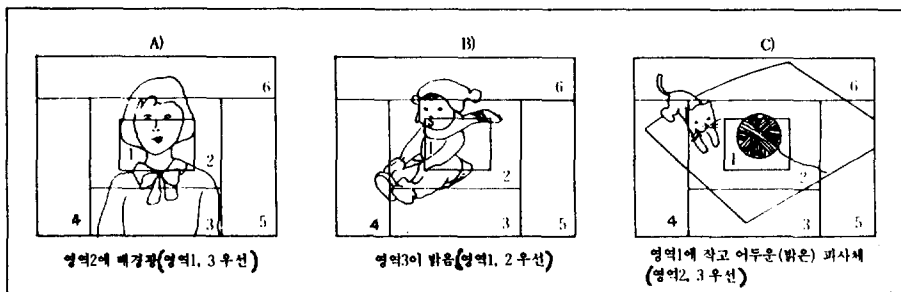


그림 1. IRIS조절을 위한 영역 우선도

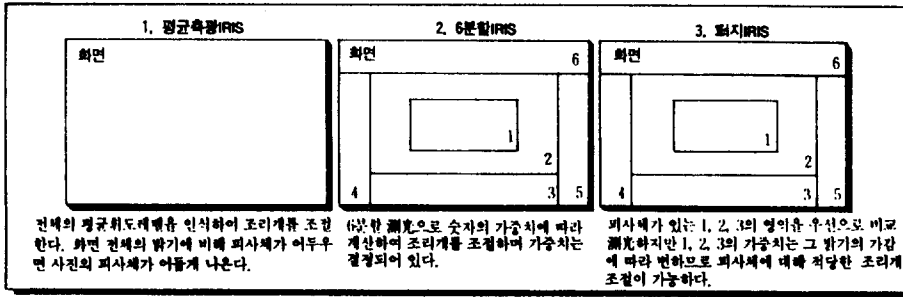


그림 2. 역광시 퍼지 자동조리개와 일반 자동조리개의 성능비교

키는 규칙에 의해 전체영역의 우선도를 조합하여 화면전체의 휘도 레벨을 구한다음 렌즈의 조리개및 앵프의 이득을 제어한다.

예를들어 가중치가 큰 두번째 우선영역에 밝은 배경이 들어가 있으면 종래의 방식으로는 사진상태가 좋지 않을수 밖에 없으나 퍼지이론을 이용한 카메라로는 밝은 영역의 가중치를 줄이고 나머지 영역의 가중치를 증가시켜 최상의 사진을 얻을 수 있다.

2.2 자동차의 자동 속도제어

차간거리를 일정하게 유지하는 운전을 퍼지추론을 이용하여 실현해보자.

퍼지추론을 행할때는 그 추론규칙이 필요하다. 이 예의 경우는 다음과 같은 규칙을 생각할수 있다.

- 규칙 1 : 차간거리가 좁고, 차의 속도가 늦으면 악셀을 유지한다. (속도를 유지하라)
- 규칙 2 : 차간거리가 좁고, 차의 속도가 빠르면 브레이크를 밟는다. (감속 시켜라)
- 규칙 3 : 차간거리가 넓고, 차의 속도가 늦으면 악셀을 밟는다. (가속 시켜라)
- 규칙 4 : 차간거리가 넓고, 차의 속도가 빠르면 악셀을 유지한다. (속도를 유지하라)

이와같은 제어규칙은 운전이 경험에 있는 사람이면 누구라도 간단히 알수 있다. 이와같은 간단한 언어규칙을 이끌어 내는 것이 불가능한 경우 제어프로세스의 입출력 데이터를 사용하여 동특성을 추정해 제어규칙을 이끌어 내는 방법도 있다.

위의 규칙에서 '좁다', '넓다', '빠르다', '늦다', '속도를 유지하라', '감속시켜라', '가속 시켜라' 등의 제어정보를 퍼지집합으로 표현할 필요가 있다. 여기서

'속도를 유지하라', '가속 시켜라', '감속시켜라' 등의 속도조정지령에서는 속도의 변화분(가속도)을 사용한다.

이것들의 membership함수는 물론 상황에 따라 경험에 의해 주관적으로 결정해야한다. 예로서 차의 속도를 생각해 볼때, 차가 고속도로를 진행한다 하면 60km/h는 '늦다'고 생각되지만, 일반도로에서는 그것이 '빠르다'고 생각할 수도 있기 때문이다.

여기서, x, y, z는

- x : 차간거리
- y : 차의 속도
- z : 속도조정지령(악셀 또는 브레이크의 조작)

그리고

- A₁ : '좁다', A₂ : '넓다', B₁ : '늦다', B₂ : '빠르다'
- C₁ : '속도를 유지하라', C₂ : '감속하라', C₃ : '가속하라'

라고 하면, 언어적으로 표현한 위의 4개의 규칙을 다음과 같이 IF-THEN형식으로 표현할수 있다.

- 규칙 1 : IF x is A₁ and y is B₁ THEN z is C₁
- 규칙 2 : IF x is A₁ and y is B₂ THEN z is C₂
- 규칙 3 : IF x is A₂ and y is B₁ THEN z is C₃
- 규칙 4 : IF x is A₂ and y is B₂ THEN z is C₁

추론의 과정은 그림 3에서 보는 바와 같다. 이 그림은 어떤입력에 대한 추론과정을 나타내고 있다. 이 입력에는, 차간거리 15m, 차의속도 60km이다. 이에 대응한 추론결과는 속도의 유지와 감속의 중앙 근처이므로, 추론결과를 언어적으로 표현하면 '약간 감속시켜라'가 된다.

그림에 표시한 membership함수의 실제 입력값을 비교하면 이 추론결과가 타당함을 알 수있다. 즉 '차간거리가 15m이다'라고 하는 것은 '좁다'와 '넓

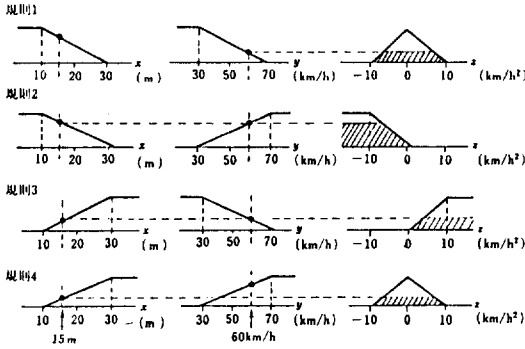


그림 3. 자동차 속도 제어

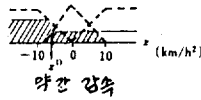


그림 3-1. 합성 결과

다를 표현하는 퍼지집합에서 각각 grade가 0.75, 0.25이므로 이 차간거리는 언어적으로 표현하면 '약간 좁다'라고 할 수 있다. 비슷하게 「속도가 60km/h 이다」를 언어적으로 표현하면 '약간 빠르다'라고 하는 것이 된다. 따라서 이 입력의 상황을 언어적으로 표현하면 「차간거리는 약간 좁고, 속도는 약간 빠르다」가 된다. 이 언어적 상황을 위의 4가지 규칙에 대응해보면 '약간 감속시켜라'라고 나온 추론결과가 타당함을 알 수 있다.

'약간 감속시켜라'라고 나온 추론결과가 타당함을 알 수 있다.

이와같이 퍼지추론은 기본이 되는 몇개의 규칙과 입력을 비교하여 일상적인 생활에서도 시행하고 있는 것처럼 「보간적인 방법」에 의해 출력을 이끌어 내는 것이다. 따라서 1가지의 규칙으로만 퍼지추론을 시행하는 것은 무의미한 추론이 된다.

2.3 지하철 운전제어

지하철의 운전제어는 단지 정확하고 빠르게 목적지까지 도착하는 것만을 고려해서는 만족스러운 제어라 할 수 없다. 많은 사람이 이용하는 교통수단인 지하철은 그 승차감이나 안전도를 충분히 생각해야

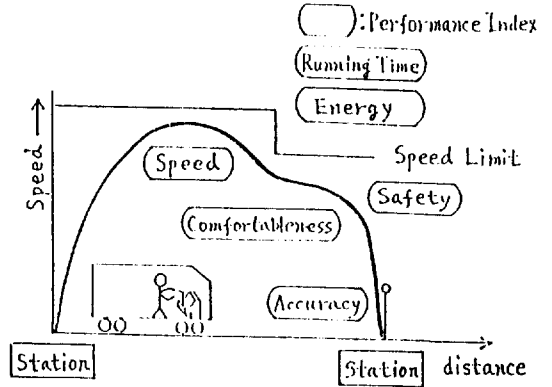


그림 4. 지하철 운전 제어 요소

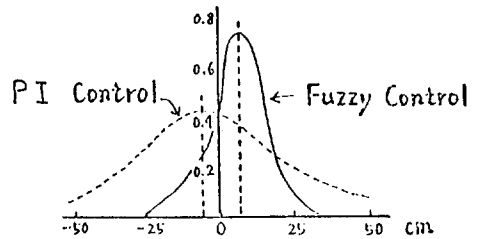


그림 5. 정 위치 정지 비교

한다.

그렇게 하기 위해서는 많은 사항, 즉 승차감 좋은 가속 및 감속, 정확한 정차위치, 운행시간조절, 앞지하철과의 거리조절 등의 사항을 동시에 고려해 주어야 한다.

그 예로서 다음과 같은 제어를 생각할 수 있다.

(1) 운행할때의 규칙

규칙 1 : if N is P7 then S is Good,
C is Good and T is Bad then N is P7

규칙 2 : if DN is O then S is Good,
T is Good then DN is O

(2) 정지할때의 규칙

규칙 3 : if N is B3 then S is Good,
C is Good then

규칙 4 : if DN is N then R is Very Good,
C is Good then DN is N

여기서 N : Control, DN : Change of Control

S : Safety, C : Comfortableness

T : Speed, R : Time, A : Accuracy

물론 여기서 사용하는 승차감이나 그밖의 여러사항은 설문조사나, 전문가의 경험을 이용하여 작성해야한다.

실제 운행 결과, 정위치 정지의 경우, 그림 5와 같이 기존의 PI제어 보다도 훨씬 정밀함을 알 수 있다.

2.4 퍼지 세탁기

기존의 자동세탁기는 세탁물의 양을 4가지 유형으로 나누어서 검출된 양에 따라 물의 양, 수류, 헹굼 및 탈수시간을 조절했다. 그러나 광센서로 세탁액의 탁한정도를 검출하고 퍼지추론을 사용해서 더러운 정도와 질을 판별, 최적의 세탁시간을 설정하는 퍼지센서기능이 사용된 최근의 자동세탁기는 약 600패턴으로 대상을 세분화 하여 보다 적합한 세탁을 할 수 있다.

포화시점의 탁도는 더러운 정도(더러움의 정도)를 나타내고, 탁해지는 속도(포화시간)가 기름류일 경우 느리고 그외의 경우는 빠른 현상을 응용, 더러움의 질을 나타내게 된다. 즉 이두가지의 정보를 이용한 퍼지추론을 통해 최적세탁시간을 결정하게 되는데 예를들어 「탁도가 낮고 포화시간이 짧으면 더러

움이 적다고 판단해서 세탁시간을 아주 짧게 결정하게 되는 것」이다.

퍼지규칙은 기본적으로 6개규칙을 이용한다. 또 세제의 종류(액체인지 분말인지)에 따라서도 세탁패턴을 변화 시킨다. 세제의 종류도 광센서로부터 감지된 세탁액의 탁함정도에 따라 판별한다. 또한 수온이 낮으면 효과적인 세탁을 기대하기 어렵기 때문에 당연히 세탁시간이 길어지도록 조절하는 등 다른 변수까지 고려하여 제어할 수 있도록 한다.

퍼지센서의 탑재로 인간이 직접 판단해야할 사항을 자동화할 뿐만 아니라 인간의 눈으로 직접 판단해야할 사항을 자동화할 뿐만 아니라 인간의 눈으로 판별하지 못하는 경우에도 최적시간으로 세탁이 가능하게 되어 편리하다는점 말고도 옷감이 손상되지 않고, 시간과 전기료를 절약할수 있다는 효과가 기대된다.

2.5 퍼지 청소기

기존의 전기 청소기는 수동버튼에 의해서 청소면의 종류에 따라서 power를 조절하는 방식으로 먼지의 양에 관계없이 일정한 전력을 공급하는 방식으로 먼지의 양이 적거나, 없는 경우에도 일정한 전력

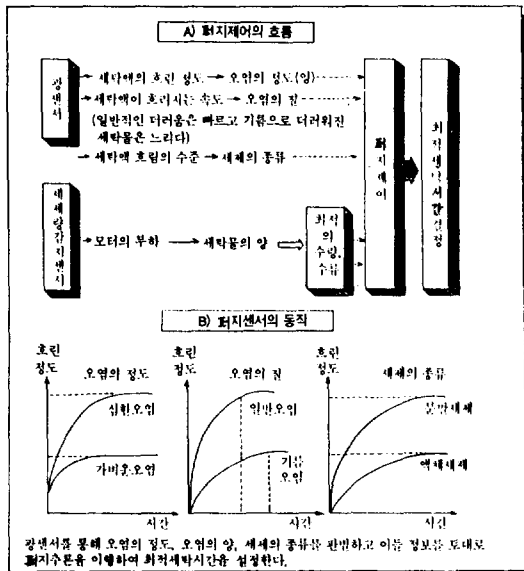


그림 6. 퍼지제어 자동세탁기

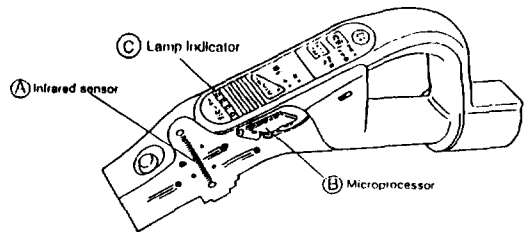


그림 7. 진공 청소기의 구조예

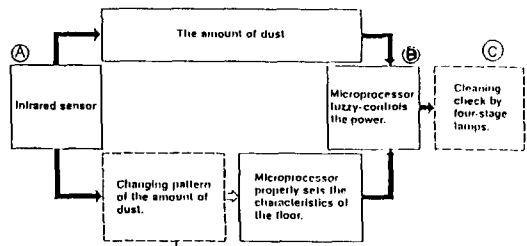


그림 8. 퍼지처리시스템

을 소비하게 된다.

반면에 퍼지청소기는 먼지의 양과 먼지의 변화양을 감지한 후 퍼지추론을 통해서 자동으로 모터의 파워를 조절하고 현재의 청소면의 종류를 디스플레이해 준다.

그러므로 기존의 전기 청소기에 비하여 많은 양의 전력 소비를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 청소면과 청소기 입력 brush와의 밀착으로 인해 생기는 일시적인 먼지의 흡입상태를 극복할 수 있다. 퍼지청소기의 메카니즘과 구성도의 예는 그림 7, 그림 8과 같다.

적외선 센서를 통해서 먼지의 양과 먼지의 변화량을 감지한후 이 두 개의 입력으로 퍼지 추론을 하게 된다. 이 때 사용된 microprocessor는 4 bit microm chip으로서 퍼지 추론을 포함해서 motor제어와 Display제어까지 수행한다. 실제 먼지 양의 변화 패턴에 따른 청소면의 종류를 결정하는 방법을 사용하기도 한다.

2.6 엘리베이터의 운행제어

12층빌딩에 있는 4개의 승강기 운행상황의 시뮬레이션을 통해 종래의 제어법과 퍼지제어의 차이를 살펴보자. 승강기 ①과 ③은 각각 8층, 11층, 12층에서 호출되어 올라가는 상태에 있으며 ②와 ④는 각각 2층과 6층에 대기중에 있다.

지금 10층에서 아래로 내려가는 방향의 호출이 입력되었다고 하면 ④의 승강기를 이동시키는 것이 기다리는 시간을 가장 적게 할수있음을 알 수있다. 지금까지의 평가함수를 이용한 군관리 시스템에서는 승강기 ④가 선택된다. 그러나 이같은 상황이 일어나면 3대의 승강기가 위로 향하게 되어 10층의 사람이 기다리는 시간은 적지만 승강기들이 위쪽방향으

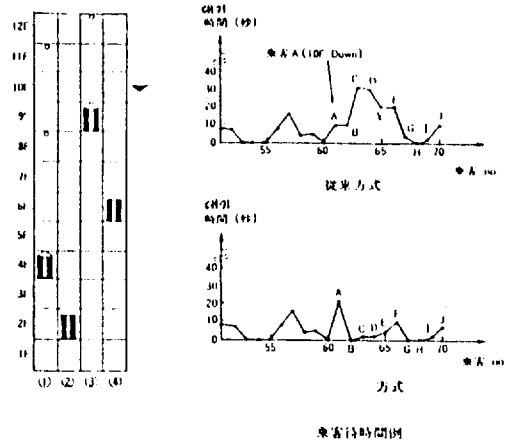


그림 9. 엘리베이터 운행 제어 및 결과

로 편중되기때문에 가장 복잡할 것으로 예상되는 1층의 승객은 오랜시간동안 기다려야 한다. 이에반해 퍼지추론을 이용하면 상층의 호출에 대응하여 위로 향하는 승강기들을 복수 후보로 선정한 다음 종래의 평가함수를 적용해서 기다리는 시간이 가장 짧은 승강기를 선택하게된다.

이같은 방식은 승강기운행 시뮬레이션의 결과 종래의 방식에 비해 평균대기시간에서 11.7%, 60초이상의 장기대기시간에서 48.5%가 개선되어 기다리는 시간이 전체적으로 줄어든 것으로 나타나고 있다.

2.7 퍼지 에어컨

퍼지제어탑재 에어컨에서는 온도를 검지하여 '실정 온도와외 온도차'와 '그온도차의 시간적 변화'로 부터 퍼지추론을 행한다.

퍼지룰은 난방, 냉방으로 각각 나누어져 있으며

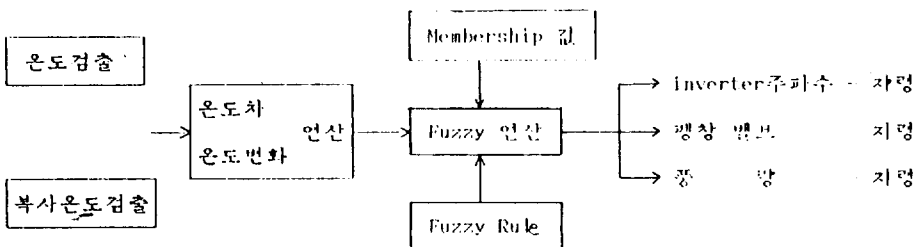


그림 10. 에어컨 제어 방법

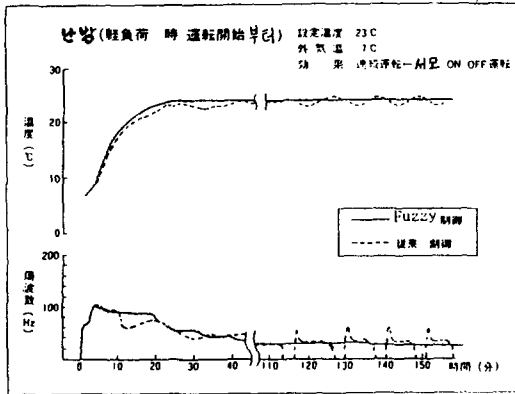


그림 11. 에어컨 운행 제어 결과

난방운전의 예를 보면, 틀은 온도차와 그의 시간적 변화율로 쓰여져 있다.

이러한 퍼지룰에 의한 제어명령으로 컴프레서의 움직임을 변화시키는 인버터주파수, 냉매의 양을 결정하는 팽창밸브, 풍량을 콘트롤 한다.

퍼지제어를 에어컨에 적용시키는 효과는 무엇보다도 실온의 안정이 가장 크다. 종래의 제어방식(PID)에 비교하여 퍼지제어에 의하면 'ON'/'OFF'할 필요가 없어지고 설정온도 부근에 안정한 실온을 보유할 수 있다.

또 안정한 운전으로 스위치 'ON'/'OFF'를 적게할 수 있는 것에 의해 소비전력 감소 효과가 크다. 또 하나의 효과는 실온의 급격한 변화에도 빠르게 대응할 수 있다는 것이다.

퍼지제어의 에어컨에 응용에 있어서 정말로 쾌적한가 쾌적하지 않은가 하는 것은 사람에 따라서 개인차가 있다. 그점을 퍼지로써 어떻게 극복해 나가는가 하는 것이 하나의 과제이며 또 장기적으로는 음성인식과의 매칭등을 생각할 수 있다.

2.8 의료 영상 인식 예

엘러지 검사의 중요성이 높아지는 현시점에서, 피부 반응 검사는 매우 중요한 검사 중에 하나라 할 수 있는데, 퍼지 이론을 이용하여 자동화를 기할 수 있다. 즉, 이 검사의 주요 판단 기준인 반응 부위의 면적을 자동적으로 산출하여 면적에 따른 엘러지 등급을 판정하게 된다. 이러한 방법의 장점은 기존의

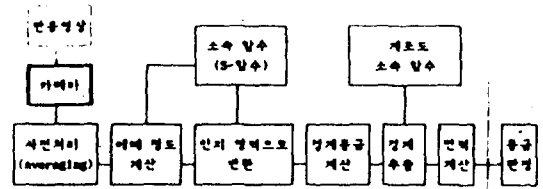
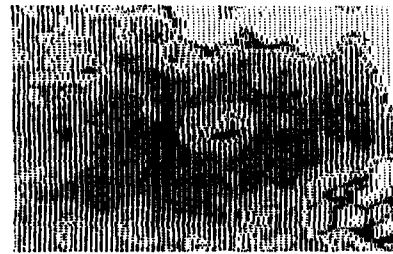
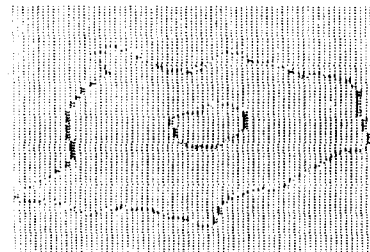


그림 12. 전체시스템 블럭 다이어그램



(a) 원영상



(b) 처리결과

그림 13. 엘러지 반응 영상인식

영상 처리 방법보다는 더 정확하게 면적을 검출할 수 있기 때문에 더 세밀한 등급을 판정할 수 있다는 점이다.

먼저 반응 영상에 대한 gray level membership 함수를 구성하여 각각의 gray level에 대한 grade를 산출한다. 또, 전영상에 대한 경계 등급을 계산하여 이 두가지 정보를 바탕으로 퍼지 관계를 구성하여 최종적인 면적을 계산해 낸다. 계산해 낸 면적을 바탕으로 등급을 판정하게 된다. 전체 시스템의 블럭 다이어그램은 그림 12와 같다.

여기서 사용되는 gray level membership 함수, 경계 등급 그리고 퍼지 관계 식을 적당히 택하여 실제 영상의 경계 추출을 행하면 그림 13과 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 1. 퍼지 관련 개발 시스템

퍼지 칩, 컴퓨터 — 고속 퍼지 추론용 보드, 광퍼지 컴퓨터, MOSFET 퍼지 회로 등 퍼지 제어기 — 축차처리퍼지 제어기, FA용 제어보드, 퍼지하이브리드 제어기, 범용프로그램블 제어기, 범용퍼지 제어기, 퍼지추론 범용 셸, 퍼지개발지원 소프트웨어, C언어프로그래밍, 고기능 퍼지모듈, 전문가 시스템 구축 소프트웨어, FA프로세스 제어용 패키지 소프트웨어. 프로세스 제어용 — 칼라매칭 시스템, 보일러 제어 시스템, 알루미늄 압연공정 제어, 고로 축열 제어, 시멘트 제조공정 제어, LED제조 공정제어, 상하수도 처리제어. 운전 제어용 — 소제기, 캠코더, 세탁기, 멀티공조시스템, 자동조절변제어, 레이저 절단 로봇제어, 엘리베이터제어, 에어컨제어, 연마 제어, 콘테이너 제어, 방전가공 제어, 청소로봇 제어, 자동계량기, 클린룸 항온습제어, 핵융합로 설계. 진단 검사용 — 사장교 케이블 장력조절, 인체센서, 터어빈 진단진단 납땜 외관 검사, 교량 선정 시스템, 송전선 고장구간선정, 의료진단용 전문가시스템 등 의사결정용 — 금융개발지원 시스템, 증권투자시스템 인식용 — 전자수첩, 음성인식보드, 퍼지뉴로음성인식시스템 정보처리 — 신경망 구동형 퍼지 제어
--

3. 그 밖의 시스템

상기한 퍼지 응용 시스템들 외에도 각 분야에서의 퍼지 응용 예를 보면 (표1)과 같다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 최근 2년 사이에 일본을 중심으로 응용되고 있는 퍼지시스템의 수는 200건이 넘고 있으며 이러한 응용 예는 산업 전반에 걸쳐서 더욱 파급되어 가고 있는 실정이다. 1987년에 지하철 운전 제어에 퍼지가 적용된 이래, 각 분야에 퍼지 이론을 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

4. 결 론

현재 개발되고 있는 산업적 퍼지 응용 시스템은 퍼지 제어 이론(예를 들면 max-min 방법과 defuzzification)을 이용한 것이 대부분이며, 그 처리 속도와 rule수도 수 msec 이상, 십수개의 rule이내로 되어 있어서 기존의 4bit 내지 8bit 마이크로프로세서를 주로 이용하고 있다. 그러나 시스템이 대형 플랜트나 증권 처리 시스템 등과 같이 대형화 고속화를 필요로 할 때에는 전용 퍼지 칩을 이용한 퍼지 컴퓨터가 필요하게 되리라 본다.

또한 현재 활발히 진행되고 있는 대부분의 퍼지 응용 시스템은 산업 플랜트나 메카트로닉스, 가전

기기등과 같은 산업 시스템의 응용이 대부분이다. 그러나 증권 처리에 퍼지가 응용되고 있는 것과 같은 경영, 관리등에는 물론 다목적 계획, 분석, 평가등을 비롯한 각종 전문가 시스템(Expert System)에도 이용되리라 보고 있다.

한편 퍼지 이론은 인공 지능이나 신경 회로망과 같은 다른 지능 시스템과 융합되어 학습이나 자기 조정 기능을 가지는 새로운 종합 지능 시스템으로 볼 수 있는 연구도 계속 진행되리라 본다.

현재 국내에서의 퍼지 응용 개발에 관한 관심도를 볼 때, 향후 2, 3년 사이에는 가전을 중심으로 산업 전반에 퍼지를 직접 적용 시키려는 움직임이 계속 될 것 같고, 90년 대의 중반까지는 경영, 관리등의 분야에도 널리 이용 되리라 본다.

참 고 문 헌

- [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, "Analysis of Fuzzy Information," CRC Press, vol. 3, pp. 81-214, 1987

-
- [5] 寺野寿郎, et.al., “フアジイ システム 入門,” オーム社, 1987
- [6] 寺野寿郎, et.al., “應用フアジイ システム 入門,” オーク社, 1989.
- [7] 水本雅晴, “フアジイ理論とその應用,” サイエンス社, 1989.
- [8] 黄田薫, “フアジイニューロコンピューティング,” トリケツプス, 1990.
- [9] Trigger, 특집 “フアジ이”, 1990년 6월호 별책
- [10] FLSI, Int. Conf. on Fuzzy Logic & Neural Networks, Iizuka '90, July, 1990.