

□ 特 輯 □

퍼지 제어 응용 사례(일본)

연세대학교 전자공학과 박민웅

목 차

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. 서 론 | 4. 일본 M사에서의 퍼지 관련 시스템 개발 현황 |
| 2. 일본에서의 최근 퍼지 적용 예 | |
| 3. 일본에서의 분야별 퍼지 응용 현황 | 5. 결 론 |

1. 서 론

일본에서의 퍼지 응용 제품은 단순한 가전 제품에서의 응용 단계를 넘어서서, 이제는 산업 전반에의 응용은 물론 경영, 의사결정 등 인간이 많이 관여하는 사회 각 분야에 이용되고 있다.

본고에서는 일본에서의 최근 퍼지 응용 시스템의 실제 적용 예를 10종류 소개하고, 현재의 응용 현황을 각 분야별로 대별하여 알아보고자 한다. 그리고 최근에 퍼지를 산업적으로 가장 많이 응용하고 있는 일본의 한 기업의 퍼지 응용 예를 소개한다.

2. 일본에서의 최근 퍼지 적용 예

2.1 초고속 디지털 퍼지추론 MPU

퍼지이론은 지식정보처리형 컴퓨터 개념 중에서 현실적 응용에 있어서 가장 적합하다고 생각되면서도 적용 분야는 어느 정도 아직 한정되어 있다. 지식 베이스를 획득의 어려운 점도 있지만 개발 환경에도 그 원인이 있다. 현대계에서는 기존 시스템과의 정합성의 등으로부터 PC, EWS, MCU 등을 주체로 한 소프트 오리엔티드

되어 실시되고 있지만 프로그램의 번잡함, 물 일괄처리의 어려운 점, 추론 속도의 한계 등으로 폭넓게 이용되고 있지 않다. 이와 같은 문제를 해결하고 퍼지 이론이 많은 분야에 적용되기 위한 전용 프로세서 개발이 매우 요구되고 있다. 그러므로 여기에서는 퍼지 출현에 필요한 기능을 전부 One Chip화함으로써 추론 속도 7.5MFLLIPS를 달성했다. 룰 수(960개)도 많기 때문에 대부분의 타겟 시스템에 대응될 수 있는 유연성을 가지는 LSI를 개발했다.

○ 특징

- 초고속 추론속도 : 최대 7.5MFLLIPS(2입력변수/30룰)
- 룰 수 : 최대 960룰(2입력변수/235KFLIPS)
- 멤버쉽 함수 : 56종류(전반부), 30종류(후반부)
- 다입력 변수 : 최대 16

○ 고속 추론을 위한 구조

추론 합성 규칙은 MAX-MIN중심법을 채용하고 디바이스는 1.2 μ m CMOS로 2칩 구성으로 되어 있다. 확정치 입력(6bit병렬, 2입력단자)은 레지스터에 저장된 후(16입력변수로 가능), PE(MIN/MAX 연산소자)로부터 15룰 분이 일괄처리되어 적합도가 출력된다. (전제부연산) 그리고 종합 추론 후 디지털화 되어 확정치(8bit병렬, 2출력변수)를 출력한다. 많은 룰의 고속일괄처리를

실현하기 위해 독자개발된 AFL 방식(LSI 내부에서 룰을 재구축하는)을 채용하고 SIMD 방식과 파이프라인 방식을 조합시키고 SRAM에 내장 등도 행하였다. 이렇게 하여 피지화를 10ns(SRAM의 액세스타임)을 빨리하여 MAX-MIN 연산에는 다수의 PE UNIT(542개)의 2차원 최적화 배치(적병렬 연산을 위해)로 비피지화도 포함하여 일회 추론을 4클럭에서 행한다.

○ 개발지원시스템

본 LSI를 이용한 개발지원시스템에서 사용자는 추론에 관한 프로그램을 일체 필요로 하지 않고 직접 타겟 시스템에 접속하여 에뮬레이터(실시간동작 확인, 평가)로서 사용할 수 있다. 그래픽처리로 룰을 쓸 수 있으며 수정, 변경을 행할 수 있다. 룰 확정 후에는 피지보드만으로 동작한다.

이상 LSI 및 개발지원시스템의 개요를 논했지만 피지 응용 제품의 본격적 보급에는 전용 LSI 개발이 불가피하다고 생각되기 때문에 ASSP의 전개가 주목이 된다.

2.2 디지털 피지 프로세서 『FP-3000』

가전제품을 비롯하여 많은 피지 응용상품이 판매되고 있다. 이들 대부분이 고속성을 필요로 하지 않고 마이크로 컴퓨터의 소프트 등으로 피지 연산이 실행되고 있다.

그러나 산업기계, OA기기, 통신, 차제관련, 고급가전 제품 등의 분야에서는 피지 연산의 대규모화와 실시간성이 요구되어 종래의 같은 마이크로 컴퓨터 등 범용 마이크로프로세서로는 가격을 맞출 수가 없다.

그래서 이와 같은 용도에 대응하는 목적으로 디지털 피지 프로세서 FP-3000을 개발하였다. FP-3000은 제어나 의사결정, 인식, 센싱 등의 고속처리가 필요한 용도의 피지추론을 넣은 프로세서이다.

○ 특징

- ① 고속연산 : 200KFLIPS(5조건 2결론/룰*20룰, 동작 클럭 20MHz일 때)
- ② I/F 회로설계가 용이 : SRAM 이미지가 I/F이기 때문에 CPU로 쉽게 접속시킬 수 있다.
- ③ 복수 룰 그룹 설정기능 : 룰 메모리에 3종류의 룰 그룹이 설정될 수 있다. 메모리 연산 개시 때 어떠한 룰을 실행할 것인가 설정하는 것만으로 절환할 수 있다. 예를 들면 복수동작모드를 절환하여 사용하는 용도 등이 편리하다.
- ④ 2종류 확정연산 : 확정연산으로서 중심법 이외에 최

내 높이법이 선택될 수 있다. 제어분야뿐만이 아니라 인식이나 판단 등 간단한 정보처리분야에도 응용될 수 있다. 또 ③의 복수 룰그룹 설정 기능과 함께 계층화구조의 피지연산이 1칩으로 실현될 수 있다.

- ⑤ 모니터 데이터의 출력 : 확정연산결과만이 아니라 피지출력 데이터, 룰 직함도 데이터를 읽어낼 수가 있어 정보처리분야에 응용할 수 있다.

○ 개발환경

- “FS-1000” : 지식작성, 지식데이터의 컴파일, 시뮬레이션에 의한 지식검증, 그 지식을 이용한 실시시스템 제작이 가능한 소프트웨어.
- “CE-3098” : FS-1000으로 작성한 지식을 이용하여 사용자의 타겟보드상에서의 검증이 가능한 프로세서 ICE.
- “FB-3098” : FP-3000을 탑재한 피지연산 엑셀러레이터보드.

FP-3000은 여러 분야의 응용에 대응할 수 있는 기능을 가지고 있다. 본 프로세서를 탑재함으로써 피지기술에 의한 기능을 높이는 것의 실현 및 고속성이 요구되는 용도에 넣어서 쉽게 사용할 수 있다. 또 개발단계에 따라서 필요한 개발지원 룰을 이용함으로써 단기간에 피지 응용상품이 개발될 수 있다.

2.3 열플랜트의 피지 제어 적용

제어대상으로서의 열플랜트는 많은 경우의 다입력과 다출력을 가지고 있으며 또한 조작변수, 제어변수간에 상호간섭이 큰 시스템이다. 피지제어의 이점의 하나는 피지 룰 실현에 여러 인자를 고려할 수 있는 점이다. 여기서는 피지제어를 종래 실패플랜트에 적용하고 있는 PID 제어와 병행하여 열플랜트의 다변수 제어계의 비간섭화에 적용하여 그 효과를 확인하였다.

① 대상 플랜트의 개요

제어방식 등의 여러 검증을 행한 후에 시뮬레이션 기능을 활용하는 것은 매우 중요하게 되었다. 그 검토를 유효하게 하기 위해서는 대상 플랜트의 특성을 좀더 좋게끔 찾아내는 것이 불가피하다. 여기서 대상으로 하는 플랜트는 가스 생성플랜트로 그 마스터 제어시스템은 3입력 3출력으로 나타내는 다변수 시스템이다. 각 입출력간의 특성은 연소반응식 등으로 이론적으로 구해지지만 실제 플랜트에서의 동특성 시험결과와 일치하고 있다.

퍼지제어로 사용되는 룰의 작성은 대상 플랜트의 숙련자가 가지는 경험칙칙을 룰화하는 경우가 많다. 여기서는 대상 플랜트가 신규개발기기기도 하므로 이 시스템의 특성에 의해 상호간섭을 가능한 한 제거할 수 있도록 고려하여 룰이 작성되었다.

② 시험결과

퍼지제어를 실제 플랜트에 적용함으로써 상호간섭의 억제물 퍼지제어가 행하고 정상특성의 개선은 PID제어를 이용하여 보완하도록 구성하였다. 또 실제 플랜트의 운전에서는 수동·자동 등의 모드 관리기능, 각종 변수 관리기능 및 그 유저 인터페이스가 중요하다.

③ 성과

퍼지제어를 실제 플랜트에 적용함으로써 다음과 같은 점을 알 수 있었다.

1. 룰 작성방법, 시뮬레이션 기능에 의한 검토, 장착된 제어시스템의 실현으로 실용적인 방법이 확립되었다.
2. 퍼지 룰 및 운전원의 조작 알고리즘을 계산기에 넣어 운전자동화를 실현하였다.
3. 퍼지제어를 실용화하는 경우에는 내부의 연산과정을 사용자가 이해하기 쉬운 형태로 제공할 필요가 있어 유저 인터페이스를 개발하였다.

가스 생성플랜트의 마스터제어계의 비간섭화를 목적으로 하여 퍼지제어를 적용하고 그 효과를 확인하였다. 현재 그 성과를 토대로 하여 다른 분야에도 적극적으로 퍼지적용을 이용하고자 한다.

2.4 흡수 냉운수기 퍼지 제어기

흡수 냉운수기는 냉동사이클의 프론을 사용하지 않는 환경보존에 적합한 시스템이며 도시 가스, 증기 등의 원료, 열원을 이용하여 냉운수를 발덩이나 지역 냉운방의 순환수로써 공급하는 기기이다.

기존의 디지털 PID제어에 의한 지능형 수퍼 흡수냉운수기에 더욱 고정밀한 운전성능을 실현하기 위해 퍼지제어를 개발하여 적용하였다.

○ 흡수냉운수기 제어의 개요

예를 들면, 냉방시의 냉운수기 제어는 7~12℃로 냉수 입구부로 돌아온 냉수(순환수)를 7℃의 냉수로서 공급하는 정위치 제어시스템이며 조작량으로서 원료유량 제어변의 밸브개폐도를 이용한다. 제어계의 설계문제로서는 프로세서 설정이 필요하지만 흡수냉운수기는 흡수액, 냉각수 등의 순환계통을 가지면 순환계통이 열교환이나

기액의 상변화를 따르기 때문에 모델화가 곤란하다. 숙련 오퍼레이터는 냉운수기의 내부 데이터를 관찰해가면서 동특성을 파악하고 부하의 스캐프 변동 등에 내하여 좋은 제어특성을 얻을 수가 있다. 이 경험적인 지식을 퍼지이론을 이용하여 냉운수 온도제어에 반영함으로써 고정밀제어를 실현시킬 수 있다.

○ 퍼지제어기의 구성

콘트롤러에 넣는 퍼지지식은 마이크로컴퓨터상의 퍼지시스템 개발지원 룰을 이용하여 튜닝을 행한 후 최종적으로 퍼지제어기로 이식하였다. 퍼지추론법은 MIN-MAX법을 사용하여 입력력 변수를 사용하여 5입력 1출력으로 한다.

○ 결론

흡수냉운수기의 퍼지제어를 도입함으로써 다음과 같은 특징을 얻을 수 있었다.

- ① 부하변동폭이 30% 이상일 때에는 퍼지제어에 의한 제어성능 향상이 인정된다. 특히 주어진 시간은 최대 약 25%가 단축되었다.
- ② 제어가 어려웠던 시동 직후의 제어로 전용 시퀀스를 사용하지 않고 대응할 수 있었다.
- ③ 미소부하변동시의 안정도가 향상되었다.
- ④ 퍼지제어기의 접속은 범용통신선으로 행하기 때문에 기존설비의 시스템에도 간단하게 응용할 수 있다.

2.5 퍼지제어에 의한 크레인 자동운전

건설업에서는 노동환경이나 생산성면에서 자동화, 로봇화의 필요성이 고조되고 있지만 숙련 오퍼레이터의 감각이나 경험으로 조작되는 건설기계를 종래의 제어기술만으로 자동화하는 것은 곤란하다. 그래서 숙련 오퍼레이터의 노우 하우를 살린 자동화를 실현하는 것보다 적극적으로 부하의 흔들림 방지나 위치 결정 등의 복합조작이 필요로 되는 크레인 운전에서 퍼지제어를 적용하였다.

크레인운전에 종사하는 숙련 오퍼레이터의 경험을 기본으로 퍼지제어에 의한 자동운전시스템을 작성하였다. 본 시스템은 센서 등으로 얻어진 크레인 상태의 양을 입력정보로 하여 피드백시키고 실시간으로 제어를 행하는 방식으로 조작지령을 기본으로 하였다.

퍼지추론부로는 입력정보로부터 지식베이스를 기본으로 위치 결정, 진동 방지, 장애물 회피 등의 목표를 만족하는 조작지령을 결정한다. 또한 자동 운전으로는 혼

들림 방지의 조작을 계속 행하여 가면서 장애물을 회피하는 경로를 이동하여 목표 위치에 위치 결정을 하는 크레인 조작을 자동으로 행할 수가 있었다.

개발한 자동운전 시스템의 성능을 평가하는 각종 실험을 행하였다. 실험에 사용된 모델은 주행, 횡행, 상하운동의 3요소 조작자유도를 가지는 3차원 주행 크레인 모델로 주행 4m, 횡행 2m, 상하 2m의 가동영역이 있다.

기본적인 조작확인을 위한 실험으로는 숙련자와 마찬가지로 조작으로 진동을 감소해가며 발전시켜서 목표 위치에 위치 결정이 가능하였다.

2.6. 퍼지제어를 이용한 AUTOCRUISE시스템

자동차의 AUTOCRUISE시스템은 비선형제어계의 하나로 종래에는 PID제어가 주류였다. 그러나 실제 문제점으로서 노면의 기울기 변화에 대한 차 속도의 안정이 곤란하고 부드러운 내리막길에서는 전후 가속도의 변화가 있어서 승차감이 나빠며 엔진의 사양(가솔린과 디젤 등의 다른 점)이 다르면 튜닝에 매우 많은 시간이 걸린다는 문제점들이 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 퍼지제어를 적용한 AUTOCRUISE시스템을 개발하였다. 본 시스템은 퍼지추론부의 입력으로서 실제 차량 속도와 설정 차량 속도와 편차 E 및 편차 E의 변화량 ΔE, 2가지가 이용된다. 그리고, 추론결과로 보정계수 k를 곱한 값을 엔진의 스톱-텐션계수도 Δθ로써 출력하고 있다. 보정계수 k는 엔진에 의한 구동 토크의 다른 점 등을 보정하기 위한 것이다. 퍼지추론수법으로는 MIN-MAX 중심법을 이용하였으며, 퍼지생성 룰의 수는 23개이다. 각 입출력변수의 멤버십 함수는 모두 7개의 라벨을 분산 공식에 의해 계산하였다.

본 시스템의 제어성능평가를 위해 자동차 전용도로에서 주행시험을 행하여 종래의 PID제어와 비교하였다. 부드러운 기복이 있는 도로를 AUTOCRUISE로 주행했을 때의 설정 차속도와외의 제어편차가 PID제어의 경우에는서 최대 5km/h인데 대하여 퍼지제어의 경우에는 최대 2km/h로 좋은 제어성능을 보여주었다. 부드러운 내리막길이 계속되는 도로의 경우 PID 제어에서는 전후 가속도가 발생하였다. 그러나 퍼지제어에서는 같은 곳에서도 스톱-텐션계수도 부드럽게 변화하여 승차감도 향상시킬 수 있었다. 또한 퍼지제어에서는 노면의 기울기 변화만이 아니라 바람이나 승차원 수 등의 영향도 받지

않는 것이 확인되었다. 이러한 주행시험결과는 설계상 시뮬레이션에 의한 계산결과와 아주 잘 일치하고 있다.

2.7 SHIELD기 자동굴진시스템

SHIELD공사는, 지하를 두더지와 같이 굴진하여 터널을 만드는 공사로, 이러한 두더지에 상당하는 것이 SHIELD기이다. SHIELD 자동굴진시스템은 SHIELD기의 자키(두더지의 발에 상당함)를 자동적으로 조작하는 시스템으로 자동측량과 자동방향제어의 두 서브 시스템으로 구성되고 있다.

자동측량 서브시스템으로 터널 중에 고정된 측량기기를 사용하여 움직이고 있는 SHIELD기의 위치를 계속 측정함과 동시에 이 자동측량데이터를 기본으로 자동방향 제어서브시스템으로 SHIELD기의 방향조작을 자동적으로 행하는 시스템이다. 종래에 숙련된 오퍼레이터에 의해 행해지고 있는 SHIELD조작의 가감을 퍼지이론을 이용해 시스템에 적용시킴으로써 SHIELD공사에 의한 로봇화가 발전될 수 있으리라 본다.

이러한 시스템을 실용화함으로써 다른 건설기계의 제어에도 퍼지기술이 적용될 수 있으리라고 예상된다.

2.8 실시간 퍼지제어기

철강플랜트, 제지플랜트, 석유화학플랜트 등의 프로세서제어용의 산업용 소형컴퓨터에서 가동이 되는 범용 실시간 퍼지제어기를 개발하였다.

제어기 본체에는 산업용 소형컴퓨터를 사용하며 OS로는 실시간 UNIX를 이용하고 있다. 퍼지제어기를 실현하는 소프트웨어로는 제어시스템의 입출력변수 정의나 퍼지제어 룰을 입력하기 위한 퍼지제어 시스템구축 룰 부분, 실제 프로세서로부터 입력을 기본으로 한 퍼지제어를 행하는 제어기 부분으로 구성된다.

틀로부터 입력된 입출력변수, 퍼지집합, 룰 등은 룰 컴파일러에 의한 퍼지추론평가 네트워크로 변환된다. 제어부는 이 퍼지추론평가 네트워크를 이용하여 제어연산을 행한다. 평가네트워크를 이용함으로써 고속제어가 가능하다.

룰은 IF-THEN 방식이지만, 결론부에는 퍼지집합 외에 선형식을 이용할 수도 있다. 이 시스템의 특징으로는 충실한 유저 인터페이스 기능을 가지고 있으며 룰 컴파일러 방식에 의한 고속제어가 가능하고 사용자 응용과의 인터페이스 기능을 가지고 있다.

산업용 소형컴퓨터에서 동작되는 범용실시간 퍼지콘트롤러를 개발하였다. 이 시스템은 통합제어시스템 속에서 퍼지제어를 가능하게 하였고 또한 다양한 제어기능과 협조하여 대규모 분산제어시스템의 실현을 가능케 하였다.

2.9 교량형식 선정 전문가시스템

이 전문가시스템은 하천교량을 대상으로 상하부공 형식을 선정함과 동시에 이들에 공사비 산정을 자동적으로 행하는 것이다. 하부공사 처리에서는 최적합한 다리형식의 선정, 또 평가에서는 각 교량 형식에 대한 주행성의 평가에 퍼지이론을 각각 사용하고 있다.

○ 다리형식의 선정

다리형식은 토질 등의 조건에 따라서 시공성이나 공사비가 크게 달라진다. 그러나 이들 조건은 꼭 수치적으로 표현될 수 있는 것이 아니고 많은 경우에 애매함을 포함하고 있으므로 최적합한 다리형식을 선정하는 것은 경험이 적은 설계자에게는 아주 곤란한 작업이다. 그래서 이 시스템에서는 퍼지이론을 이용하여 이러한 문제를 다음과 같이 해결하고자 한다.

시공심도가 「크다」고 하는 요소에 대한 시공심도가 약 「35m」인 경우의 교량 형식의 선정가능성을 계산하는 방법을 예로 들 수 있다.

우선 시공심도가 클 때 교량당의 선정가능성은 상호 멤버십 함수를 중첩시킨 교점이 된다. 또 「크다」고 하는 데 대한 약 「35m」에 정확성을 마친까지의 방법으로 정한다. 그리고 「크다」는 것에 대한 다리형식 선정가능성을 그 값에 따라 그 가능성을 구하게 된다. 이들의 결과를 평균화함으로써 최종적인 다리형식의 선정가능성이 구해진다. 교량형식의 주행성 평가는 엑스펜션조인트의 갯수만이 아니라 운전자가 느끼는 다리의 흔들림(진동 특성)이나 다리 교량형식이 주는 압박감(靚界)도 고려해야 하지만 이들은 주관적인 것이다. 그래서 이 시스템의 퍼지이론을 이용하여 다음과 같이 평가한다. 우선 대상이 되는 사장교의 경간 길이의 평균치를 계산하고 그 멤버십의 함수와 각 경간 길이에 대한 멤버십 함수 즉 「크다」, 「보통이다」, 「작다」 등을 겹쳐서 이들의 교점을 구한다. 그리고 이 값들에서 각각의 경간 길이에 대한 진동 특성과 시계의 멤버십 함수를 자른다(cut), 잘려진 도형을 합쳐서 무게중심을 구하면 이들로부터 최종적인 진동 특성과 시계의 평가를 얻을 수 있다. 이들 평

가와치와 엑스펜션조인트의 평가치를 가지고서 전문가시스템을 구성하여 나갈 수 있다.

2.10 증권가격의 CHART분석에의 퍼지논리 응용

퍼지논리는 애매함을 포함한 인간의 언어나 지식을 계산기로 처리하기 때문에 계산기시스템과 인간이 대화적으로 정보를 주고받는 목적을 달성하는 의사결정 지원시스템의 적용에 유효하다. 비지니스분야의 리얼타임 의사결정 지원시스템으로서 증권TRADING 지원시스템을 가지고 매매판단에 관한 노우 하우를 퍼지 룰화하여 이들을 이용하는 예를 소개한다.

증권TRADING 의사결정 지원시스템은 주식이나 채권의 상장으로부터 실시간으로 보도된 정보를 기본으로 하여 증권매매를 위한 정보를 의사결정자에게 제공하는 것으로 상장가격 정보만이 아니라 의사결정자의 매 순간에 더욱이 정확하게 매매판단을 행하는 정보도 필요하게 된다. 이와 같은 매매판단의 기준의 하나로 CHART 분석 1위라고 불리는 방법이 있다. CHART 분석에는 CHART의 패턴매칭을 이용하는 방법, CHART를 수량화하여 측정하는 방법, CHART의 특성에 관한 노우 하우를 이용하는 방법이 있다. 이들의 방법을 계산기로 처리할 수 있도록 하여 현재 시장상황에서는 각 CHART의 수범에 어느 정도로 판단할 것인가의 정보물 의사결정자에게 제공할 수 있다면 증권판매의 판단프로그램에 있어서의 의사결정자에 부담을 매우 경감시킬 수 있게 된다.

CHART 분석에 있어서 CHART를 읽는 방법에 관한 노우 하우의 하나로 그래프 빌이 만든 이동 평균선을 기본으로 하여 매매판단을 행하는 그래프 빌 방법이 있다. 이것은 「이동 평균선이 하강하고 있는 단계에서 주가가 이동 평균선을 약간 올라선 다음 곧 반발한다면 판다」고 하는 형태의 8개의 문장 룰로 구성되어 있다. 그 중에는 「약간 오르고 있다」든가 「급방 반발한다」면이라는 애매한 량에 대한 기술이 있게 된다. 이들 기술을 IF(현재의 이동 평균이 내려가는) and(과거의 가격변화가 상승) and(현재의 가격변화가 반발하는) and(과거의 헤더율이 플러스로 0에 가깝다) THEN(예상은 하강경향에 있다)와 같이 IF-THEN 룰에 퍼지변수를 포함한 퍼지 룰로 변환할 수 있다.

이와 같은 그래프 빌 법칙의 퍼지 룰화에 관한 타당성을 주가의 시계열데이터를 이용하여 평가하였다. 우선

그램 빌 법칙에서 사용하는 각 지표(이동 평균, 헤디울 등)에 대하여 퍼지추론결과가 타당하도록 그래프를 보 아가면서 멤버십 함수를 조정하고 여러가지 패턴에 대 한 장래 예측에 있어서의 상승, 하강의 정도가 일정치를 넘어서면 신호가 나오도록 하였다. 주가 CHART에 있어 서의 매매 신호와 그래프의 각 지표의 CHART의 일부를 보 면 물을 사용한 신호가 언어점을 확인할 수 있다.

3. 일본에서의 분야별 퍼지 응용 현황

최근까지 일본에서 응용된 퍼지 시스템들을 분야별로 알아보면 아래와 같다.

업 계	응용 분야(*는 연구중, %는 최신정보)
가정 전화품	공조장치/온수기/청소기/세탁기/전기밥솥 /냉장고/전자조리기/석유난방기/튀김용 렌지/비디오카메라/텔레비전(방의 밝기로 화상을 최적으로 한다)/공기청정기/조명 시스템/포단건조기/카펫 청소로봇(*) %다리미(코드레스로 옷감의 상태에 맞추어서 최적결전) %환풍기(진동개념도 포함해서 인텔리전트화)
광학기계	카메라의 동여체제어(오토포카스)/자동 추미장치/자동교환기구제어(오토이머리스) /전자현미경의 화상분석(*)
의료기기	%신체장애자용 차의자(운전자의 목소리로 움직인다) /진강관리 시스템/의료교정 평가시스템 /의료진단기/백혈구 검사장치/외래환자 관리시스템/감상선암의 화상검진시스템
자동차	자동운행시스템/연소제어/자동차문 제어 /카오디오(오토사운드 드리머)
전차차량	자동운행시스템(센다이 지하철, 히타치제작소) /차량안전제어/전차차량용공조기
건설, 빌딩용	기중기의 안정제어/기중기의 자동차운전 /유압쇼벨/퇴널의 절삭기계(실드공법) /엘리베이터의 최적제어/엘리베이터의 대기시간제어/흡수냉온수기/빌딩공조 시스템/크레인의 조종제어/크레인의 진동방지제어/콘크리트의 분열검진시스템
선박	%위성방송 자동추적 안테나 자동조향시스템(소형보트용) /연결작업의 안정제어

OA기기	컬러 펜플로터(직선과 곡선의 인자를 최적화) /복사기/컬러 복사기(*)/컬러 프린터(*) /컬러 디스플레이(*)
전자	%광학터치패널(퍼지로 읽어냄)
제어부품	온도조절기/퍼지 제어 프로그램 콘트롤러 /밸브 개폐 제어
섬유기계	장력제어/발송제어/조강제조기계
식품, 화학 제약공업	전기장의 제어/시멘트·키론/시멘트·밀 /시멘트원료조합기/소자공정의 노관리 /중이간격 조정장치 /연기터어반용 진동검진장치
공공시설	정수장의 약제산포제어/댐관리시스템 /소각장의 연소제어/상수도의 배수관리 제어/터널의 환기제어
전력, 가스	송전선조사/전력수요관리/원자로의 이상검진 시스템/가스정제 프랜트제어
서비스 관련	공공교통의 운행관리 /현금자동지급기의 지폐제어
자동차	방전기공기(방전현상의 최적제어) 공작기계의 고장진단 시스템/배어링 제조장치의 고장진단/프라스틱 성형기 제어/납땜검사 시스템/못베는 로봇/연막 가공제어/레이저 절단기/레이저 용접기 /절삭면의 평가시스템/LED의 결정성장 제어/상자에 넣은 콘베어/핑거 /스퍼티링 제어
전문가 시스템 인식기술	%해석 소프트웨어(소비자 동향분석 등에 유효) 유성인식(뉴로의 융합해서 특정화자만이 95%인식가능) 관광루트 안내시스템/핵융합 장벽설계 지원시스템/교량설계 지원시스템 /사장교의 케이블 장력지원시스템/투자 신탁시스템/손으로 쓴 문자인식/위탁매매 의사결정 지원시스템/지진예지시스템(*) /진도평가시스템(*)/객측예측시스템 /이미지 캐릭터의 전정시스템/소송시물례 이션(*)/화상인식(*)/번역시스템(*) /경영의사결정시스템(*)/인사관리(*) /능력관리(*)/도시계획(*)/날씨정보(*)
항공, 우주	로케트의 자세제어, 스페이스셔틀의 집합, 착지제어, 스페이스셔틀의 탈출판단, 항공기의 이착륙제어, 항공기의 자세제어

농립수산 관련부분	묘선별시스템(7형상선별) 농약산포시스템/목재의 품질판정/재배 관리시스템/어획수역판단/묘목재배제어
기타	화재경보시스템/방법시스템/인체센서 /게임(*)/최적골프클럽선택시스템 /작곡지원시스템

4. 일본 M사에서의 퍼지 관련 시스템 개발 현황

주 제	개 요	개발도
001 액티브 콘트롤	JR제레선이 시간표가 과밀화되어, 고속화가 요구된다. 그러나 신간선과는 달리, 커브가 많고 현재의 노선에서는 초고원심력에 의해 차체가 왼쪽으로 흔들려, 잘못되면 탈선전복사고로도 이어진다. 어느 정도의 고속화가 못되어도 승차감이 안좋은 것은 해결되지 않는다. 여기에 퍼지제어의 필요성이 있다.	개발중
002 차축 이동제어	화물열차 등이 발차할 때에는, 기관차는 후속차량의 관성력을 받고 기관차의 전륜이 떠올라가는 현상, 우력이 발생, 그리고 사고를 일으킴, 여기에 퍼지제어이 필요	개발중
003 전화회선 이용의 암중번호 인식 시스템	금융기관의 잔고의 문의 등에서 본인인가 아닌가를 확인할 필요가 있다. 이것에는 이미 등록된 암중번호와 비교하는 것이지만, 이것을 전화장치의 다이얼로써 암중번호를 얻는 것이다. 현재 푸쉬폰으로 행해지는 것은 정확하지만, 아날로그식이나 의사디지털식(이것들은 전체 70%이상)은 정확한 펄스검출은 불가능(인식률 70%이하, 중요한 암중번호이므로 인식률이 100%가 아니면 실용화로 되지 않고, 동남아시아제의 전화기에서는 인식률이 더욱 나빠진다.)으로 되어 있었다. 여기서 다이얼펄스의 퍼지카운터칩의 개발로 저가격으로 정확한 시스템이 형성되었다.	완 성

004 음성 인식 퍼지칩	음성의 성질(남성이나 여성)은 인간의 개성기관으로부터 발생하는 마찰음, 무음, 그리고 유성음으로 구성되어 있다. 여기서 음성의 기본주파수, 음성진폭레벨, 그리고 음성스펙트럼 등의 파라미터를 퍼지추론에 의해 패턴조합을 채용하여 인식률을 향상시키고 있다.	개발중
005 염색 공정의 온도 제어	염색작업은, 경험자나 숙련자의 노하우하나 감에 의지하는 것이 많다. 근년 이러한 경험자나 숙련자가 부족기미이고, 작업의 전문제어가 바람직해지고 있다. 특히 온도의 예측관리가 중요하며, 퍼지추론에 의한 예측온도제어를 행하는 것에 가치가 있다.	개발중
006 로봇 핸드	단단한 것은 딱딱고, 부드러운 것은 소프트하게 쥐는 인간의 손과 같은 손가락의 부드러움을 교묘하게 제어, 물체의 경도에 따라서 압력을 변화시키는 제어에 퍼지제어의 채용을 시험하고 있다. 또, 압력센서나 감각센서를 사용하여 퍼지추론에 의한 형상인식이나 힘의 배분을 유연하게 행하는 컴플라이언스 제어를 행함	개발중
007 원통 인쇄반	pointless guage의 퍼지제어를 이용해 guage촌법, 저석부하, 그리고 저석속 속도로부터 최적인 오버라이트 값을 퍼지연산에 의해 구하고, CNC제어장치로 출력한다.	완 성
008 지폐 인식	유통지폐(돈)의 정권(새로운 돈)이나 손권(더럽혀진 것, 주름이 있는 것, 파손된 것. 인색가 희미한 것)을 퍼지추론으로 판별한다.	개발중
009 알루미늄 압출 성형기	알루미늄 압출의 작업공정은, 금형의 형상, 알루미늄온도, 재질변화 등에 대한 압출압력이나 압출속도를 바꾼다. 이 작업공정에 있어서의 파라미터의 변화에 추종시키기 위해 퍼지제어에 의한 최적화를 시도한다.	개발중

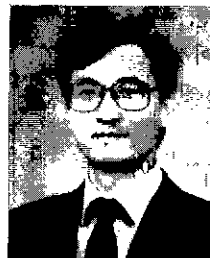
010 중형밀	석탄석의 분쇄를 최적화하기 위해 퍼지제어를 채용함.	개발 준비중
011 정미기	연산마찰정미에 있어서의 정백도, 광도, 그리고 혼조도를 퍼지제어한다.	개발 준비중
012 전해콘덴서의 제조공정	잡는 공정의 텐션 콘트론티에 퍼지제어를 채용	완성
013 프라스틱 성형기	적압 파워의 퍼지제어	개발중
014 고무성형기		개발중
015 공간정위치 제어		완성
016 사적추종 제어		완성
017 평가	제5장 참조	완성
018 공조제어		완성
019 이량제조기		완성
020 찌꺼기다듬 로봇	플라스틱의 찌꺼기들 효율 좋게 다듬는 로봇	개발 준비중
021 CNC후라 이스반	스피드와 공구이송의 최적화를 시도	개발중
022 CNC선반	공구이송과 스핀들 회전 최적화를 시도	개발중
023 CNC도리 링그	공구이송의 최적화를 시도	개발중
024 CNC조각기	컷터보냄의 최적화를 시도	개발중
025 엔진의 연소제어		완성

5. 결 론

일본에서의 퍼지 응용 제품은 각 방면에서 다양하게 창출되고 있다. 앞에서 밝힌 바와 같이 이제는 가전, 산업에의 응용 단계를 넘어서, 인간과 인간이 많이 관련되는 경영진단, 경계예측, 소비자심리, 여론조사, 의류디자인, 컴퓨터그래픽스, 인지심리분야 등에 깊이 관계되어 연구 개발되고 있어서, 앞으로 정보처리분야에의 응용에도 커다란 발전이 있으리라 믿는다.

참 고 문 헌

1. 일본퍼지학회, "일본퍼지학회지-퍼지 응용 제품 특집", Vol. 3-2, 1991. (일어판)
2. 코로나사, "컴퓨터-퍼지제어 특집-", No. 35, 1991. (일어판)
3. 단기강좌, "Fuzzy 시스템 이론 및 응용", 대한전자공학회, 1991.
4. Proceedings of the International Fuzzy Engineering Symposium (IEEE'91), 1991.
5. 일본퍼지학회, "제7회 퍼지시스템 심포지움", 1991. (일어판)



박 민 용

1973년 연세대학교 전자공학과 졸업
 1982년 동경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1982년~현재 연세대학교 전자공학과 부교수
 관심분야 : 로봇제어, 퍼지제어, 의용전자공학

어, 의용전자공학