

통합형 계측 및 제어 시스템에 관한 연구

A Study on Integration Instrumentation and Control System

이창규, 김영탁, 문희근, 김재완, 이상배

부산시 영도구 한국해양대학교 대학원 전자통신과 퍼지뉴로제어연구실
 E-mail: lck1215@bada.hhu.ac.kr, yt_kim@bada.hhu.ac.kr, hgmoon@bada.hhu.ac.kr
 brendy@naver.com, leesb@mail.hhu.ac.kr

요 약

본 논문은 산업현장에서 다양한 센서로부터 입력되는 신호를 계측하여 처리하는 통합형 계측 및 제어 시스템에 대한 연구를 통해 성과를 제시한다. 그리고 센서로부터 주어진 입력 신호에 대해서 본 시스템의 성능에 대한 평가로서 퍼지 알고리즘을 적용해 본다.

Key Words : Fuzzy, PID, 계측, 제어, 시스템

1. 서 론

일반 산업체의 계측 및 제어 시스템은 임베디드 형태를 많이 가지며 계측 및 제어 방법의 측면에서도 단순하게 수치에 대한 결과만을 그대로 처리하는 구조를 많이 가지고 있다. 따라서 높은 정밀도와 신뢰성을 요구하고 있는 군수산업과 원자력발전과 같은 특수 산업시설 및 계측 시스템에는 일반적인 계측 및 제어 시스템이 적용되기 어렵다.

통합형 계측 및 제어 시스템의 경우는 다양한 센서 신호에 대해서 신호의 특성에 맞는 Signal Conditioning 모듈로 각각 설계 되었으며 아날로그에서 디지털 변환 AD Converter 모듈이 각각 일대일 대응이 되는 구조로 되어 있다. 그리고 이 모듈들을 제어하기 위한 CPU 모듈로 구성되며 AD Converter 모듈과 CPU 모듈은 VMEBus 규정을 따라 인터페이스 버스에 연결되어 있다. 외부 채널과의 데이터 통신을 위해서 광통신 모듈로 구성되어 있다.

논문에서는 다양한 센서 입력 중에서 온도 계측에 대해 제어하는 예로서 적용한다. 일반 산업체의 시스템을 살펴보면, 대부분의 계측 시스템은 PI 제어나 PID 제어와 같은 알고리즘을 많이 사용한다. 따라서 PID 제어기와 같은 경우는 계측 및 제어 시스템에 대해서 정확한 수학적 모델이 필요하거나 전문가에 의한 P, I, D 파라미터 설정이 필요하다. 그리고 계측 및 제어 시스템에 대한 외란이 일어날 경우, PID 제어 시스템은 정밀도의 저하와 신뢰성이 상실되는 결과를 가져온다.

이러한 점을 보상하기 위해서 퍼지 제어이론을 도입하여 PID 제어기의 입력을 FLC(Fuzzy Logic Controller)로 보상하는 시스템을 적용하였다. 따라서 본 논문에서 통합형 계측 및 제어 시스템에 대해서 각각의 모듈을 구현하여 퍼지 알고리즘을 이용한 계측 및 제어시스템이 안정되고 신뢰성 있는 성능을 가지고 있음을 증명하고자 한다.

2. 통합형 계측 및 제어시스템

통합형 계측 및 제어 시스템의 구성은 그림 1과 같이 하나의 캐비닛(Cabinet)에 두개의 서브랙(Subrack)으로 이루어져 있다.

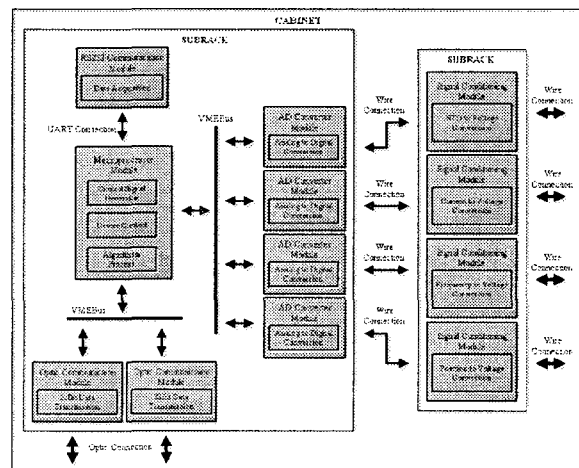


그림 1. 통합형 계측 및 제어시스템 블록도

우선, 하나의 서브랙을 살펴보면 7개의 모듈로 구성되어 있음을 알 수 있다. CPU 모듈은 AD Converter 모듈에서 변환된 디지털 신호를 처리한다. 그리고 외부에 처리된 신호를 전송하기 위해 32Bit 데이터 전송을 위한 광통신 모듈로 구성된다. 나머지 서브랙을 살펴보면 Signal Conditioning 모듈로 구성되어 있는데 축온저항제(Pt-100)의 저항전압 변환모듈, 전류전압 변환모듈, 주파수전압 변환모듈, 포텐션미터의 위치전압 변환모듈로 이루어져 있다. CPU 모듈을 제외한 모든 모듈은 3U 크기의 규격에 2채널 형태로 구성되어 있다.

본 논문에서는 이 시스템에 대해 퍼지 보상 시스템에 대한 실험을 위해서 저항전압 변환 모듈을 사용하였으며 RS232 통신 모듈을 통해서 필요한 데이터를 PC로 전송하여 PC 기반의 가상 플랜트를 실행시키고 이 결과에 대해서 다시 CPU 모듈로 전송하는 방식으로 실험이 되었다.

그림 2는 하나의 캐비닛 안에 2개의 서브랙으로 구현된 통합형 계측 및 제어 시스템을 나타낸다.

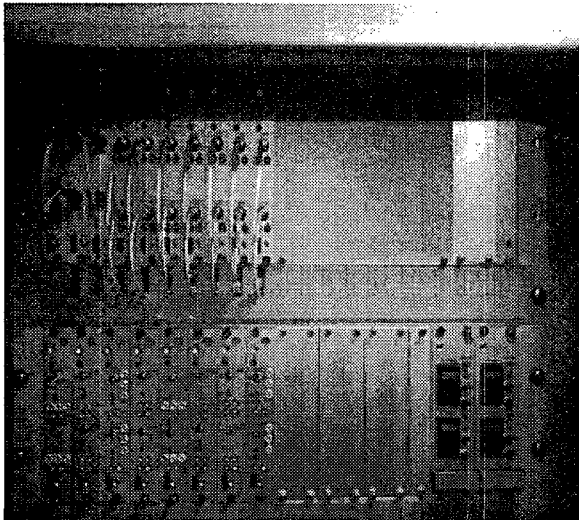


그림 2. 통합형 계측 및 제어시스템

3. 퍼지 제어시스템

통합형 계측 및 제어시스템에 적용될 퍼지 제어시스템은 그림 3과 같이 PID 제어기의 입력을 퍼지 제어기로서 보상하는 구조로 설계되었다. 여러개의 Signal Conditioning 모듈 중에서 RTD 센서 입력을 신호를 i_1 가지고서 계측하고 제어하는 시스템에 퍼지 제어시스템을 적용했다. 따라서 이 시스템에서 PID 제어기의 입력을 FLC(Fuzzy Logic Controller)로 보상하여 제어기의 성능을 향상시켰다.

여기서 사용될 FLC는 적절한 자연어적인 규칙 설정에 의해 플랜트를 구동할 수 있다. 그러므로 보상형 PID 제어기를 사용할 때는, PID 제어기에 대해 수정 또는 보완할 필요가 없어진다. 그리고 FLC는 반복적인 수행으로 응답의 근사값을 찾아간다. 그러므로 원하는 응답 특성에 정확히 근사화시켜 정밀한 제어특성을 얻을 수 있다.

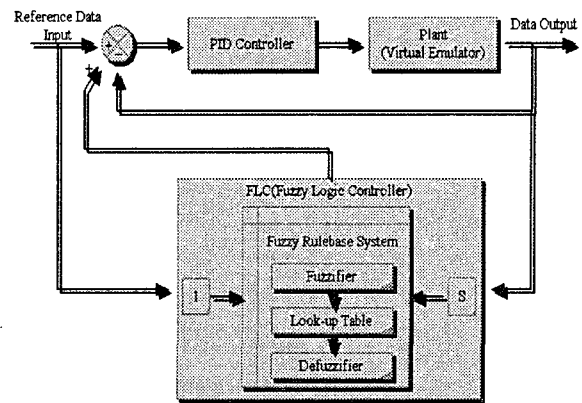


그림 3. 퍼지 제어시스템의 모델링

3.1 퍼지화(Fuzzification)

FLC를 구성하기 위해서는 제어규칙에 사용되는 애매한 언어적인 2개의 입력과 1개의 출력변수에 대해서 소속함수를 정의해야 한다.

입력변수로서 오차(e)와 오차변화량(Δe)을 사용하고 출력변수로서는 FLC의 제어입력변화량(Δu)으로 사용한다. 이것에 관계된 수식은 다음과 같다.

$$e(k) = SP(k) - Y(k) \quad (1)$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (2)$$

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k) \quad (3)$$

수식 (1)에서 $SP(k)$ 에서 퍼지 제어시스템에서 온도 설정치를 나타내며 $Y(k)$ 는 현재온도를 나타낸다. 수식 (2)는 $\Delta e(k)$ 오차 변화량이며 $e(k)$ 는 오차, $e(k-1)$ 은 샘플링 이전의 오차를 나타내고 수식 (3)은 $\Delta u(k)$ 는 제어입력 변화량, $u(k-1)$ 은 이전의 제어입력, $u(k)$ 제어입력을 각각 나타낸다.

이러한 퍼지 제어시스템에 대한 제어변수인 소속함수는 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.

소속함수에 대한 입출력 변수에 대한 전체집합(Universe of discourse) U 를 다음과 같이 11개의 레벨로 양자화시켰다.

$$U = \{-1.0, -0.8, -0.6, -0.4, -0.2, 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0\}$$

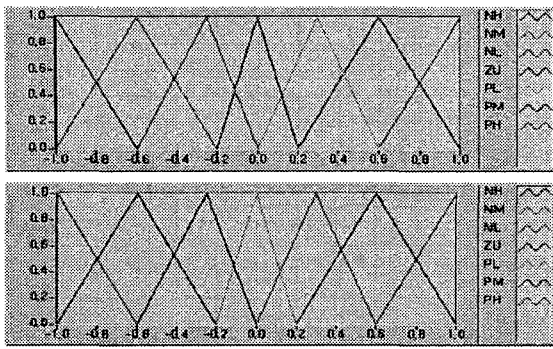


그림 4. 소속함수

3.2 퍼지추론(Fuzzy Inference)

퍼지 제어시스템에서 사용된 제어규칙은 표 1.과 같으며 언어적인 제어변수는 각각 NTH(Negative Temp. High), NTM(Negative Temp. Middle), NTL(Negative Temp. Low), ZTU(Zero Temp. Uniform-motion), PTL(Positive Temp. Low), PTM(Positive Temp. Middle), PTH(Positive Temp. High)를 나타낸다. 퍼지추론에 대한 방법은 MAX-MIN 추론법을 사용했으며 추론 결과를 비퍼지화하기 위해 무게중심법(Center of gravity)을 사용하였다.

표 1. 퍼지보상기를 위한 제어규칙

Y-R	NTH	NTM	NTL	ZTU	PTL	PTM	PTH
NTH	NTH	NTH	NTH	NTM	NTL	NTL	PTL
NTM	NTH	NTH	NTM	NTL	NTL	PTL	PTL
NTL	NTH	NTM	NTL	NTL	PTL	PTL	PTM
ZTU	NTM	NTM	NTL	ZTU	PTL	PTM	PTM
PTL	NTM	NTL	NTL	PTL	PTL	PTM	PTH
PTM	NTL	NTL	PTL	PTL	PTM	PTH	PTH
PTH	NTL	PTL	PTL	PTM	PTH	PTH	PTH

4. 실험에 대한 결과 및 고찰

4.1 통합 계측 및 제어시스템의 실험 결과

통합 계측 및 제어시스템에 외부의 입력 신호는 온도 챔버(Chamber)에 있는 측온저항체(pt-100)와 연결되어 입력된다. 그리고 RTD로부터의 변화되는 전압값을 AD Conversion 모듈로부터 받아들인다. 여기서 받은 데이터는 VMEBus를 통해서 CPU 모듈에 전송되며 퍼지 제어알고리즘이 적용된 응용 프로그램이 Firmware 기반에서 이 데이터를 처리하며 제어신호를 발생시킨다.

제어대상인 PC기반의 Virtual Emulator에 대해서 온도 챔버로부터 0°C ~ 120°C까지 온도를 10°C씩 가변시켜 설정된 온도에 수렴되는지를 확인하고 이 출력에 대해서 시뮬레이션 하

였다. 아래의 그림 5.는 이러한 실험을 위한 통합 계측 및 제어시스템을 나타내었다.

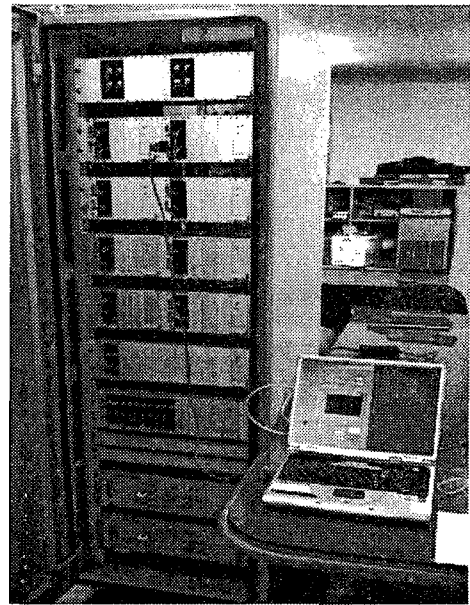


그림 5. 통합 계측 및 제어시스템의 실험

그리고 그림6.과 같이 일반적인 PID 제어시스템에서의 출력특성과 퍼지 제어시스템에서의 출력특성을 비교하여 안정된 시스템에 대한 결과를 도출하였다.

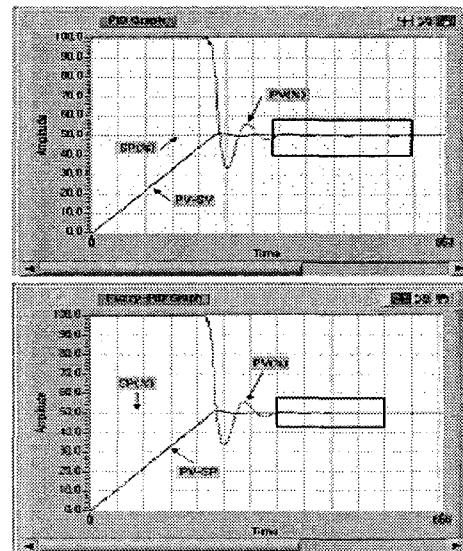


그림 6. 통합 계측 및 제어시스템의 실험

4.2 실험 결과에 대한 고찰

일반적인 계측 제어시스템에서는 PID에 대한 계수를 재설정하는 것이 전문가에 의존적이고 현장에서 발생된 오류 데이터에 대해서는 실시간으로 대응하는 것이 한계가 있다.

반면에 퍼지 보상기를 도입해서 PID 계수를

자동조정(Auto-tuning) 시킴으로써 퍼지 제어 시스템이 안정성과 신뢰성을 가진다. 따라서 인공지능 기법을 이용해서 제어시스템을 이용하는 것이 보다 효율적인 부분을 가질 수 있음을 알 수 있다.

그리고 통합형 계측 및 제어시스템의 동작도 이 실험을 통해서 안정적인 동작을 함으로서 신뢰를 얻을 수 있었다.

향후에는 다양한 입력 신호에 대한 RTOS 기반의 실시간 처리를 기반으로 하는 시스템으로 기능향상을 할 수 있는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1]Yan-Qing Yang and Abraham Kandel, "Compensatory Neuro-fuzzy Systems with Fast Learning Algorithm", IEEE Trans. on Neural Networks, 1998.
- [2]Jamshidi, Mohammad, FUZZY LOGIC AND CONTROL Software and Hardware Applications, Prentice Hall, 1998.
- [3]G.F. franklin, and A.E. Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, Reading, MA, 1986.
- [4]R.J. Thien and S.D. Hill, "Sensor Fusion for Automated Assembly Using an Expert System Shell", Proc. 5th Int. Conf. Advanced Robotics, 1991.
- [5]C.W. de Silva, Control Sensors and Actuators, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.