

퍼지제어 시스템 개발용 소프트웨어 도구

공성곤
(송실대 공대 전기공학과 교수)

1. 서론

제어대상의 규모와 복잡도가 증가함에 따라 선형시스템에 기초한 종래의 제어시스템보다 성능이 우수하면서도 플랜트의 수학적 모델링이 불필요한 지능제어 시스템의 중요도가 점차 대두되고 있다. 퍼지제어 시스템은 퍼지이론에 기초한 지능제어(Intelligent Control) 시스템으로서 주관적인 불확실성을 처리할 수 있을 뿐만 아니라 강인성을 가지고 있으며 비선형성이 강한 플랜트를 제어하기 용이하므로, PID제어기와 같은 고전제어 시스템의 한계를 극복하기 위한 대안으로써 실제 산업현장에 널리 적용되고 있다. 이에 발맞추어 퍼지제어 시스템의 설계와 시뮬레이션 과정을 간편하게 도와주는 여러가지 소프트웨어 도구들이 개발되어 퍼지제어 시스템의 구현 및 개발기간을 크게 단축해 줄 뿐만 아니라 동작환경의 변화에 따른 설계변경을 용이하게 해 주고 있다. 이러한 소프트웨어 도구들 중에서 대표적인 것으로는 fuzzyTECH, MATLAB, 순수 국내기술로 개발된 CEMTool, 그리고 독일의 MIT사에서 개발한 fuzzy이론과 신경망에 기반한 데이터분석도구인 DataEngine 등이 있는데, 여기서는 대표적인 fuzzyTECH와 MATLAB Fuzzy System Toolbox를 소개하고 주요특징을 고찰하기로 한다.

2. 퍼지제어시스템 개발용 소프트웨어도구

2.1 fuzzyTECH

fuzzyTECH는 독일의 INFORM사에서 개발한 퍼지제어 시스템 설계용 소프트웨어 도구로서, 퍼지제어기를 설계하

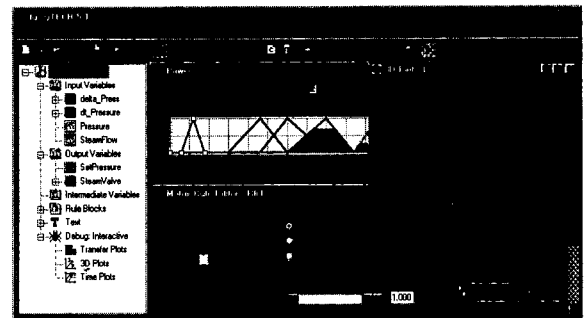


그림 1. fuzzyTECH를 이용한 제어기 설계과정

는 각 단계마다 visual한 환경을 제공하며 자체의 분석 도구와 시뮬레이션 도구를 이용하여 보다 쉽고 빠르게 설계하고 성능을 평가할 수 있도록 도와준다. 또한 C와 어셈블리 언어 그리고 MATLAB을 위한 코드 생성기가 있어 여러가지 산업제어 문제에 바로 적용할 수 있도록 구현을 용이하게 해 준다. fuzzyTECH에서 제공되고 있는 Fuzzy Design Wizard는 퍼지논리의 기본적인 prototype을 자동적으로 정의해 준다. 경험이 부족한 설계자에게는 step-by-step으로 전체 디자인 과정을 보여주며 숙련자들에게는 단 몇 분만에 system prototype을 설계할 수 있도록 해 준다. [그림 1]은 fuzzyTECH를 이용한 퍼지제어기 설계과정을 나타내는 화면으로 그래픽 환경에서 멤버쉽함수를 편집하고 및 제어평면과 파라미터를 확인할 수 있다.

fuzzyTECH를 이용하여 퍼지제어 시스템을 설계하는 과정은 언어변수를 이용하여 시스템의 구조를 설정하고 멤버쉽함수들과 rule block들, 설계과정의 documentation, 그리고 퍼지논리 규칙베이스들의 형식을 결정하는 단계로 구성되어 있다. 제어시스템의 초기구조가 결정되면 인터랙티브한 디버깅환경을 이용하여 입출력 학습데이터

를 이용하여 멤버십함수를 튜닝하고 사용되지 않는 퍼지 규칙을 삭제하는 등 오프라인으로 최적화한다. fuzzyTECH는 시스템을 테스트하고 검증할 수 있도록 8가지의 디버그 모드를 제공한다. 오프라인 과정에서 설계된 제어기를 모델링된 플랜트에 부착해서 그래픽 화면에서 simulation할 수 있다. 시뮬레이션이 끝나면 실제 하드웨어로 구성된 플랜트에 적용하여 온라인 최적화를 수행한다. 온라인 최적화는 작동중인 프로세스에서 runtime 상태로 제어 파라미터를 수정하고 화면에 표시해 준다. 이 과정에서 전체 추론과정을 시각화해서 관찰할 수 있으며 시스템을 정지시키지 않고 프로세스 데이터를 실시간으로 기록하면서 각종 파라미터를 수정하며 제어기의 성능을 평가할 수 있다.

fuzzyTECH는 공업표준 인터페이스인 DLL, OLE, ANSI-C, OLE/ActiveX 등을 지원하여 흔히 사용되는 Simulink, InTouch, Excel, visual Basic 등과 자연스럽게 링크되며 M code generator에 의해 생성된 M파일을 이용하여 VisSim과 MATLAB/Simulink를 이용할 수 있다. 또한 fuzzyTECH에는 필요에 따라 기본 시스템에 NeuroFuzzy 모듈, FuzzyCluster 모듈, WinFACT 모듈, DIAdem 모듈 등을 추가할 수 있다. NeuroFuzzy 모듈은 주어진 시스템의 응답으로 얻은 입출력 데이터들을 학습하여 멤버십함수와 퍼지규칙 등 퍼지제어 시스템의 파라미터를 자동적으로 최적화할 수 있다. FuzzyCluster Module은 샘플 입출력 데이터의 전처리 과정을 통해서 불필요한 데이터들을 제거하고 신경회로망의 학습시간을 단축시켜 주므로 NeuroFuzzy Module과 함께 사용된다. WinFACT Module은 stand-alone의 시뮬레이션 모듈이며, DIAdem Module은 자체 데이터 처리 및 분석도구들을 이용하여 센서신호를 처리하고 데이터를 분류하는데 사용된다.

NeuroFuzzy 모듈에서는 퍼지논리와 신경회로망 기술을 조합한 뉴로퍼지 모델을 이용하여 입출력 데이터를 학습함으로써 퍼지제어 시스템의 파라미터를 최적화 한다. 즉, 퍼지제어 시스템에서 사용되는 퍼지화(fuzzification), 퍼지추론(fuzzy

inference), 비퍼지화(defuzzification)과정을 각각 다층구조 신경회로망의 입력층, 중간층, 출력층으로 대응시켜, 신경회로망의 학습 알고리즘으로 널리 사용되고 있는 에러 백프로파게이션(error backpropagation) 학습 알고리즘을 적용시킴으로써 퍼지제어 시스템의 파라미터를 최적화한다. [그림 2]는 설계된 제어기를 에러 백프로파게이션(error backpropagation) 알고리즘을 이용하여 학습시키는 과정을 나타낸다. 학습이 진행됨에 따라 제어기의 출력과 원하는 출력사이의 오차가 점차 감소하는 것을 보여준다.

2.2 MATLAB Fuzzy System Toolbox

MATLAB은 미국 MathWorks사에서 개발한 행렬연산 및 수치해석 프로그램으로서, 강력한 그래픽기능을 포함하여 고성능의 수치계산 및 결과의 가시화 기능을 제공한다. MATLAB은 'MATrix LABoratory'의 약자로서 데이터를 행렬이나 벡터와 같은 기본적인 자료의 단위로 처리하는 프로그램이다. 따라서 자료를 다차원화(dimensioning)할 필요가 없으며, C나 FORTRAN과 같은 통상적인 프로그래밍 언어들을 사용하지 않고도 쉽게 수치해석, 행렬연산, 제어기 설계, 신호 및 영상처리 등 광범위한 공학적 문제들을 뛰어난 그래픽 기능을 이용하여 interactive하게 편리하고 신속하게 처리할 수 있다. MATLAB은 선형대수와 같은 이공계통 과목을 위한 표준 교육용 소프트웨어로 자리잡았으며, 산업분야에서는 실제적인 수학적, 공학적 문제를 해결하는데 이용되고 있다. 특히 제어공학 분야, 통계학, 신호처리 그리고 알고리즘 구현 등의 분야에서 광범위하게 사용되고 있다.

MATLAB의 가장 큰 특징은 스크립트 파일인 M-파일을 사용함으로써 특정한 해를 구하는데 필요한 응용 프로그램들을 손쉽게 이용, 작성할 수 있다는 점이다. M-파일이란 매크로 파일로서 해석기 방식으로 수행되며 사용자가 텍스트 에디터를 이용하여 직접 작성할 수 있는 프로그램이다. 기본적인 내부 명령들뿐만 아니라 다른 M-파일도 불러서 사용할 수 있으며, 특정한 문제를 풀기 위하여 사용자가 직접 손쉽게 M-파일을 작성하여 사용할 수 있다. MATLAB은 다른 프로그래밍 언어를 사용하지 않고 M-파일만으로 손쉽게 응용 프로그램을 작성할 수 있는 확장성과 가능성을 가지고 있으므로 사용자는 자신의 응용분야에 적합한 시스템 설계작업을 간편하게 할 수 있다.

Fuzzy System Toolbox는 간편한 사용자 인터페이스를 통해 손쉽게 퍼지제어 시스템을 설계할 수 있게 해준다. 도구상자(Toolbox)란 관련된 M-파일들을 응용 분야별로 모아 놓은 것으로서, 특정한 분야의 문제를 풀기 위한 확장된 MATLAB 환경을 제공한다. Fuzzy System Toolbox

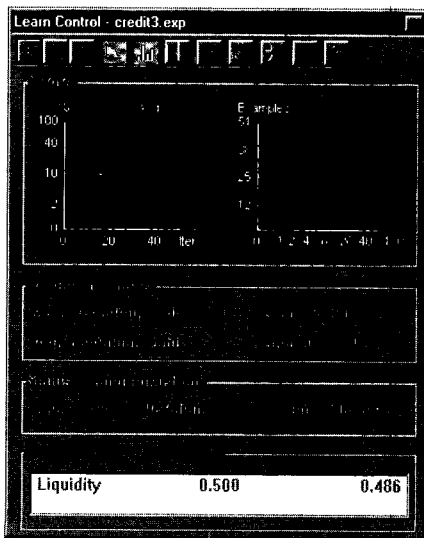


그림 2. 뉴로-퍼지 모델의 학습과정

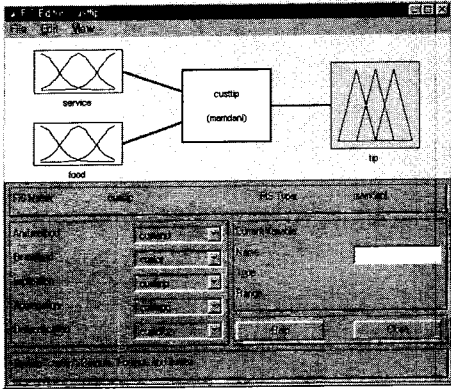


그림 3. MATLAB Fuzzy System Toolbox를 이용하여 퍼지제어기를 설계하는 과정

터페이스를 통해 바로 시스템을 가시화할 수 있고 시스템의 성능을 미세한 부분까지 최적화 할 수 있다. 큰 특징은 사용자 하여금 퍼지이론을 신속하게 마스터하고 실제적인 문제에 적용시킬 수 있도록 한다. 이미 퍼지논리에 익숙한 사용자들에게는 더욱 발전된 형태의 일반적이고 융통성있는 해결책을 만들기 위한 발전된 방법들을 제공한다. 그리고 독특한 5개의 그래픽 에디터를 통해 퍼지시스템 디자인을 할 때 필요한 정보를 수시로 제공 받으면서 값을 입력할 수 있다. [그림 3]은 MATLAB Fuzzy System Toolbox를 이용하여 퍼지제어 시스템의 구조를 정의하고 추론방법, 멤버쉽함수, 입출력 방법, 비퍼지화 등을 정의하는 과정을 나타낸다.

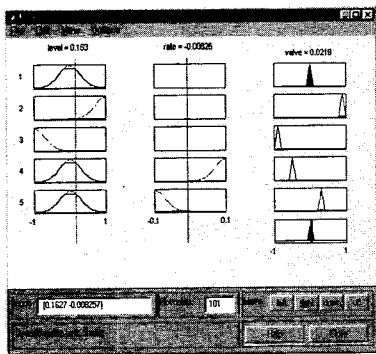


그림 4. 퍼지제어시스템 내부의 상태, 추론과정 및 출력을 확인하는 과정

기에 입력데이터를 넣어보면서 퍼지시스템 내부의 상태 및 추론과정, 비퍼지화된 출력을 확인하는 화면으로서 각 규칙이나 멤버쉽함수들이 전체 시스템에 얼마나 영향을 주는지 한눈에 알 수 있게 해준다. 완성된 제어기는 code generator를 이용하여 C코드로 변환하여 실제 응용 분야에 직접 사용할 수 있을 뿐 아니라 MATLAB 환경내에

는 퍼지 clustering 이라든가 적응 뉴로-퍼지 학습과 같은 최신의 퍼지 제어 기술과 관련된 이론들을 포함하고 있으며 그래픽 기능이 뛰어난 사용자 인

서 simulink의 하나의 블록으로 사용하여 다양한 시뮬레이션을 해 볼 수 있다.

3. 결론

이상에서 설명한 퍼지제어 시스템 개발용 소프트웨어 도구들은 지능제어 전문가들의 오랜 경험을 바탕으로 한 설계과정을 토대로 하여 제작된 소프트웨어 도구이기 때문에 개발자들이 필요로 하는 기능들을 모두 포함하고 있다. 또한 wizard나 자동화된 기능을 이용하여 전문가의 조언을 간접적으로 활용하여 설계에서부터 최적화까지 하나의 도구를 이용하여 신속하게 마칠 수 있어 아이디어를 실제 시스템으로 구현할 때까지의 기간을 단축시킬 수 있을 뿐 아니라 개발인원 및 개발비용의 절감 등 많은 효과를 기대할 수 있다.

4. 관련 사이트

퍼지제어 시스템 설계를 도와주는 소프트웨어에 관한 보다 자세한 자료는 다음 인터넷 홈페이지를 통해서 찾아볼 수 있다.

- 1) <http://www.fuzzytech.com/> : fuzzyTECH의 홈페이지
- 2) <http://www.mathworks.com/> : MATLAB을 제작한 MathWorks 사의 홈페이지
- 3) <http://cemtool.snu.ac.kr/> : 순수 국내기술로 개발한 과학기술용 윈도우즈 패키지인 셈툴(CEMTool) 홈페이지
- 4) <http://www.mitgmbh.de/> : Fuzzy이론과 신경망을 이용한 데이터분석 도구 DataEngine의 개발회사인 독일 MIT사 (Management Intelligenter Technologien GmbH)의 홈페이지

저자 소개



공성곤(公聖坤)

1982년 서울대 공대 전기공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1991년 미국 University of Southern California 전기공학과 졸업(공박), 1992년-현재 송실대 공대 전기공학과 부교수. 현재 전기학회 컴퓨터 및 인공지능연구회 간사장.