

# 퍼지 논리 제어기의 이해를 위한 교육용 자바 애플릿의 개발

김 동 식, 서 삼 준, 김 윤 배

순천향대학교 공과대학 정보기술공학부

안양대학교 공과대학 전기·전자공학과

순천향대학교 공과대학 제어계측공학과

(1999. 12. 20. 접수)

## Development of an Educational Java Applet for Understanding Fuzzy Logic Controller

DongSik Kim, SamJun Seo, YoonBae Kim

*Division of Information Technology Engineering, College of Engineering, Soonchunhyang University*

*Department of Electrical & Electronic Engineering, College of Engineering, Anyang University*

*Department of Electrical & Electronic Engineering, College of Engineering, Soonchunhyang University*

*(received December. 20. 2000)*

### 국문요약

월드 와이드 웹은 사이버 교육에 있어서 인터넷을 통한 새로운 기회를 제공한다. 웹은 다른 네트워크 기술과 결합하여 학습자에게 유용한 교육정보를 제공하는데 유용하다. 따라서, 본 논문의 목적은 인터넷 상에서 퍼지 논리 제어기의 개념을 이해하기 위한 자바 애플릿을 개발하는 것이다. 개발된 자바 애플릿은 4개의 프레임(퍼지화기, 제어규칙, 추론 엔진, 비퍼지화기)으로 구성이 되어 있다. 데이터의 전송은 하나의 프레임에서 나머지 프레임으로 전송이 되도록 하여, 사용자가 쉽게 퍼지 논리 제어기의 수행과정을 관찰하고 이해할 수 있도록 하였다. 본 논문의 결과는 사이버 대학에서 사이버 강의의 능력을 향상시키는데 사용될 수 있다.

### Abstract

The World Wide Web provides new opportunities for cyber education over the Internet. The web, when combined with other network tools, can be used to provide useful educational information to learners. Thus, the objective of this paper is to

develop Java applet for understanding the concept of Fuzzy Logic Controller (FLC) on the Internet. The developed Java Applet is composed of four frames: fuzzifier, rulebase, inference engine and defuzzifier. Since data transmission can be achieved from one frame to other frames, users can easily observe and understand the process of FLC. The results of this paper can be used to improve the efficiency of lectures in the cyber university.

**keyword**-Internet, Fuzzy Logic Controller, Java Applet.

## 1. 서론

### 1.1 배경 및 목적

첨단과학의 복잡한 현대 정보화 사회에서 인터넷이라는 중요한 네트워크 기술은 급속도로 발전하고 있다. 또한 이를 지원하는 초고속 통신망과 같은 기반 시설도 계속 발전하고있고 이러한 환경을 교육에 활용하려는 움직임 또한 증가하는 추세에 있다 [1].

본 논문에서는 이러한 네트워크 환경을 통하여 학습자가 공학기술에 대해 흥미를 가지고 쉽게 이해를 할 수 있도록 하기 위해 현대 제어 이론으로 최근에 각광 받고 있는 퍼지 논리 제어기를 학습자의 입장에서 알기 쉽게 구성하였다. 최근에 실행하고 있는 사이버 강의와 같은 경우는 교수와 학생이 서로 다른 공간에서 학습이 이루어지기 때문에 흥미를 잃을 수 있을 뿐만 아니라 지식의 전달이 올바르게 이루어지기가 힘들다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 실제로 퍼지 논리 제어기를 학습자가 월드 와이드 웹(WWW : World Wide Web) 상에서 JAVA 언어를 이용하여 직접 구현함으로써 동적인 이미지를 통하여 그 동작원리를 쉽게 이해하도록 하였다 [2]-[6].

### 1.2 구성 및 개발 환경

프로그램의 구성은 퍼지 논리 제어기의 구성을 보여주는 애플릿과 각 구성 요소에 대한 프레임으로 나누어져 있다. 각 구성 요소에 대한 프로그래밍을 살펴보면 퍼지화기(Fuzzifier)에서는 싱글톤 퍼지화기(Singleton Fuzzifier)와 삼각형 퍼지화

기(Triangular Fuzzifier)를 채택하였고, 추론방법으로는 대표적인 추론 방법인 Mamdani 추론방법과 Larsen 추론방법으로 구성되어 있으며, 비퍼지화기에서는 Maximum Defuzzifier에서 Smallest of Maxima 방법과 가장 많이 사용하고 있는 Simplified Center of Gravity Defuzzifier 방법을 채택하였다. 그리고 각 구성 요소들의 데이터를 서로 주고받음으로써 입력데이터에 의한 결과를 확인할 수 있도록 하였다 [2][7][8].

프로그램의 개발언어로는 최근에 급부상하고 있는 썬 마이크로시스템즈(Sun Micro-systems)에서 개발한 JAVA를 채택하였다. JAVA는 WWW 상에서 여러 가지 특수 효과를 쉽게 구현할 수 있는 네트워크 기반의 언어로서 서로 다른 운영 체제에서 가상 머신(Virtual Machine)이라고 하는 인터프리터(Interpreter)에서 실행되기 때문에 가상 머신만 제공이 된다면 서로 다른 모든 운영체제에서 JAVA 프로그램을 수행할 수 있다 [1][5].

## 2. 자바애플릿에 의한 퍼지 논리 제어기의 구현

### 2.1 퍼지 논리 제어기 프로그램의 설계

퍼지 논리 제어기 프로그램의 구조는 제어기의 구조를 나타내는 애플릿과 각 블록에 해당하는 4개의 프레임으로 구성되어 있다 [7][8].

프로그램의 구조를 살펴보면 그림 1에서와 같이 퍼지 제어기 블록선도는 각 구성요소의 데이터를

저장하고 다른 프레임에 그 값을 전달하는 역할을 한다. 프레임은 4가지로 구성이 되어 있는데 그 구성은 다음과 같다.

- ① Fuzzifier : 입력값(Error, Change of Error)을 퍼지값으로 변환한다.
- ② RuleBase : 각 규칙에 따른 추론결과를 나타낸다.
- ③ Inference Engine : 각 규칙에 따른 추론 결과를 합치는 과정을 보여준다.
- ④ Defuzzifier : 합쳐진 추론결과는 퍼지값이므로 실제 비퍼지값으로 변환한다.

에 마우스를 위치시키면 핸드커서가 발생하여 그 영역에서는 클릭함으로써 프레임을 활성화시키는 부분임을 알려준다. 그리고, 학습자의 이해를 돕기 위해 각 구성요소에서 사용된 방법들을 텍스트로 보여줌으로써 어떠한 방법이 사용되었는지를 미리 확인할 수 있다. 또한 이 애플릿에서는 각 프레임간의 데이터를 연결해 주는 일종의 연결통로와 같은 역할을 수행한다. 처음 프로그램을 실행하였을 때 각 프레임을 Fuzzifier → RuleBase → InferenceEngine → Defuzzifier 순서대로 진행이 되도록 하였으며, 만약 순서가 틀렸을 경우 모든 것이 초기화 되도록 하였다. 이러한 진행이 끝나면 어떠한 프레임이라도 활성화 되도록 하였다.

그림 1. 프로그램 구조

## 2.2 퍼지 제어기의 블록선도 애플릿

퍼지 제어기의 블록선도 애플릿은 퍼지제어기의 구성과 각 구성에서 사용된 방법들을 학습하는 애플릿이다.

이 애플릿은 그림 2 와 같이 각 구성요소 블록

## 2.3 Fuzzifier 프레임

Fuzzifier 프레임에서는 앞에서 언급한 바와 같이 싱글톤 퍼지화기(Singleton Fuzzifier)와 삼각형 퍼지화기(Triangular Fuzzifier)를 사용하여 나타내었다. 제어에서 사용하는 퍼지화 과정은 개념적으로 대집합 X에 있는 수치적인 값  $x_0$ 를 하나의 퍼지집합  $A'$ 으로 mapping하는 것이다.

$$A' = \text{fuzzifier}(x_0)$$

여기서  $x_0$ 는 Crisp Numerical Data이고,  $A'$ 은 퍼지화된 퍼지집합이며 fuzzifier는 퍼지화 연산자를 나타낸다.

그림 3은 Fuzzifier 프레임에서 입력  $X_1=10$ ,  $X_2=20$ ,  $X_1$ 의 편차가 4,  $X_2$ 의 편차가 3인 삼각형 퍼지화기의 결과를 나타낸 것이다. 왼쪽 상단에

그림 2. 퍼지논리 제어기의 블록선도 애플릿

그림 3. Fuzzifier Frame

있는 초이스박스에서 Fuzzifier 방법을 선택하고 각각의 데이터를 4개의 TextField에 입력하여 그래프 창에서 퍼지화한 결과를 확인할 수 있다. 싱글톤 퍼지화기를 선택했을 경우에는 표준편차를 나타내는 TextField는 사라짐과 동시에 편차값은 0으로 세팅된다. 이러한 학습이 끝나면 왼쪽 하단의 버튼을 클릭함으로써 프레임 창을 닫게 되어 있다.

#### 2.4 RuleBase 프레임

퍼지 제어기에서 제어규칙(Control Rule)은 “If-then” 형태로 구성 되어있다. 퍼지 제어규칙은 함의(Implication)의 형태로 이루어져 있으며 제어변수가 2개이고 규칙수가 N개일 경우 다음과 같이 나타내어진다(10).

$$R^i : \text{If } x_1 \text{ is } A_i \text{ and } x_2 \text{ is } A_{i2}, \text{ then } B_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, N)$$

그림 4는 앞 절의 Fuzzifier에서 데이터를 받아서 Rule1에 의한 추론한 결과를 보여주는 RuleBase 프레임이다. 이 프레임에서는 각 규칙에 대한 추론 결과를 보면서 어떤 결과가 나타나는가를 학습한다. 프레임의 하단 부분은 라디오 버튼을 이용하여 추론방법과 Fuzzifier 방법을 선택할 수 있도록 하였으며,  $X_1$ 과  $X_2$  축의 원하는 부분에 마우스를 갖다 놓으면 그림 4와 같이 핸드커서가 발생하고 클릭을 하게 되면 입력값을 재조정할 수가 있다. 오른쪽 부분은 If-then 규칙을

그림 4. RuleBase Frame

나열한 함의의 형태와 영역별로 나타낸 형태를 동시에 확인해 볼 수 있도록 하였다. 삼각형 퍼지화기일 경우 그래프 오른쪽에 +, -버튼을 클릭함으로써 편차값을 조정할 수가 있다. 추론 방법으로는 일반적으로 많이 사용되는 Mamdani 추론방법과 Larsen 추론방법을 사용하였다.

#### 2.5 Inference Engine 프레임

이 부분은 제어규칙에 소속 함수를 도입하고, 측정된 변수들에 대한 소속 함수를 사용하여 제어 입력의 소속 함수값을 구하는 과정을 학습한다. 추론 방법으로는 여러 가지가 제안되고 있으나 가장 일반적인 Mamdani's mini-fuzzy implication과 Larsen's product-fuzzy implication이 사용되었다(2).

그림 5의 Inference Engine 프레임에서는 각 규칙에 대한 추론결과들을 합치는 과정을 보여준다. 위의 4개의 규칙에 대한 추론결과를 보여 주면서 4개의 규칙에 대한 추론결과 버튼을 클릭하면서 합쳐진 모습을 관찰할 수 있도록 하였다. 전체 추론결과를 다시 보고 싶을 경우 ‘Clear’ 버튼을 누르면 전체 추론결과가 지워지고 이와같은 학습과정을 반복할 수 있다.

그림 5. Inference Engine Frame

#### 2.6 Defuzzifier 프레임

Defuzzifier는 앞에서 추론된 결과인 퍼지값을 실제 제어에 필요한 비퍼지값으로 변환하여 주는 과정이다. 퍼지 제어기의 퍼지 추론장치에서 나온

결과는 제어출력의 가능성을 나타내는 퍼지 집합이다. 이러한 가능성을 나타내는 집합에서 가장 효과적인 출력값을 정하는 것이 Defuzzifier 과정이고 Defuzzifier 방법으로는 무게중심법과 간략화된 무게중심법, Maximum Defuzzifier 방법 등 여러가지가 있다 (2)(7)(8).

그림 6. Defuzzifier Frame

그림 6의 Defuzzifier 프레임은 Inference Engine 프레임에서 나온 결과를 비퍼지화를 한 결과를 보여주는 프레임이다. 이 부분에서는 Smallest Of Maxima 방법과 Simplified Center Of Gravity 방법(SCOG)을 한 화면에 출력하여 비교할 수 있도록 하였으며, SCOG 방법에서 각 규칙에 의한 COG 값들을 버튼을 눌러서 확인하고 SCOG 버튼을 눌러 최종 출력 값을 확인하여 비퍼지화 과정을 이해할 수 있도록 하였다. '정리' 버튼들은 각 Defuzzifier 방법에 대하여 간단하게 정리한 집합이나 수식을 볼 수 있도록 하여 집합이나 수식의 의미를 이해할 수 있도록 하였다. 이 밖에도 무게 중심법(COG)도 많이 쓰이는 방법이지만 적분에 대한 프로그램이 어렵고 많은 시간적 투자를 필요로 하기 때문에 여기서는 사용하지 않았으며, 대신 제어에 가장 많이 쓰이는 SCOG를 사용하였다.

## 2.7 애플릿과 프레임 간의 데이터 통신

제안된 프로그램은 하나의 애플릿과 4개의 프레임으로 구성이 되어 있고 4개의 프레임이 서로 연

결이 될 수 있도록 데이터를 공유하여 학습자들에게 퍼지 제어기가 동작하는 것을 보여주는 것이 목적이다. 그러한 목적에 맞도록 제작하기 위해서는 데이터를 주고받는 것은 매우 중요하다. 자바에서는 데이터를 주고받는 방법은 많지만, 여기서는 애플릿과 프레임 간의 통신 방법을 이용하였다 (5)(6). 즉, 퍼지 논리 제어기 블록 선도 애플릿에서 프레임 객체 변수를 받아서 다른 프레임들에 그 변수값을 전달하는 방법을 사용한다. 초기에는 순서대로 진행이 되므로 데이터를 다음 프레임에만 전달하면 되지만 순서에 의한 진행이 끝나면 현재 프레임에서 나머지 프레임에 그 데이터를 전달하도록 해야 어떠한 프레임에서도 그 데이터에 의한 결과를 볼 수 있다. 프레임에 데이터 전달을 제어하는 것은 애플릿에서 수행하며, 각 프레임은 이전 프레임의 데이터를 애플릿에서 가져와 결과를 확인하고 데이터를 변환하게 된다. 그렇게 변환된 데이터를 애플릿으로 다시 넘겨주는 메소드를 프레임 안에 첨가하여 애플릿과 서로 데이터를 주고받는다. 따라서, 학습자 스스로가 입력값을 설정하고 입력값에 의한 결과를 프로그램의 진행에 따라 관찰할 수 있다.

## 3. 결론

본 논문에서는 인터넷을 통하여 학습자가 효과적으로 퍼지 제어기를 학습할 수 있도록 자바 언어를 이용한 애플릿을 제작하였다. 학습자가 스스로 데이터를 입력하여 퍼지 제어기가 동작하는 과정을 살펴보면서 이해하도록 하였기 때문에 많은 교육적 효과를 가져 올 수 있을 것으로 생각된다. 비록 간단한 형태의 퍼지 제어기로 구성되어 있지만 퍼지 제어를 학습하는 데는 별다른 무리가 없으리라고 생각된다. WWW 상에서 구현이 되는 이 교육용 퍼지 제어기 프로그램은 다음과 같은 교육적 효과를 가진다.

첫째, 여러 학습자가 동시에 학습할 수 있다. 자바 프로그램은 학습자의 컴퓨터에 다운 로드되어 실행하고 연산을 하기 때문에 서버에 무리를

주지 않는다.

둘째, 학습자가 시간과 장소에 구애를 받지 않고 학습할 수 있다. 학습자는 컴퓨터와 인터넷이 연결된다면 언제 어디서든지 학습을 할 수 있다.

셋째, 흥미로운 학습을 할 수 있다. 시각적인 효과에 중점을 두어 제작하였고 어려운 집합이나 수식을 가능한 배제하여 학습자가 쉽게 이해하도록 하였다.

넷째, 순수 자바로 프로그램이 구성되어 있어

어떤 종류의 플랫폼에서도 실행될 수 있다.

앞으로 인터넷을 통하여 많은 교육이 이루어질 것이며 인터넷을 통한 학습자 역시 증가하리라 본다. 따라서, WWW 상에서 구현할 수 있는 많은 교육용 프로그램의 개발이 필요하다. 이러한 교육용 프로그램이 학습자의 이해를 도울 수 있다면 앞으로 교육에 대한 많은 혁신을 불러일으킬 것으로 생각된다.

### [참고문헌]

- [1] 임승현, "웹을 이용한 원격제어시스템 GUI," 성균관대학교 석사학위논문, 1998.
- [2] 변중남, 퍼지 논리 제어, 홍릉, pp.2-181, 1997.
- [3] 임영도, 이상부, 퍼지·신경망·유전진화, 영과일, pp.11-105, 1998.
- [4] 김영민, "자바를 이용한 마이크로 프로세서 시뮬레이터 개발에 관한 연구," 공주대학교 석사학위논문, 1998.
- [5] 고려대학교 시스템연구회, 정품 소프트웨어가 들어있는 JAVA 2, 정보문화사, 1999.
- [6] John December, 자바 맛보기, 씨에이, 1995.
- [7] 채 석, 오영석, 퍼지이론과 제어, 청문각, pp.181-291, 1995.
- [8] Li-Xin Wang, A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall, pp.1-117, 1997.
- [9] Ching-Teng Lin, C. S. George Lee, Neural Fuzzy Systems, Prentice-Hall, pp.142-179, 1996.
- [10] 박태홍, "비선형 계통의 퍼지 가변 구조 제어기 설계," 고려대학교 박사학위논문, 1994.