

객체지향분석 및 설계방식을 이용한 퍼지 제어프로그램 개발환경

김종규*, 김영달, 이광형

Design and Implementation of Fuzzy Control Program Development Environment using Object Oriented Analysis and Design.

Jongkyou Kim* Young Dal Kim Hyung Lee-Kwang
Dept. of Computer Science
Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

퍼지 제어를 위한 퍼지 규칙베이스를 구축할 때 여러가지 문제가 발생한다. 이것은 주로 시작적으로 이해되어야 할 많은양의 데이터가 단순한 문자열로 표시되기 때문에 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 CASE(Computer Aided Software Engineering)방법을 사용하여 퍼지 시스템을 설계하는 퍼지셸(fuzzy shell)이 제안되어 구현되고 있다. 퍼지이론이 계속 발전해가고 있기 때문에 퍼지셸은 사용자의 요구에 맞춰 새로운 기능을 추가하거나 기존 기능을 수정할 필요가 빈번히 발생하게된다. 따라서 퍼지셸을 설계할 때는 요구사항 변화를 용이하게 수용할 수 있도록 해야한다. 이 논문에서는 이와 같은 목적을 달성하기 위해 객체지향적 방법을 사용하여 퍼지셸을 분석, 설계하고 구현한 결과를 소개한다. 이 논문에서 소개한 퍼지셸은 본 실험실에서 구현한 고속 퍼지연산, 추론기관인 KAF 시스템을 이용하는 소프트웨어로 사용될 수 있도록 개발이 진행되고 있다.

1 서론

Zadeh 교수에 의해서 제안된 퍼지이론[1]은 오늘날 많은 분야에서 이용되고 있다. 이 이론은 먼저 제어 분야에서 성공적으로 적용되었고, 인간의 지식을 필요로하는 시스템들을 설계, 구현하는데 이용되고있다.

퍼지이론을 구현하는 방법은 대부분의 경우 범용 컴퓨터상에서 소프트웨어를 사용하는 것이다. 그러나 실시간 응용에서는 추론속도에 제한이 있는 관계로 특별한 하드웨어를 사용하기도 한다.

퍼지이론을 이용하는 일반적인 방법은 퍼지추론을 이용하는 것이다. 퍼지추론에서는 입력과 출력 변수를 인간이 이해할 수 있는 언어항(linguistic term)으로 변환한 후 실제 입력이 언어항을 만족하는 정도에 따라 정해진 규칙을 집화시켜 추론한다. 퍼지추론을 구현할 때, 많은 경우 순차적 프로그래밍 언어를 문자편집기로 편집하여 소프트웨어를 작성함으로써 구현하고 있다. 이러한 방법은 다음과 같은 문제가 있다.

- 입출력과 추론기관의 연관성을 직관적으로 파악하는 것이 어렵다.
- 언어항을 정의하기 위해 필요한 많은 양의 자료를 효과적으로 관리하지 못한다.
- 언어항에 관계된 자료를 변화시켜야 할 필요가 발생할 경우 수정이 어렵다.

이러한 문제는 (그림1)과 같이 퍼지 시스템의 개발을 보조하는 퍼지셸을 통하여 상당부분 해소될 수 있다고 보고 효과적인 퍼지셸을 구현하기 위한 노력이 기울여져왔다[2, 3, 4].

퍼지셸은 다음과 같은 기능을 제공해야한다.

- 입력, 출력, 추론으로 구성된 시스템의 전체 구조를 설계하는 기능을 제공해야한다
- 변수의 언어항을 편집하는 기능을 제공해야한다.
- 정의된 변수와 언어항에 따라 추론규칙을 정의할 수 있게해야한다.
- 구성된 시스템을 시뮬레이션하는 기능을 제공해야한다.

위와 같은 기능을 제공하는 소프트웨어들은 개발자에 따라 서로 다른 이름으로 불리지만, 본 논문에서는 편의상 퍼지셸이라는 이름으로 부르기로 한다.

퍼지셸의 특징으로 들수 있는 것은 그래픽환경을 기본으로하여 구성된다는 점이다. 시스템 구조설계, 추론 규칙의 등록, 추론 규칙의 기본을 이루는 언어항 편집등이 모두 그래픽 환경에서 이루어진다. 퍼지셸에 있는 각각의 기능은 일종의 그래픽 편집기라고 볼 수 있는 것이다. 퍼지셸을 구성하는 부시스템(sub-system)에는 그래픽 편집기능 이외에도 많은 공통적인 기능들이 존재한다.

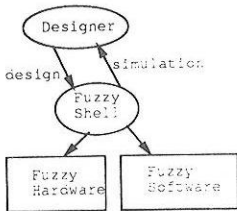
객체지향 방식을 적용한 분석, 설계방식은 퍼지셸에 존재하는 공통적인 기능들을 찾아내어 구현하는데 적합한 방식이다. 이 논문에서는 객체지향 방법을 이용하여 퍼지셸을 분석한 결과와 그 결과물 이용하여 설계, 구현한 퍼지셸을 보인다.

2 퍼지셸의 분석

퍼지셸을 분석하는 목적은 다음과 같다.

- 퍼지셸을 이루는 객체(object)들을 찾아낸다.
- 각각의 객체에 공통된 기능(즉 메소드:method)을 찾아낸다.
- 공통된 기능을 갖는 추상 클래스(abstract class)를 정의한다.
- 추상클래스를 포함한 클래스의 계층구조(hierachy)를 파악한다

퍼지셸에 요구되는 기능을 분석함으로써 퍼지셸을 구성하는 객체가 그래픽 편집기능을 갖춘 구조(schema) 편집기, 언어항 편집기, 규칙 편집기, 시뮬레이터등의 객체와 이들 편집기 객체의 기능을 이용하여 퍼지 시스템을 구성하게 되는 퍼지변수, 언어항, 추론기관등의 객체임을 파악했다.



(그림1) 퍼지셸을 이용한 설계

다음에서는 이러한 객체들을 크게 그래픽 편집기와 자료관리 부분으로 나누어 분석한 결과와 각각의 부분에 공통적으로 존재하는 기능들에 대해 기술한다.

2.1 그래픽 편집기의 분석

그래픽 편집기능을 이용하여 자료를 등록, 수정, 삭제하는 객체는 아래에 보이는 네가지 객체이다.

- 구조(schema) 편집기
- 언어항 편집기
- 규칙(rule) 편집기
- 시뮬레이터

이들 객체는 퍼지 변수, 언어항과 같은 자료객체에서 제공하는 기능들을 이용하여 자료객체들을 수정하거나, 자료객체를 관리하는 객체에 등록, 삭제기능을 요구하여 새로운 자료를 생성하거나 기존의 자료를 소멸시킨다. 각 항목별로 목적과 기능을 살펴보면 다음과 같다.

2.1.1 구조 편집기

구조 편집기는 입력력과 추론기관의 연관성을 한눈에 파악할 수 있도록 해주는 도구다. 따라서 다음과 같은 기능이 요구된다.

- 새로운 변수, 혹은 추론기관의 등록
- 기존의 변수, 혹은 추론기관의 삭제
- 변수와 추론기관의 상호관계설정
- 기존의 변수, 혹은 추론기관의 편집

2.1.2 언어항 편집기

구조 편집기에 의해 정의된 변수들은 언어항으로 구성되어 있다. 따라서 이들 언어항을 편집하는 도구가 필요하다. 언어항 편집기에 요구되는 기능은 다음과 같다.

- 새로운 언어항의 등록
- 기존 언어항의 속성 변경
- 기존 언어항의 삭제

2.1.3 규칙 편집기

구조 편집기에 의해 정의된 추론기관은 여러개의 규칙들의 집합, 규칙베이스로 구성되어있다. 규칙 편집기는 이들 규칙 베이스를 편집하게 되는데 다음과 같은 기능이 필요하다.

- 새로운 규칙의 등록
- 기존의 규칙 변경
- 기존의 규칙 삭제

2.1.4 시뮬레이터

구조 편집기, 언어항 편집기, 규칙 편집기를 사용하여 설계된 퍼지 시스템은 검사과정을 거쳐 검증되어야한다. 아직까지 퍼지 시스템을 검사하는 체계적인 방법이 알려져있는 것은 아니지만, 대체로 제어공간을 살펴보는 것으로 검사를 시작하게 된다. 몇개의 퍼지셀들은 이러한 기능을 제공하고있다[3].

시뮬레이션 결과는 하나의 제어변수 변화에 대한 출력의 변화를 나타내는 2 차원 그래프나 2 개의 제어변수 변화에 대한 출력의 변화를 나타내는 3 차원 그래프로 나타나게된다. 이 시스템에서 구현하고자하는 시뮬레이터는 3 차원 그래프의 형태로 출력의 변화를 보여준다.

2.2 자료 관리

퍼지시스템을 표현하는 실제적인 자료들을 갖고있는 객체들이다. 이 객체들은 자료의 검색, 갱신에 관련된 기능을 제공한다. 퍼지제어 시스템은 다음과 같은 네가지 객체에 저장된 자료로 표현된다.

- 퍼지변수
- 언어항
- 추론기관
- 규칙

각 항목의 목적과 기능을 분석한 결과는 다음과 같다.

2.2.1 퍼지변수

추론의 근거를 제공한다. 퍼지변수는 고유한 언어항을 포함하고 있다. 입력값이 정해졌을 때 각각의 언어항의 만족도가 계산되어야 한다. 퍼지 변수는 다음과 같은 기능을 갖고 있어야한다.

- 새로운 언어항의 등록
- 기존의 언어항 속성 변경
- 기존의 언어항 삭제

2.2.2 언어항

추론 규칙을 정의하는데 사용된다. 언어항은 정의구역이 입력의 정의 구역과 동일하고 [0,1]구간으로 사상되는 함수로 볼 수 있다. 따라서 함수를 편집하는 기능이 필요하다. 함수의 편집은 그래픽 편집기들이 이용하여 이루어진다.

2.2.3 추론기관

추론기관은 규칙의 집합이다. 각각의 규칙은 조건부와 결론부로 구성되어 있고, 조건부는 여러개의 명제로, 결론부는 하나의 명제로 구성되어 있다. 따라서 추론 기관에서 요구되는 기능은 다음과 같다.

- 새로운 규칙의 등록
- 기존 규칙의 변경
- 기존 규칙의 삭제

2.3 공통요소 추출

퍼지셀에서 공통으로 제공되는 기능은 크게 그래픽 편집에 관련된 부분과 자료관리 서비스에 관계된 부분이다. 그래픽 편집 기능에서는 마우스의 움직임, 버튼이 눌려진 상태, 키보드 입력에 따라 현재 편집되고 있는 그래픽 객체에 적절한 메시지를 보내는 일을 하게 된다.

또한 자료관리에서는 자료를 보관하고 있는 각각의 객체에 고유한 이름을 부여하고, 연관된 자료들을 기억하는 기능과, 새로운 자료의 등록과 삭제에 필요한 관리자 객체가 필요하게 된다.

이들 공통요소는 추상클래스 형태로 구현된다. 따라서 새로운 객체를 정의하는 일은, 이들 추상클래스에서 추상기능(abstract function)으로 정의된 함수들을 재정의하는 것으로 구현된다.

다음에서는 그래픽편집과 자료관리 서비스에서 공통적으로 필요한 기능을 구체적으로 설명한다.

2.3.1 그래픽 편집의 공통요소

편집을 담당하는 부시스템에서 필요한 기능들을 살펴보면 아래표와 같다.

구성 요소	마우스편집	이동 방식	좌표변환	차원
1) 구조 편집기	O	상하좌우	O	2
2) 언어항 편집기	O	좌우	O	2
3) 규칙 편집기	O	X	X	2
4) 시뮬레이터	X	X	O	3

위 표의 내용에서, 그래픽편집 기능은 외관상으로 2 차원 (1,2,3) 그래픽 화면에서 마우스를 이용하여 (1,2,3) 편집되는 기능이며, 좌표 변환 기능(1,2,4)이 필요함을 보이고있다.

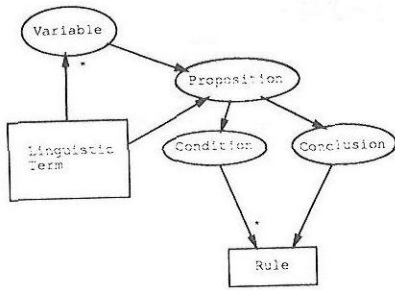
따라서 설계단계에서는 2차원 그래픽 화면을 편집하는데 필요한 서비스와 좌표 변환에 필요한 서비스들이 공통적인 요소가 된다.

2.3.2 자료관리 서비스

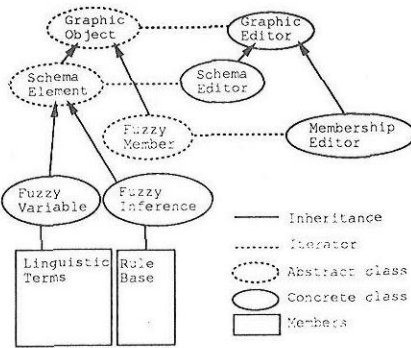
퍼지 시스템 구성에 필요한 자료들은 퍼지변수, 추론기관, 언어항, 규칙베이스등에 저장되어있다.

편집기능을 갖고 있는 객체들은 이러한 자료에 접근하여 새로운 요소들을 생성하거나 기존의 요소를 수정하게된다. 각각의 편집 객체들이 접근하여 편집하게되는 자료들을 나열해보면 아래 표와 같다.

구성 요소	변수	추론기관	연결상태	언어항	규칙
구조 편집기	O	O	O		
언어항 편집기	O		O	O	
규칙 편집기	O		O	O	O
시뮬레이터	O	O	O	O	



(그림2) 추론을 위한 객체의 계층구조



(그림3) 퍼지셸의 클래스 계층도

위 표에서 알 수 있듯이 변수, 언어항 규칙등의 자료들은 여러가지 편집기를 사용하여 편집될 수 있다. 따라서 각각의 편집기가 이들 자료들을 개별적으로 생성하여 편집하면, 다른 요소에서 변화된 내용을 반영하는 것이 어렵다.

따라서 공통적으로 다루게되는 자료객체인 변수, 언어항, 규칙 등에 대해서는 각 편집객체가 주어진 객체를 관리하지 않고 이들을 관리하는 독립적인 객체에 서비스를 요구하여 자료를 획득, 갱신하여야 한다.

따라서 각각의 구성요소는 고유한 식별자를 갖고 서비스의 대상이 되는 객체와 서비스를 요구하는 객체를 명확히 파악할 수 있어야 하는데, 각 객체의 고유한 식별자는 새로운 객체를 생성할 때 사용자에게 의해 주어지는 이름을 사용하게 된다.

다음 (그림2)은 이러한 개념들을 이용하여 규칙 베이스를 구성하는 객체들의 계층 구조를 나타낸 것이다.

3 퍼지셸의 설계

분석과정을 통해 식별한 객체들의 계층구조(hierarchy structure)를 표시하면 (그림3)과 같다.

여기서 그래픽 객체 (Graphic Object)는 그래픽 편집기 (Graphic Editor)에 의하여 관리되는 추상적인 객체이고, 구조 편집기 (Schema Editor)는 그래픽 객체에서 파생된 구조요소 (Schema Element)를 편집한다.

마찬가지로 언어항 편집기(Membership Editor)는 그래픽 객체에서 파생된 객체로 언어항(Fuzzy Member)을 편집한다.

규칙을 표현하는 객체는 변수와 언어항으로 나누어진다. (그림 2)는 이렇게 분리된 객체들의 계층적 구조를 표시한다. 이 그림에서 알 수 있듯이 규칙은 조건(condition)과 결론(conclusion)의 쌍으로 표시되고 조건은 명제(proposition)의 배열로 표시된다. 하나의 명제는 변수(Variable)와 언어항(linguistic term)으로 표현된다.

위의 (그림1, 그림2)에서 정의된 각각의 클래스가 제공하는 기능을 표로 요약하면 다음과 같다.

이름	제공되는 기능
그래픽 객체 (graphic object)	생성, 소멸 메시지 처리 이동(dragging), 변환(reshape)메시지 처리 선, 면등의 속성(색상, 굵기) 전환 메시지 처리 제어점들의 위치 계산, 출력 주어진 그래픽 객체까지의 거리 계산 주어진 그래픽 객체가 차지하는 영역 계산
그래픽 편집기	그래픽 객체들의 생성, 소멸, 이동, 변환
구조 요소객체	수동 편집을 위한 추상함수 구조요소가 갖는 고유한 자료형을 알려줌
구조 편집기	변수, 추론기관의 등록,삭제, 편집 변수와 추론기관의 연결
언어항 객체	새로운 언어항의 등록 등록된 언어항의 삭제
언어항 편집기	등록된 언어항 리스트의 편집
명제 객체	변수 + 언어항
명제 배열 객체	명제 객체의 배열 새로운 명제의 등록 삭제
규칙 객체	명제 배열 객체 + 명제 객체
규칙 배열객체	규칙 객체의 배열 새로운 규칙의 등록, 삭제

4 퍼지셸의 구현

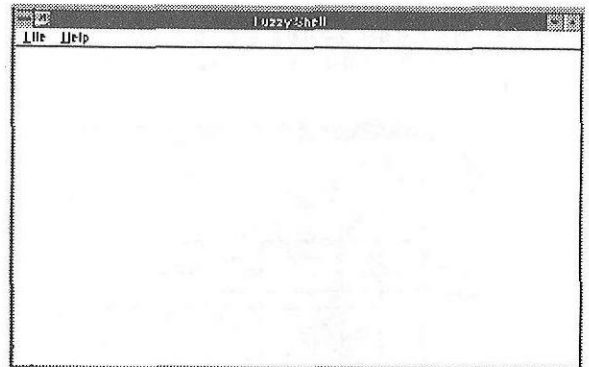
이와 같은 방식으로 설계된 퍼지셸은 현재 구조 편집기, 변수 편집기, 언어항 편집기, 그리고 규칙 편집기가 구현되어있다. 이 시스템은 객체지향 언어인 C++언어를 사용하여 구현되었으며 PC상에서 Windows를 이용하여 구동된다.

앞서 언급한 바와 같이 객체지향 방식으로 설계, 구현된 시스템은 확장과 수정이 용이하다. 왜냐하면 새로운 객체를 정의할 때 공통적으로 구현해야하는 기능은 이미 추상클래스에서 정의해 놓았기때문에 새로운 객체는 그 객체에 필요한 고유기능만을 정의해주면 되기 때문이다.

예를들어 추상화된 언어항 클래스에서 삼각 퍼지 숫자 클래스를 상속시켜 정의할 때에는, 다음과 같은 기능을 구체적으로 정의해주면 된다.

- 생성자
- 소멸자
- 객체 출력
- 거리 계산
- 새로운 위치 지정
- 제어점의 변화에 따른 모양의 변화

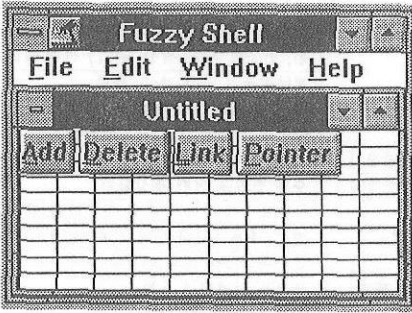
객체지향 방식으로 설계되어 객체지향 언어인 C++로 구현한 퍼지셸의 초기 화면은 (그림 4)와 같다.



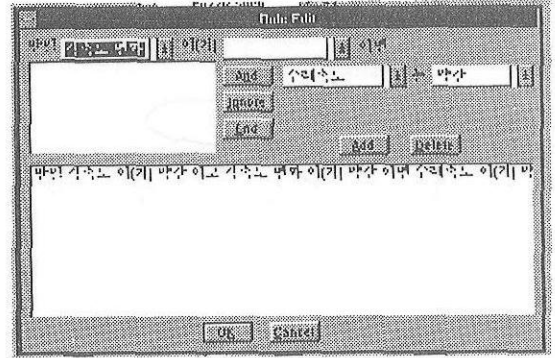
(그림4) 퍼지셸의 초기화면.

이 화면에서 File의 New schema를 선택하면 새로운 구조 편집기가 구동된다. 구조 편집기를 구동시킨 화면이 (그림 5)에 나타나 있다.

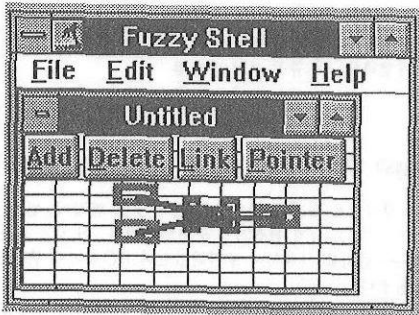
여기서 새로운 변수와 추론기관을 더하고 입출력을 지정하면 그 결과 는 다음 (그림 6)과 같다.



(그림5) 구조 편집기를 구동시킨 화면.



(그림8) 규칙 편집화면



(그림6) 새로운 변수와 추론기관을 더한화면.

외의 퍼지 연산을 이용하는 시스템을 설계하는 경우가 고려되지 않고 있다.

따라서 앞으로의 연구는 다양한 퍼지 연산자들을 사용할 수 있도록 하고, 설계된 퍼지시스템을 시뮬레이션을 통하여 검증할 수 있도록 하는 방향으로 진행되어야 할 것이다.

이를 위해서는 퍼지연산자들에 대한 객체지향적 분석을 통해 퍼지 연산자에서 요구되는 서비스들을 찾아내고 이들을 추상 클래스로 구현하는 연구와, 3 차원으로 출력력을 표현하는 시뮬레이션 기능을 구현하여야 할 것이다.

이 시스템은 다양한 퍼지 연산자를 이용할 수 있고, 고속 추론이 가능한 KAF(KAist Fuzzy Accelerator)시스템[7]을 구동시키는 소프트웨어 환경으로 사용될 수 있도록 구현되고 있다.

References

- [1] 이광형, 오길복, "퍼지이론 및 응용 I,II", 홍릉과학 출판사:서울, 1991.
- [2] _____, *TILShell User's Manual*, Togai InfraLogic:Irvin California, 1990.
- [3] 최성국 외, "고속 퍼지추론엔진 개발과 산업용 프로그래머블 폰트 플러에의 응용," 한국 퍼지시스템 학회 춘계학술회의 발표 논문집, pp.23-32, 1992.
- [4] Stephen L. Chiu, "A Fuzzy control development software for the macintosh," *Proc. North American Fuzzy Information Processing Society Workshop 1991 Univ. Missouri-Columbia*, pp.149-153, 1991.
- [5] P.Coad, E.Yourdon, *Object-Oriented Analysis*, Prentice-Hall, 1991.
- [6] Grady Booch, *Object Oriented Design with applications*, Benjamin Cummings, 1991.
- [7] Young Dal Kim et.al., "An Architecture of Fuzzy Information Processing System," *Proc. Korea-Japan Joint Conference on Fuzzy System and Engineering, Seoul*, pp. 133-136, 1992.

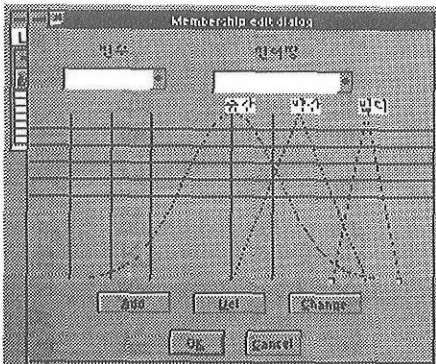
각각의 구조 요소를 편집하는 일은 그 구조 요소를 두번 클릭함으로써 가능하다. 한 예로 변수를 편집하는 경우 다음 (그림 7)에 보이고 있다. 각각의 변수는 일반적인 그래픽 에디터에서의 마찬가지로 제어점을 잡아 끌면 모양이 변형되고 다른 부분을 잡아서 끌면 위치가 이동된다. 그러나 각각의 언어항들의 소속함수를 편집하는 경우 이러한 동작들은 가로축에 제한된다.

이렇게 입출력 변수와 추론기관이 형성된 경우 추론 규칙을 편집할 필요가 생긴다. 추론규칙을 편집하는 화면은 다음 (그림 8)에 나타내었다.

5 결론 및 추후과제

이 시스템은 객체지향 방법론을 적용하여 요구사항을 분석하고, 공통된 기능을 중심으로 시스템을 구성하는 객체들을 식별해낸 결과를 이용하여 설계되었다. 그렇기 때문에 퍼지셀에대한 요구사항이 변화하는 경우에 적은 노력으로 변화된 요구사항을 만족시킬 수 있다.

그러나 현재 구현된 시스템에서는 추론 결과를 시뮬레이션하여 규칙베이스의 타당성을 검증하는 시스템은 구현되어 있지않다. 그리고 추론 이



(그림7) 변수 편집화면