Proceedings of KFIS 2002 Spring Conference, 2002. 5. 25

GUI 환경에서의 정수형 연산만을 사용한 고속 퍼지제어기

A High-speed Fuzzy Controller with Integer Operations on GUI Environments

김 종혁, 손 기성, 이 병권, 이 상구
Jong Hyuk Kim, Ki Sung Son, Byung Kwon Lee, Sang Gu Lee
한남대학교 컴퓨터공학과
Dept. of Computer Engineering, Hannam University

요 약

기존의 퍼지 제어기는 퍼지 추론시 [0, 1]의 소속도를 갖는 퍼지 소속함수들의 실수연산으로 인하여 연산수행 속도가 저하되는 문제를 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 실수연산으로 인하여 야기되었던 속도 저하 문제를 해결하기 위한 새로운 퍼지연산 기법으로 실수 값을 갖는 퍼지 소속 함수 값을 정수형 격자(pixel)에 매핑 시켜 정수형 퍼지 소속 함수 값만을 가지고 연산함으로써 기존의 퍼지제어기에 비해 매우 빠른 연산을 수행 할 수 있는 고속 퍼지제어기를 제안한다. 또한 퍼지제어시스템 설계시에 퍼지 입·출력 변수들의 퍼지항들을 입력시킬 수 있는 GUI(Graphic User Interface)를 제공하여 소속함수의 수정 및 퍼지 값 입력시 사용자에게 보다 편리한 환경을 제공한다.

Keywords : Fuzzy Arithmetic, Integer Operation, GUI, High-speed Fuzzy Controller

1. 서 론

퍼지 시스템은 인간의 언어적 개념을 정량적 수치로 표시할 수 있다는 장점 때문에 지능 시스템 및 소프트 컴퓨팅 등의 공학적 기술로서 널리 응용되고 있다[1].

퍼지 시스템에서 기초가 되는 퍼지 논리는 기존의 부울 논리를 확장한 것으로 특정 집합 A에 대하여 구성 원소의 소속 정도를 0과 1사이의 실수로 나타내며, 퍼지 집합으로 표현한다. 이 퍼지 집합은 삼각함수, 사다리꼴 함수, 가우스 함수, 포물선 함수 등의 여러 형태를 사용하여 소속 함수로 나타낼 수 있다. 퍼지 추론은 외부에서 입력되는 조건부의 퍼지 정보에 대해 각각의 소속함수를 통해 소속정도를 구하고 이 소속정도들에 퍼지 제어 규칙을 적용하여 적합도를 구한다. 개개의 제어규칙에서 얻어진 추론결과들에 대한 비퍼지화를 통해 제어 값을 구하게 된다. 입력되는 퍼지 정보의 소속 정도는 0과 1사이의 실수로 표현되기 때문에 이러한 추론 과정을 거치는 동안 퍼지 제어기는 많은 양의 실수연산을 한다. 소속함수나 퍼지 제어 규칙의 수가 많아질수록 연산 량은 더욱더 증가하고 그만큼 많은 실수 연산을 하게 된다.

일반적인 산술연산에서 정수와 실수의 연산 속도에는 많은 차이가 있다. CPU속도에 따라 조금씩 영향을 받겠지만 정수 연산이 실수 연산에 비해 곱셈의 경우 10배 이상, 나눗셈의 경우 4배정도 빠른 계산속도를 갖는다. 계산이 복잡해지고 계산 량이 많아질수록 계산 속도의 차이는 더욱 커지게 된다.

따라서 본 논문에서는 실수 연산으로 인한 퍼지 추론 속도 저하 문제를 해결하기 위해 퍼지소속함수 그래프를 정수형 격자에 매핑 시켜 실수를 각각에 대한 정수로 변환 후 퍼지 추론을 하여 연산 속도를 향상시키는 방법을 제안하고 이 방법을 실제 퍼지 제어기에 적용하여 성능을 평가한다.

2. 소속함수의 정수격자 매핑 알고리즘

퍼지 소속 함수의 그래프가 삼각 함수나 사다리꼴 함수 형태를 하는 경우 함수를 이루는 파라미터(parameter)에 대해 이들을 연결하는 직선의 형태로 소속함수 그래프를 표현할 수 있다.

모니터의 화면과 같이 수많은 사각형의 격자로 이루어진 격자좌표에서 직선은 시작점의 좌표와 끝점의 좌표를 잇는 직선 위에 위치한 격자 점들을 이어 표현된다. 본 논문에서 사용한 삼각 함수 형태의 소속함수 그래프를 화면에 나타내면 각각의 소속 함수값은 그에 대응되는 격자 좌표를 갖게되고 이 연속된 격자 점들에 의해 화면에 그려진다. 그림 1은 소속함수를 정수격자 좌표에 표현한 예이다.

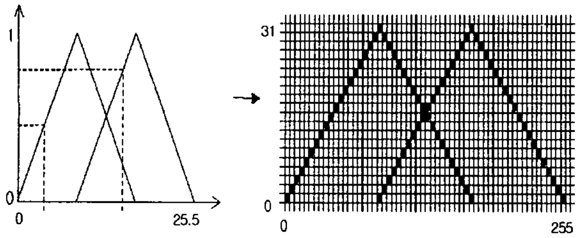

그림 1. 소속함수의 격자 좌표 표현

삼각 함수 형태의 소속 함수는 삼각형의 각 꼭지점에 해당하는 파라미터를 잇는 두 개의 직선으로 나타낼 수 있다. 소속함수에 대해 보다 빨리 격자좌표를 얻기 위해 소속함수를 두 개의 직선으로 나누어 각각의 직선에 대해 아래에서 설명하는 방법으로 시작점에서 끝점을 잇는 직선의 점들에 대한 격자좌표를 빠르게 얻어낼 수 있다.

일반적으로 직선의 식은 기울기와 y축 접점을 이용하여 y=mx+c로 표현된다. 여기서 m은 직선의 기울기이고 c는 직선이 y축과 만나는 점의 y값이다. 시작점을 (x_0, y_0), 끝점을(x_k, y_k)라고 하고 그 사이의 점들을 시작점에서부터 순서대로 (x_1, y_1), (x_2, y_2),....,(x_{k-1}, y_{k-1})이라고 하자. 여기서 x, y의 값은 정수이다. 이 직선의 기울기가 양수이며 1보다 작을 경우에는 x의 값을 x_0에서 1씩 증가하면서 x값에 대응하는 y좌표를 구하고, 만약 1보다 큰 경우에는 y의 값을 y_0에서 1씩 증가하면서 y값에 대응하는 x의 좌표를 계산하는 방식으로 시작과 끝점사이의 좌표들을 계산한다. 기울기가 양수이며 1보다 작을 경우 $x_{k+1}(=x_k+1)$에서의 y좌표 값은 $y=m(x_{k+1})+c$를 이용하여 계산을 하면 y값은 정수가 아닌 실수 값을 가질 수도 있다. 그러나 격자의 좌표는 정수이므로 y의 값에 따라 적당한 정수의 값을 선택하는데 정수 좌표 선택 방법론으로 임의 좌표 x_k에 해당하는 y좌표 즉 y_k값을 이용한다. x가 x_k에서 $x_k+\frac{1}{2}$의 y값이 y_k에 가까운가 y_k+1에 가까운가를 판단하여 만약 y_k쪽에 가깝다면 x_k+1에서의 y좌표는 y_k로 그렇지 않고 y_k+1에 가깝다면 x_k+1에서의 y좌표는 y_k+1을 선택한다[2].

직선에 대한 식을 F(x, y)=ax+by+c=0이라고 할 때

$$dy=y_{k+1}-y_{k..}$$
$$dx=x_{k+1}-x_{k..}$$
$$y=\frac{dx}{dy}x+B$$
$$\therefore F(x, y)=dyx-dxy+Bdx=0$$

여기서

$$a=dy,\ b=-dx,\ c=Bdx$$

가 된다. 다음점을 결정하는 값을 d라 하면

$$d=F(x_k+1,\ y_k+\frac{1}{2}) = a(x_k+1)+b(y_k+\frac{1}{2})+c$$

가 된다. 다음 점의 좌표가(x_k+1, y_k)일때를 E, (x_k+1, y_k+1)일때를 NE이라 하면 d에 의해서 d>0 이면 다음 점의 좌표는 NE, d≤0이면 다음 점의 좌표는 E를 선택하게 된다. 현재 결정값 d를 d_{old}, 다음점에 대한 결정값을 d_{new}라고 했을 때 E가 선택되면

$$d_{new}= F(x_k+2,\ y_k+\frac{1}{2})= a(x_k+2)+b(y_k+\frac{1}{2})+c$$
$$d_{old}= a(x_k+1)+b(y_k+\frac{1}{2})+c$$
$$\Delta E= d_{new}-d_{old}= a+dy= 2dy$$

이고, NE가 선택되면

$$d_{new}= F(x_k+2,\ y_k+\frac{3}{2})= a(x_k+2)+b(y_k+\frac{3}{2})+c$$
$$\Delta NE= d_{new}-d_{old}= a+d+dy-dx= 2(dy-dx)$$

가 된다. 시작점에 대한 결정값 d_s는

$$d_s=F(x_0+1,\ y_0+\frac{1}{2}) = a(x_0+1)+b(y_0+\frac{1}{2})+c$$
$$=a+\frac{b}{2}=2dy-dx$$

이다. 위의 방법을 이용하여 시작점에서부터 다음 점의 좌표를 구할 수 있다.

퍼지 소속함수에서 입력 된 값이 u이고 그에 해당하는 소속 정도를 v라고 했을 때 격자에 매핑 된 그래프에서 x좌표를 입력 된 값 u로 놓고 그에 맞는 y좌표로 v를 대치한다. 입력 값의 범위에 따라 매핑시킬 픽셀의 수를 조절하면 모든 입력에 대한 소속정도를 해당하는 y좌표의 정수 값으로 변환할 수 있다.

3. GUI 환경에서의 소속함수 조정

본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 사용자가 손쉽게 여러 가지 퍼지문제를 해결 할 수 있도록 퍼지제어기를 구현하였다. 이 퍼지 제어기는 사용자가 적용할 문제 에 맞게 입력 값의 범위와 전건부의 수, 소속함수의 변수의 수, 제어 규칙 등을 설정하여 조절할 수 있다.

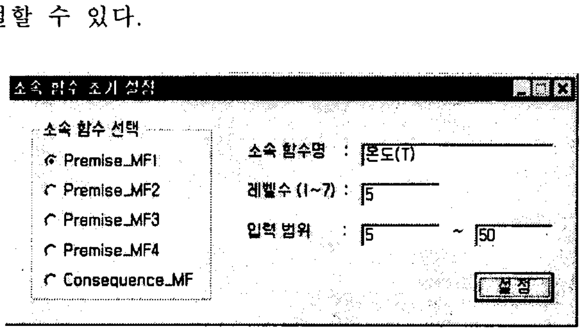

그림 2. 퍼지 제어기의 소속 함수 초기 설정

그림 2는 해결하고자 하는 퍼지 문제에 대한 초기값들을 설정해 준다. 사용할 조건의 수에 맞게 소속

함수를 선택하여 함수명, 사용할 소속함수의 레벨수, 각 소속 함수의 입력 범위 값을 입력하여 원하는 퍼지 문제에 대한 초기 설정을 할 수 있다.

기본적으로 소속함수의 퍼지항은 NL (negative large), NM(negative medium), NS(negative small), ZE(zero), PS(positive small), PM(positive medium), PL(positive large)의 7가지 레벨에서 조절이 가능하고 전건부 4개, 후건부 1개에 대해 제어 규칙을 입력하여 퍼지 추론을 할 수 있다.

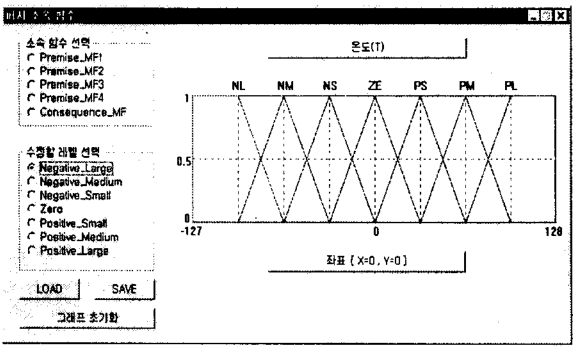

그림 3. GUI를 이용한 소속함수 조정

그림 3은 사용자가 원하는 소속함수를 쉽게 조절할 수 있는 GUI환경을 보여준다. 각 조건 별로 주어진 기본 소속함수 그래프에 대하여 조절하고자 하는 소속 함수 레벨을 선택하여 선택된 영역에 대해 삼각형을 이루는 세 개의 점을 마우스로 드래그 하면 변수의 범위를 입력 범위 내에서 원하는 목적에 맞는 소속 함수로 자유롭게 조절할 수 있다. 또한 한번 조절된 값을 저장하여 다음에 다시 사용할 수 있도록 했다. 이 과정에서 각각의 퍼지 소속 함수 값들은 제안된 방법에 의해 정수 격자 좌표에 매핑 되어 정수 값으로 변환된다. 이후 추론 과정에서는 변환된 정수 값만을 가지고 연산을 수행한다. 본 논문에서는 가로 256, 세로 32개의 정수형 격자에 각각의 소속함수를 매핑 시켰다. 가로의 크기가 작을 경우 입력 값에 대한 소속 정도 값이 두 개가될 수 있기 때문에 매핑할 정수격자를 결정할 때 세로축에 비해 가로축의 크기를 충분히 크게 정하는 것이 좋다.

4. 적용 사례

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 앞에서 소개한 퍼지 제어기를 퍼지 에어컨의 모터 조절장치에 적용해보았다. 사례에 대한 초기 설정은 3개의 전건부로 온도, 습도, 활동량에 대해 각각 5개의 소속 함수 변수와 125개의 제어 규칙을 가지게 하여 에어컨 모터 조절을 실험 해 보았다.

4.1 퍼지 소속 함수 결정

퍼지 소속 함수에 대한 각각의 변수의 범위를 어떻게 조절하느냐에 따라 추론결과는 다르게 나올 수 있다. 올바른 추론 결과를 얻기 위해 소속 함수의 결정은 매우 중요하다.

적용 사례에 대한 소속함수의 입력 범위는 온도의 경우 실내 온도 범위를 (5~55 °)로 하고 습도는 (0~100%), 또한 온도의 변화는 사람들의 움직임과 밀접한 관계가 있으므로 (0~100)사이의 값을 갖는 활동량이라는 새로운 퍼지 변수를 추가했다. 에어컨 모터는 회전수를 환산하여 (0~100)사이의 값을 갖게 하여 설정된 입력 범위에 맞게 임의로 소속 함수들을 결정하였다.

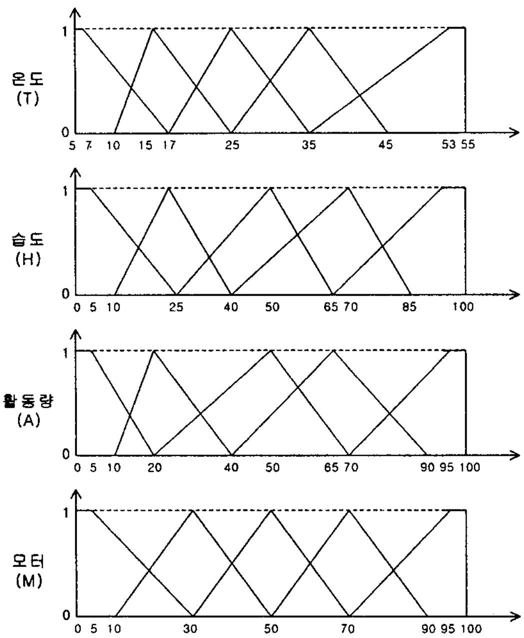

그림 4. 각 변수에 대한 소속함수

에어컨을 제어하기 위한 퍼지 소속 함수를 그림 4와 같이 결정하였다.

4.2 퍼지 제어 규칙 작성

결정된 퍼지 소속 함수에 대한 모든 경우를 포함하도록 각각의 함수에 대해 온도는 T, 습도는 H, 활동량은 A, 에어컨 모터는 M이라 하고 각 함수의 변수에 대해서 온도 함수의 변수는 T_nl, T_ns, T_ze, T_ps, T_pl 습도 함수의 변수는 H_nl, H_ns, H_ze, H_ps, H_pl 활동량 함수의 변수는 A_nl, A_ns, A_ze, A_ps, A_pl 에어컨 모터 함수의 변수는 M_nl, M_ns, M_ze, M_ps, M_pl 로 하여 125개의 제어규칙을 작성하였다. 표 1은 적용 사례에 대한 퍼지 제어 규칙이다.

표 1. 적용 사례에 대한 제어 규칙

IF T=T_nl, H=H_nl, A=A_nl THEN M=M_nl
IF T=T_nl, H=H_nl, A=A_ns THEN M=M_nl
IF T=T_nl, H=H_nl, A=A_ze THEN M=M_nm
...
IF T=T_pl, H=H_pl, A=A_ps THEN M=M_ps
IF T=T_pl, H=H_pl, A=A_pl THEN M=M_pl

4.3 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 방법으로 소속 함수와 제어 규칙을 만들어 에어컨 퍼지제어를 실험했다.

실험에 사용한 퍼지 제어기는 Mandani의 최소·최대 연산법(Min·Max method)을 이용하여 추론을 수행하고 추론된 결과에 대한 비퍼지화는 무게 중심법(center of area method)을 이용해 해당 결과 값을 계산하도록 설계했다. 또한 실수연산으로 수행한 결과를 함께 보여줌으로써 결과값 및 연산 속도에 대해 기존의 실수 연산방법과 본 논문에서 제안된 방법 간의 성능을 쉽게 비교 할 수 있게 했다.

그림 5에서와 같이 각각의 사례들에 대해 퍼지 입력변수의 값을 입력하면 그에 따른 실수 연산과 제안된 방법에서의 결과 값과 연산 속도가 나오게 된다. 본 실험은 펜티엄-Ⅲ 800MHz, Win98, VC++환경에서 수행했다.

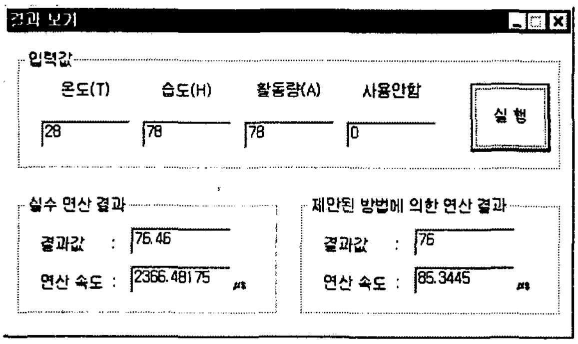

그림 5. 적용 사례에 대한 실험 결과

위의 사례에 대해 표 2에서와 같이 정리 해 보았다. 전건부 3개, 후건부 1개를 125개의 퍼지 제어 규칙에 적용하여 입력 값이 온도 28, 습도 78, 활동량 76일 때 결과 값을 살펴보면 계산 된 값이 약간 다른 것을 볼 수 있다. 이것 은 실수 값을 정수형 격자에 매핑 시킬 때 생긴 반올림 또는 버림으로 인한 값의 손실에 따른 오차이다. 하지만 이런 오차는 정수격자의 크기를 늘림으로써 오차정도를 줄일 수 있다. 또한 소속 함수를 적절히 조절함으로써 이런 오차로 인한 문제는 해결할 수 있다.

본 실험을 통한 연산 속도를 비교해 보면 실수연산에 비해 제안된 방법이 대략 27.7배정도 연산 속도가 빠른 것을 볼 수 있다.

표 2. 실험 조건 및 결과

	실수 연산	제안된 방법
결과값	76.46	76
연산 속도	2366.48㎲	85.34㎲

실험 결과에서 알 수 있듯이 제안된 고속 퍼지제어기의 특징은 퍼지 추론시 소속함수에 대한 실수 연산이 아닌 정수연산으로 빠른 연산속도와 GUI를 이용하여 쉽게 문제에 알맞은 소속 함수를 결정할 수 있다는 것이다.

5. 결 론

퍼지 제어기에서 얼마만큼 빨리 퍼지 추론을 할 수 있느냐는 매우 중요한 문제이다. 기존의 퍼지 제어기는 실수 연산을 통해 퍼지 추론을 함으로써 추론 결과를 얻기까지 많은 시간을 실수연산에 허비하는 문제를 가지고 있다.

본 논문에서는 지금 까지 실수 연산만을 사용하던 퍼지 제어기에 대해 실수 값을 그에 대응하는 정수 값으로 변환하는 방법을 제안함으로써 정수 연산만으로 퍼지 추론을 할 수 있는 퍼지 제어기를 구현하였다. 그리고 GUI환경을 제공하여 소속 함수를 쉽게 조절함으로써 사용자가 원하는 문제에 맞는 소속 함수를 결정할 수 있게 했다.

위의 실험 결과에서 알 수 있듯이 기존의 실수 연산에 의한 퍼지 추론 방법은 결과를 얻기까지 많은 시간이 필요 한데 반해 제안된 방법을 적용한 퍼지 추론은 보다 빠른 시간에 결론을 얻을 수 있다.

본 논문에서 제안된 방법을 복잡한 퍼지 계산이나, 빠른 추론을 요하는 퍼지 제어기에 적용하면 많은 성능 향상 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한, 인공위성으로부터 수집된 원격탐사화상과 같이 대용량의 퍼지데이터에 대한 실시간 고속 처리를 요구하는 위성 영상의 패턴 인식에 응용할 수 있다. 향후 연구로서 적용할 수 있는 소속 함수가 삼각 함수나 사다리꼴 함수처럼 직선의 형태여야 하는데 국한되지 않고 모든 형태의 소속함수에 대하여 적용 할 수 있도록 보안하고 정수 변환시 생기는 오차를 최소화할 수 있는 연구가 필요하다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구
(2000-1-30300-007-2)지원으로 수행되었음.

참고문헌

[1] J. Yen and R. Langari, *Fuzzy Logic : Intelligence*, Prentice Hall, 1999.

[2] D. Hearn and M. P. Baker, *Computer Graphics*, 2nd ed., Prentice Hall, 1997.

[3] E. Cox, *Fuzzy System Handbook*, AP Professional, 1994.

[4] J. Yen and L. Wang, "Simplifying fuzzy rule-based models using orthogonal transformation method," *IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics-Part B*, vol. 29, no. 1, 1999.