

GUI 환경에서의 정수형 연산만을 사용한 고속 퍼지제어기

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

김종혁 · 손기성 · 이병권 · 이상구

Jong Hyuk Kim, Ki Sung Son, Byung Kwon Lee and Sang Gu Lee

한남대학교 컴퓨터공학과

Dept. of Computer Engineering, Hannam University

요약

기존의 대부분의 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 저하문제를 해결하기 위한 새로운 퍼지연산 기법으로 실수 값을 갖는 퍼지 소속함수 값을 정수형 격자(pixel)에 매핑시켜 정수형 퍼지 소속 함수값만을 가지고 연산함으로써 기존의 퍼지제어기에 비해 매우 빠른 연산을 수행 할 수 있는 고속 퍼지제어기를 제안한다. 또한 퍼지 제어시스템 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.

Abstract

In fuzzy inferencing, most of conventional fuzzy controllers have problems of speed down in floating point operations of fuzzy membership functions in [0,1] as compared with integer operations. Therefore, in this paper, we propose a high-speed fuzzy controller with only integer operations. In this, for fast fuzzy computations, we use a scan line conversion algorithm to convert lines of each fuzzy linguistic term to the set of the closest integer pixels. We also implement a GUI (Graphic User Interface) application program for the convenient environments to modify and input fuzzy membership functions.

Key words : 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 삼각 함수, 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 대해 퍼지 제어 규칙을 적용하여 적합도를 구한다. 그리고 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. 소속 함수나 퍼지 제어 규칙의 수가 많아질수

록 연산량은 더욱 더 증가하고 그만큼 많은 실수 연산을 하게 된다.

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

따라서 본 논문에서는 실수 연산으로 인한 퍼지 추론 속도 저하 문제를 해결하기 위해 퍼지소속함수 그래프를 정수형 격자에 매핑시켜 실수를 각각에 대한 정수좌표로 변환한 후 퍼지 추론을 하여 연산 속도를 향상시키는 방법을 제안하고 이 방법을 4개 밴드의 명암도를 입력값으로 하는 위성영상의 패턴 분류에 적용하여 성능을 평가한다. 또한, 사용자가 퍼지제어기에 쉽게 접근할 수 있도록 GUI 환경을 제공하여 버튼 클릭만으로 퍼지데이터를 처리할 수 있도록 하고 퍼지 소속 함수를 그래프형태로 화면에 보여주며 퍼지 소속 함수의 조정을 위해 그래프형태로 보여준 퍼지 소속 함수를 마우스의 드래그만으로 쉽게 조정할 수 있도록 한다.

접수일자 : 2002년 4월 20일

완료일자 : 2002년 8월 2일

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구

(2000-1-30300-007-2) 지원으로 수행되었음.

2. 소속함수의 정수격자 매핑 알고리즘

퍼지 소속 함수의 그래프는 삼각 함수나 사다리꼴 함수 형태를 갖는 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 사용하는 삼각 함수 형태의 소속함수 그래프를 화면에 나타내면 각각의 소속 함수 값은 그에 대응되는 격자 좌표를 갖게되고 이 연속된 격자 점들에 의해 화면에 그려진다. 그림 1은 소속함수를 정수격자 좌표로 표현한 예이다.

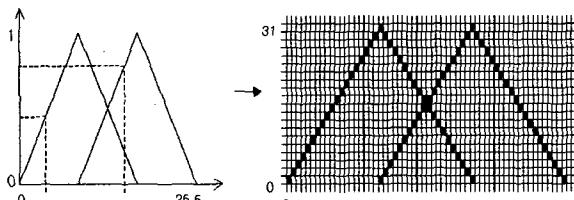


그림 1. 소속함수의 격자 좌표 표현

삼각 함수 형태의 소속 함수는 삼각형의 각 꼭지점에 해당하는 파라미터를 갖는 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 [2].

일반적으로 직선의 식은 기울기와 y 축 접점을 이용하여 $y = mx + c$ 로 표현된다. 여기서 m 은 직선의 기울기이고 c 는 직선이 y 축과 만나는 점의 y 값이다. 시작점을 (x_0, y_0) , 끝점을 (x_k, y_k) 라고 하고 그 사이의 점들을 시작점에서부터 순서대로 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_{k-1}, y_{k-1})$ 이라고 하자. 여기서 x, y 의 값은 정수이다. 이 직선의 기울기가 양수이며 1보다 작을 경우에는 x 의 값을 x_0 에서 1씩 증가하면서 x 값에 대응하는 y 좌표를 구하고, 만약 1보다 큰 경우에는 y 의 값을 y_0 에서 1씩 증가하면서 y 값에 대응하는 x 의 좌표를 계산하는 방식으로 시작과 끝점사이의 좌표들을 계산한다. 기울기가 양수이며 1보다 작을 경우 $x_{k+1} (= x_k + 1)$ 에서의 y 좌표 값은 $y = m(x_k + 1) + c$ 를 이용하여 계산을 하면 y 값은 정수가 아닌 실수 값을 가질 수도 있다. 그러나 격자의 좌표는 정수이므로 y 의 값에 따라 적당한 정수의 값을 선택하는데 정수 좌표 선택 방법론으로 임의 좌표 x_k 에 해당하는 y 좌표 즉 y_k 값을 이용한다. x 가 x_k 에서 $x_k + \frac{1}{2}$ 의 y 값이 y_k 에 가까운가 $y_k + 1$ 에 가까운가를 판단하여 만약 y_k 쪽에 가깝다면 $x_k + 1$ 에서의 y 좌표는 y_k 로 그렇지 않고 $y_k + 1$ 에 가깝다면 $x_k + 1$ 에서의 y 좌표는 $y_k + 1$ 을 선택한다[3]. 이러한 과정을 구체적으로 표현하면 다음과 같다.

직선에 대한 식을 $F(x, y) = ax + by + c = 0$ 이라고 할 때

$$\begin{aligned} dy &= y_{k+1} - y_k, \\ dx &= x_{k+1} - x_k, \\ y &= \frac{dy}{dx} x + B \\ \therefore F(x, y) &= dyx - dxy + Bdx = 0 \end{aligned}$$

여기서

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

가 된다. 다음 점을 결정하는 값을 d 라 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 $(x_k + 1, y_k)$ 일 때를 E , $(x_k + 1, y_k + 1)$ 일 때를 NE이라 하면 d 에 대해서 $d > 0$ 이면 다음 점의 좌표는 NE, $d \leq 0$ 이면 다음 점의 좌표는 E 를 선택하게 된다. 현재 결정 값 d 를 d_{old} , 다음 점에 대한 결정 값을 d_{new} 라고 했을 때 E 가 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 결정 값 d_s 는

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

이다. 위의 방법을 이용하여 시작점에서부터 다음 점의 좌표를 끊임 연산을 하지 않고, 덧셈(뺄셈 포함)연산만으로 고속으로 연산할 수 있다.

퍼지 소속함수에서 입력 된 값이 u 이고 그에 해당하는 소속 정도를 v 라고 했을 때 격자에 매핑 된 그래프에서 x 좌표를 입력 된 값 u 로 놓고 그에 맞는 y 좌표로 v 를 대치한다. 입력 값의 범위에 따라 매핑 시킬 피셀의 수를 조절하면 모든 입력에 대한 소속 정도를 해당하는 y 좌표의 정수 값으로 변환할 수 있다.

다음의 C++프로그램 코드는 실수형 퍼지 소속함수를 정수형 격자에 매핑 시키는 알고리즘을 구현한 함수의 일부분이다.

```

int Point(int x1, int y1, int x2, int y2, int f, int s)
{
    int dx,dy,ix,iy,inc,a,b,i,pX,pY;
    dx = x2 - x1; dy = y2 - y1;
    ix = abs(dx); iy = abs(dy);
    inc = max(ix, iy);
    pX = x1; pY = y1;
    a=0, b=0, i=0;
    while(i <= inc ){
        i=i+1;
        a += ix;
        b += iy;
        if( a > inc){
            a -= inc;
            pX += sign(dx);
        }
        if( b > inc ) {
            b -= inc;
            pY += sign(dy);
        }
    }
    fuzzypoint[f][s][pX]=pY;
}
return(0);
}

```

이 함수는 삼각형 형태의 소속함수에서 하나의 퍼지 항을 이루는 두 개의 직선중 한 직선에 대한 시작점과 끝점의 좌표 값을 인수로 받아 이 두 점 사이의 모든 점들에 대한 값을 계산한다. 이때 시작점에서부터 끝점까지의 변화량을 이용해 덧셈연산만을 사용하므로 빠른 계산을 할 수 있다. 이 계산을 통해 정수값으로 변환된 소속함수를 이용해 이후의 모든 퍼지 추론을 수행하므로 실수연산에 비해 빠른 결과를 얻을 수 있다.

3. GUI 환경에서의 소속함수 조정

본 논문에서는 제안한 방법을 적용하여 사용자가 손쉽게 여러 가지 퍼지문제를 해결할 수 있도록 퍼지 제어기를 구현한다. 이 퍼지 제어기는 사용자가 적용할 문제에 맞게 입력 값의 범위와 전건부의 수, 소속함수의 퍼지항 수, 제어 규칙 등을 설정하여 조절할 수 있다. 해결하고자 하는 퍼지 문제에 대해 사용할 조건의 수에 맞게 소속함수를 선택하여 함수명, 각 소속함수의 퍼지항 수, 입력값의 범위를 조정하여 원하는 퍼지 문제에 대한 초기 설정을 할 수 있다.

본 논문에서 구현한 GUI 환경에는 퍼지제어를 위해 그래픽의 기능이 있으며, 이를 위해 다음과 같은 항목을 편리하게 사용할 수 있도록 구현한다.

- (1) 퍼지 입력 변수, 출력 변수의 소속 함수의 편집 (수정, 추가, 삭제, 설정) 기능

- (2) 퍼지 추론을 위한 제어규칙의 편집 기능
- (3) 편집된 데이터들을 프로세서에 전송하는 기능
- (4) 퍼지 추론 및 비퍼지화를 실행하는 기능
- (5) 퍼지 추론된 결과 값을 저장 및 EEPROM 또는 EEPROM에 써 넣을 수 있는 기능

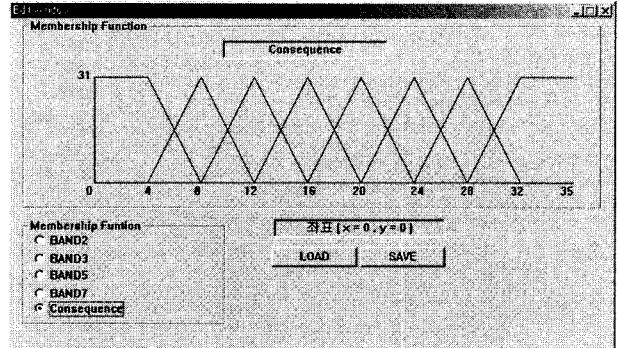


그림 2. GUI를 이용한 소속함수 조정

그림 2는 사용자가 원하는 소속함수를 쉽게 조절할 수 있는 GUI(Graphic User Interface)환경을 보여준다. 각 조건 별로 주어진 기본 소속함수 그래프에 대하여 조절하고자 하는 소속함수 레벨을 선택하여 선택된 영역에 대해 삼각형을 이루는 세 개의 점을 마우스로 드래그하면 변수의 범위를 입력 범위 내에서 원하는 목적으로 맞는 소속함수로 자유롭게 조절할 수 있다. 또한 한번 조절된 값을 저장하여 다음에 다시 사용할 수 있도록 한다. 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 퍼지 연산을 수행한다. 본 논문에서는 가로 256, 세로 32개의 정수형 격자에 각각의 소속함수를 매핑 시킨다. 소속함수를 정수 격자에 매핑시킬 때 소속함수의 기울기가 1보다 크거나 -1보다 작을 경우 격자 범위에 따라 하나의 소속정도값이 두 개의 격자에 매핑될 경우 프로그램 상에서 하나의 소속정도 값을 결정할 수 있도록 정수 격자 크기를 자동으로 조절한다.

4. 적용 사례

본 논문에서 제안한 방법에 의한 퍼지 제어기의 성능을 평가하기 위해 앞에서 소개한 퍼지 제어기를 원격탐사 영상의 패턴 분류에 적용하였다. 그림 3에서 보는 응용 프로그램은 원격탐사 이미지의 패턴 분류를 위한 응용 프로그램이다. 본 응용 프로그램은 원격탐사 이미지의 퍼지 연산을 통한 패턴 분류 결과와 전건부와 후건부 각각의 퍼지 소속함수를 사용자가 쉽게 알아볼 수 있도록 그래프 형태로 보여주도록 구현하였다. 본 논문에서 제시한 고속 퍼지제어기는 Visual C++ 언어로 구현하였으며, 실수 값을 갖는 소속함수의 퍼지항 값을 빠른 속도로 정수격자에 매핑시키켜 주는 연산을 수행할 수 있도록 하였다. 또한, 패턴분류 결과 이미지와 원격탐사 이미지의 패턴분류를 위한 퍼지 연산에 필요한 수행시간을 보여주도록 하였다. 수행시간 표시는 실수형태의 퍼지 연산시 필요한 시간과 본 논문에서 제안한 정수형태

의 퍼지연산시 필요한 시간을 분류하여 조사하고 숫자형 태로 표시해 줌으로서 사용자가 퍼지연산에 필요한 수행시간을 점검할 수 있도록 하였다.

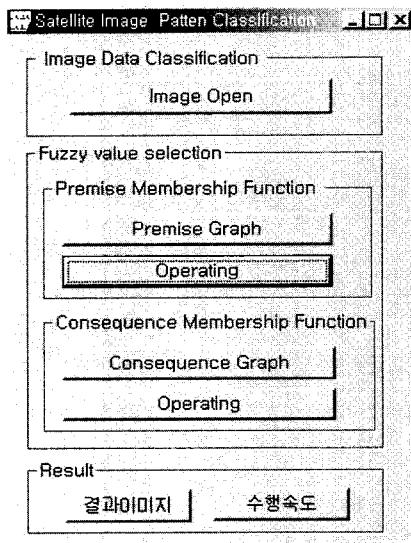


그림 3. 결과분석을 위한 응용 프로그램

실험에 사용된 영상은 대덕연구단지를 대상으로 촬영되었으며 3개의 가시광선 밴드와 1개의 근적외선 밴드로 이루어져 있다. 영상은 그림 4와 같이 각 밴드에 해당하는 흑백화상의 명암도를 가지고 있다.

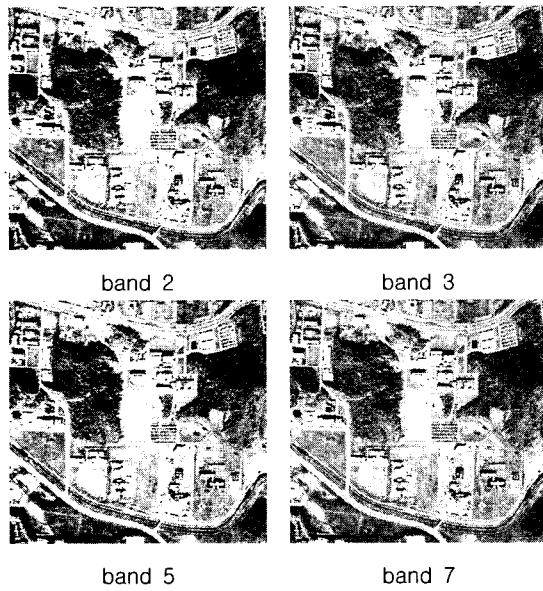


그림 4. 각 밴드에 대한 원격탐사 영상

4개의 밴드 중 서로 다른 3개의 밴드(7-5-3 밴드, 5-3-2 밴드)에 대한 명암도를 각각 RGB (Red, Green, Blue) 값으로 할당해 2개의 false color image를 만들었다. 이 이미지를 이용해 표 1과 같이 지표면 패턴분류를 위한 8개의 클래스를 선정하였다[4].

표 1. 지표면 패턴 분류를 위한 클래스 선정

클래스	색	분류
C1	Red	Coniferous Tree
C2	Green	Deciduous Tree
C3	Blue	Water
C4	Black	Asphalt Road
C5	White	Cement Road
C6	Gray	Shadow
C7	Violet	Bare Soil
C8	Orange	Dried Grass

4.1 퍼지 소속 함수 결정

1개의 밴드는 패턴분류를 위해 12개의 퍼지항을 가지고 있다. 소속함수는 대덕연구단지를 대상으로 4개의 밴드에 의해 0~255사이의 명암도를 입력으로 받아 그에 해당하는 소속정도를 구할 수 있도록 그림 5와 같이 구성하였다.

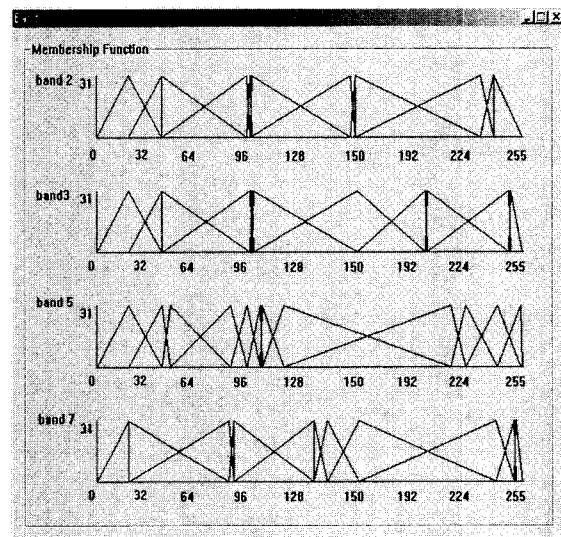


그림 5. 각 밴드에 대한 소속함수

전건부에서 각각의 밴드에서 입력된 값을 해당 소속함수의 퍼지항에 대입해 그에 따른 소속정도를 계산하고 각 소속정도에서 적합도를 구한다. 이 값을 이용해 8개의 클래스 중 하나의 클래스를 선택하게 된다. 클래스선택을 위한 후건부의 소속 함수는 그림 6과 같이 8개의 퍼지항으로 구분된다.

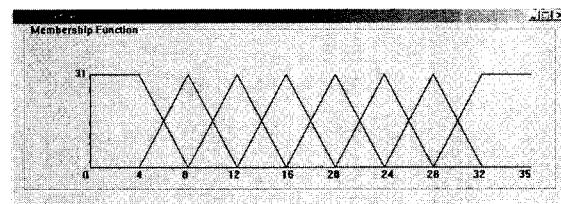


그림 6. 클래스 선택을 위한 소속함수

4.2 퍼지 제어 규칙 작성

전건부에 해당하는 4개 밴드에 대한 소속함수를 각각 B2, B3, B5, B7이라 하고, 하나의 소속함수에 대한 12개의 퍼지항을 -6, -5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5, 6 이라 하였다. 후건부는 C1~C8까지 8개의 클래스로 분류하였다. 4개의 밴드로부터 입력된 명암도 값에 대해 지표면의 패턴을 분류하기 위해 다음과 같이 104개의 퍼지 제어규칙을 작성했다.

Rule 1: If B2 is -3 and B3 is -3 and B5 is -3 and B7 is 3 then C1

Rule 2: If B2 is -3 and B3 is -3 and B5 is -3 and B7 is 2 then C1

Rule 3: If B2 is -3 and B3 is -3 and B5 is -4 and B7 is 3 then C1

Rule 103: If B2 is 2 and B3 is 2 and B5 is 3 and B7 is 4 then C8

Rule 104: If B2 is 1 and B3 is 2 and B5 is 2 and B7 is 4 then C8

이러한 104개의 제어규칙에 대해 퍼지 추론 및 비퍼지화를 하여 원격탐사 화상의 패턴분류에 따른 클래스를 얻는다.

4.3 실험 결과

실험에 사용한 퍼지 제어기는 Mamdani의 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. 본 실험은 펜티엄-III 800MHz, Win98, VC++환경에서 수행했다. 연산된 결과 데이터 즉, 패턴분류 이미지를 보면 그림 7과 같이 나타난다.

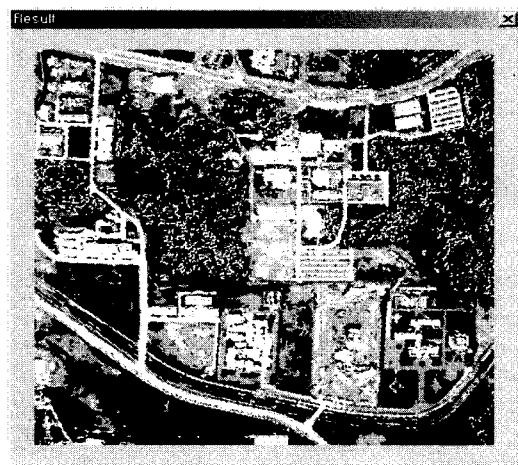


그림 7. 적용 사례에 대한 실험 결과

패턴 분류된 이미지를 보면 8개의 색상으로 구분되며 각각의 색상은 표 1에서와 같이 분류된다.

4.4 성능 및 오차 분석

그림 8은 패턴 분류된 전체 이미지 중 하나의 픽셀에 대한 분류결과와 연산속도를 보여준다. 연산속도는 4개의 밴드에서 받은 명암도값에 대해 104개의 제어규칙을 통한 퍼지추론을 거쳐 하나의 패턴을 분류해낼 때까지의 속도이다.

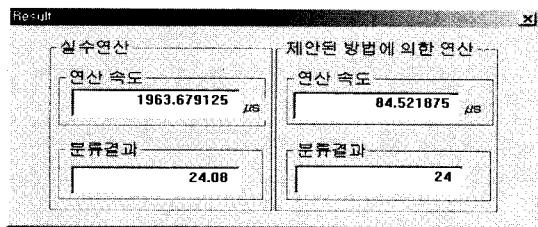


그림 8. 분류결과 및 연산 속도

본 실험을 통한 연산 속도를 비교해 보면 실수연산에 비해 본 논문에서 제안한 방법이 대략 23.2배정도 연산 속도가 빠른 것을 볼 수 있다. 그림 8에서의 실수 연산과 제안된 방법에서의 분류결과 값 24.08과 24 값은 하나의 픽셀에 대한 패턴분류 결과로 이 값에 의해 8개의 클래스중 하나의 클래스를 선정하게 된다.

퍼지 제어 규칙에 적용하여 각 밴드에서 입력된 명암도에 따른 분류결과를 살펴보면 결과 값이 거의 같은 것을 볼 수 있다. 표 2는 패턴 분류된 전체이미지 중 100개의 픽셀에 대한 분류결과 값과 연산속도를 보여주고 있다. 표에서와 같은 실수연산과 제안된 방법에 의한 분류결과 값의 차는 실수 값을 정수형 격자에 매핑 시킬 때 생긴 반올림 또는 버림으로 인한 값의 손실에 따른 오차이다. 100개의 픽셀에 대해 RMS법에 의한 오차 평균이 약 0.112정도 나오는 것을 볼 수 있다. 그러나 이 오차에 의해 패턴분류 결과가 달라지지는 않는 것을 알 수 있다. 또한 이런 오차는 정수격자의 크기를 늘리거나 소속 함수를 적절히 조절함으로써 이런 오차로 크기를 줄일 수 있다.

표 2. 분류 결과의 성능평가 (연산 속도 및 오차)

픽셀	실수 연산		제안된 방법		오차		
	분류결과	연산속도	분류결과	연산속도			
1	8.13	C2	1963.43	8	C2	88.14	0.13
2	7.19	C1	1974.66	7	C1	84.62	0.19
3	7.09	C1	1967.93	7	C1	84.58	0.09
4	15.09	C4	1964.47	15	C4	84.57	0.09
5	16.17	C5	1966.78	16	C5	84.47	0.17
...							
98	24.08	C7	1963.67	24	C7	84.52	0.08
99	18.15	C5	1965.57	18	C5	84.41	0.15
100	31.06	C8	1967.40	31	C8	84.38	0.06
평균	$\times \times$		1967.42	$\times \times$		84.78	**0.112

연산속도의 단위는 μ s
**는 전체 평균 오차

실험 결과에서 알 수 있듯이 제안된 고속 퍼지제어기의 특징은 퍼지 추론 시 소속함수에 대한 실수 연산이 아닌 정수연산으로 인한 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 지금까지 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 GUI 환경을 제공하여 소속 함수를 쉽게 조절함으로써 사용자가 원하는 문제에 맞는 소속 함수를 결정할 수 있게 했으며, 대용량의 퍼지데이터에 대한 실시간 고속 처리를 요구하는 원격 탐사 이미지의 패턴 인식에 정수형 퍼지 제어기를 적용하였다.

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

본 논문에서 제안된 방법을 복잡한 퍼지 계산이나, 고속 추론을 요하는 퍼지 제어기에 적용하면 많은 성능 향상 효과를 얻을 수 있을 것이다. 향후 연구로서, 적용할 수 있는 소속 함수가 삼각 함수나 사다리꼴 함수처럼 직선의 형태에 국한되지 않고 모든 형태의 소속함수에 대하여 적용 할 수 있도록 보완할 필요가 있다. 또한, 본 논문에서는 GUI환경에서 소프트웨어적인 방법으로 고속 퍼지 제어기를 구현하였지만, 원격탐사화상과 같은 대용량의 이미지 데이터를 위한 보다 고속의 실시간 처리를 위하여 본 논문에서의 방법을 TMS320C64x 또는 TMS320C62x 와 같은 정수형 DSP 프로세서에 포팅하여 임베디드 프로세서 시스템 또는 FPGA를 이용한 전용의 고속 하드웨어 퍼지제어기의 구현에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [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] F. S. Hill, *Computer Graphics*, 2nd ed., Prentice Hall, 2001.
- [4] Sang Gu Lee and Jong Gyu Han, "An Implementation of a Land Cover Pattern Classification System for Remotely Sensed Date by Using Neuro-Fuzzy Algorithm," *Trans. of IEE Japan*, Vol. 120-C, No. 4, pp. 546-553, Apr. 2000. (*Japanese language*)
- [5] 김종혁, 손기성, 이병권, 이상구, "GUI 환경에서의

정수형 연산만을 사용한 고속 퍼지제어기," 한국퍼지 및 지능시스템학회 2002년도 춘계학술 대회 발표논문집, pp. 191-194, May 2002.

- [6] E. Cox, *Fuzzy System Handbook*, AP Professional, 1994.
- [7] 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.

저 자 소 개



김종혁 (Kim Jong Hyuk)

2002년 : 한남대학교 컴퓨터공학과 졸업
(학사)

2002년 ~ 현재 : 한남대학교 대학원 컴퓨터
공학과 석사과정

관심분야 : FPGA, CSOC, ARM



손기성 (Son Ki Sung)

2002년 : 한남대학교 컴퓨터공학과 졸업
(학사)

2002년 ~ 현재 : 한남대학교 대학원 컴퓨터
공학과 석사과정

관심분야 : CSOC, 뉴로-퍼지이론, 컴퓨터
그래픽스



이병권 (Lee Byung Kwon)

1999년 : 한밭대학교 전자계산과 졸업.
2000 ~ 2002 : 한남대학교 대학원 컴퓨터공
학과(석사)

2002년 ~ 현재 : 한남대학교 대학원 컴퓨터
공학과 박사과정

관심분야 : 퍼지이론, 컴퓨터구조, 병렬처리



이상구 (Lee Sang Gu)

서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업
한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
와세다대학 전기전자컴퓨터공학과 졸업
(박사)

1983 ~ 현재, 한남대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 퍼지이론, 소프트 컴퓨팅, 병렬처리

Phone : 042-629-7551

Fax : 042-487-9335

E-mail : sglee@mail.hannam.ac.kr