

표준 매개변수 소속 함수에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법과 언어 근사에서의 응용

최 대 영[†]

요 약

표준 매개변수 소속 함수(SPMF)에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법(PLTM)을 제안한다. 이는 구간 선형 변환 방법을 사용해서 비 매개변수 소속 함수(NPMF)로 표현된 퍼지 집합이 매개변수 소속 함수(PMF)로 표현된 퍼지 집합으로 변환될 수 있다는 생각에서 유래되었다. 이 경우, 이들 매개변수들은 퍼지 집합의 구조를 결정하기 위한 특징점들 이라고 할 수 있다. 결과적으로 구간 선형 변환 방법은 비 매개변수 소속 함수를 매개변수 소속 함수로 변환해 줌으로써 비 매개변수 소속 함수에 기반을 둔 퍼지 시스템과 비교해 볼 때 퍼지 시스템이 상대적으로 빠르게 처리될 수 있게 한다. 한편, 표준 매개변수 소속 함수들의 전형적인 형태가 소개되고 분석된다. 끝으로, PLTM의 전형적인 응용을 제시하고 수치적인 예를 보여준다.

A Piecewise Linear Transformation Method based on SPMF and Its Application to Linguistic Approximation

Dae-Young Choi[†]

ABSTRACT

We propose a piecewise linear transformation method (PLTM) based on the standardized parametric membership functions (SPMF). It is derived from the idea that the fuzzy sets represented with the non-parametric membership functions (NPMF) can be transformed into the fuzzy sets represented with the parametric membership functions (PMF) by using the PLTM. In this case, these parameters may be regarded as feature points for determining the structure of a fuzzy set. Thus, the PLTM enables fuzzy systems to be processed relatively fast by transforming the NPMF into the PMF when compared to fuzzy systems based on the NPMF. In the meantime, the typical shapes of the SPMF are introduced and analyzed. Finally, we present the typical application of the PLTM and show its numerical example.

키워드: 구간 선형 변환 방법(Piecewise linear transformation method), 표준 매개 변수 소속 함수(Standardized parametric membership function)

1. 서 론

소속 함수는 퍼지 집합[8]의 중요한 구성 요소이다. 이러한 결과로 다양한 형태의 소속 함수들이 제시되었다 [1-8, 11-15]. 이들을 크게 두 가지로 구분하면 비 매개변수 소속 함수(NPMF)와 매개변수 소속 함수(PMF)로 분류할 수 있다. 일반적으로 NPMF는 정교한 소속 함수들을 표현하는데 사용되는 반면에 PMF는 표준 매개변수 소속 함수(SPMF)들을 표현할 때 많이 사용된다. 일반적으로 퍼지 집합이 개인의 주관성(Subjectivity)을 표현하는데 사용되기 때문에 언어 값(Linguistic Value)을 표현하는데 있어 개인간의 차이가 명확히 존재하지만 개인간의 비교를 위한 표준화의

필요성이 있다[14]. 이러한 관점에서 퍼지 집합을 다룰 때 조정 가능한 매개변수들을 갖는 표준 매개변수 소속 함수를 사용하는 것이 편리하다[13]. 삼각형 타입, 사다리꼴 타입, S 타입, // 타입등의 소속 함수가 이러한 조정 가능한 매개변수들을 갖는 표준 매개변수 소속 함수의 전형적인 형태(Shape)라고 할 수 있다.

한편, 퍼지 집합 이론을 전문가 시스템, 자연어 처리, 퍼지 제어기등에 응용 할 때의 중요한 고려사항은 상대적으로 빠른 방법을 고안해 내는 것이다[10, 12, 13]. 이러한 공학적인 관점에서 PMF는 퍼지 시스템 개발에서 중요한 역할을 한다. 이는 PMF를 갖는 퍼지 시스템이 NPMF를 갖는 퍼지 시스템보다 상대적으로 빠르게 처리될 수 있기 때문이다. 그러나 기존의 퍼지 시스템 개발에서 NPMF를 PMF로 변환해 주는 연구가 미약한 실정이다. 이러한 문제를 다루기 위해 SPMF에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법(PLTM)을 제안한다. 본

* 이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원비 및 2000년도 유한대학 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

† 접 회 원: 유한대학 경영정보과 교수

논문접수: 2001년 7월 3일, 심사완료: 2001년 8월 20일

논문에서 n개의 이산 요소(Discrete Element)들로 정의된 퍼지 집합을 위한 근사 변환(Approximate Transformation) 알고리즘을 제안하고 그에 관련된 속성을 제시한다. 이는 정교하게 표현된 비선형(Non-linear) 형태의 소속 함수를 구간별 선형(Piecewise Linear) 형태의 소속 함수들로 변환해 주기 때문에 구간 선형 변환 방법이라고 한다. 이러한 PLTM은 비선형 형태의 NPMF를 구간별 선형 형태의 PMF로 변환해 줌으로써 퍼지 시스템이 상대적으로 빠르게 처리될 수 있게 한다. 이 경우 이들 매개변수들은 퍼지 집합의 구조를 결정하기 위한 특징점들 이라고 할 수 있다. 결과적으로 PMF의 매개변수들을 사용해서 퍼지 집합간의 차이를 효율적으로 계산할 수 있다. PLTM에서 NPMF를 PMF로 변환할 때 NPMF 곡선상에서 매개변수들을 위한 위치를 발견하기 위해 최소사승법을 사용 한다. 또한, 근사 정도(Level of Approximation)를 결정해 주는 요소를 제시한다. 본 논문은 2장에서 전형적인 SPMF의 형태를 분석하고, 3장에서 SPMF에 기반을 둔 PLTM을 제안하고 이에 관련된 속성을 분석한다. 4장에서 PLTM의 전형적인 응용을 제시하고 수치적인 예를 보여준다. 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. SPMF의 전형적인 형태

전형적인 형태의 SPMF에는 삼각형 타입, 사다리꼴 타입, S 타입, H 타입등의 소속 함수가 있다.

2.1 삼각형 타입 소속 함수(Triangular-type Membership Function)

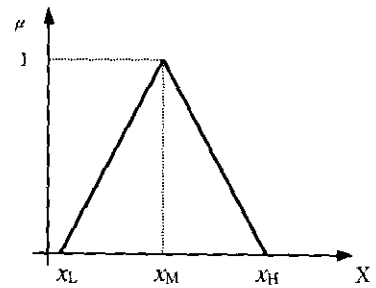
A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라 하자. 그러면, $x \in X$ 에 대해 삼각형 타입 소속 함수를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\mu_A(x, x_M, x_L, x_H) = 1 - \{|(x - x_M)/(x_H - x_L)| \times 2\}, \quad (1)$$

단, $x_L \leq x \leq x_H$ 이고 $|x_M - x_L| = |x_H - x_M|$ 이다. 만약 소속 함수 (1)의 결과가 [0, 1]로 정규화 되어 있다면, $x \in (-\infty, x_L] \cup [x_H, \infty)$ 에서 $\mu_A(x, x_M, x_L, x_H) = 0$ 이다.

식 (1)에서 x_M 는 x_L 과 x_H 의 중앙점(Midpoint) 이고 퍼지 집합 A에 절대적으로 포함되는 퍼지 집합 A의 이상적인 대표값 이라고 가정한다. 결과적으로 삼각형 타입 소속 함수는 확실성(Certainty)이 한 점일 때 사용된다. 또한, $[x_L, x_H]$ 이 퍼지 집합 A의 가능 구간(Support)이라고 가정한다. 이때 x_M 과 $[x_L, x_H]$ 는 개인이나 문화 차이(Cultural Differences)등에 따라 결정된다. 식 (1)은 x_M 에 대해 대칭성(Symmetric Property)을 갖으며 만약 소속 함수 (1)의 결과가 [0, 1]로 정규화 되어 있다면 다음과 같은 형태가 된다.

만약 (그림 1)에서 중앙점 x_M 이 $[x_L, x_H]$ 상에서 왼쪽이나 오른쪽으로 기울어져(Biased) 있다면, 즉, $|x_M - x_L| \neq |x_H -$



(그림 1) 삼각형 타입의 소속 함수 형태

$x_M| \neq 0$ 이라면 비대칭적인 삼각형 타입 형태가 될 것이다. 또한, 특별한 경우로 $|x_M - x_L| = |x_H - x_M| = 0$ 일때는 막대 같은 (Pole-like) 형태가 된다.

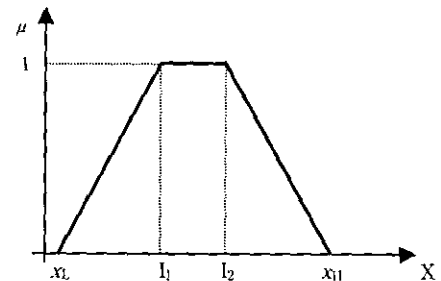
2.2 사다리꼴 타입 소속 함수(Trapezoidal-type Membership Function)

A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라 하자. 그러면, $x \in X$ 에 대해 사다리꼴 타입 소속 함수를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\mu_A(x, I_1, I_2, x_L, x_H) = \begin{cases} 1 - \{|(x - I_1)/(x_H - x_L)| \times 2\} & \text{for } x_L \leq x < I_1 \\ 1 & \text{for } I_1 \leq x \leq I_2 \\ 1 - \{|(x - I_2)/(x_H - x_L)| \times 2\} & \text{for } I_2 < x \leq x_H \end{cases} \quad (2)$$

단, $x_L \leq x \leq x_H$ 이고 $|I_1 - x_L| = |x_H - I_2|$ 이다. 만약 소속 함수 (2)의 결과가 [0, 1]로 정규화 되어 있다면, $x \in (-\infty, x_L] \cup [x_H, \infty)$ 에서 $\mu_A(x, I_1, I_2, x_L, x_H) = 0$ 이다.

식 (2)에서 확실성 구간(Certainty Interval)인 $[I_1, I_2]$ 는 퍼지 집합 A에 절대적으로 포함되는 퍼지 집합 A의 이상적인 대표값들을 갖는다고 가정한다. 결과적으로 사다리꼴 타입 소속 함수는 확실성(Certainty)이 구간(Interval)으로 주어질 때 사용된다. 또한, $[x_L, x_H]$ 이 퍼지 집합 A의 가능 구간(Support)이라고 가정한다. 이때 $[I_1, I_2]$ 과 $[x_L, x_H]$ 는 개인이나 문화 차이(Cultural Differences)등에 따라 결정된다. 식 (2)는 구간 $[I_1, I_2]$ 에 대해 대칭성(Symmetric Property)을 갖으며 만약 소속 함수 (2)의 결과가 [0, 1]로 정규화 되어 있다면 다음과 같은 형태가 된다.



(그림 2) 사다리꼴 타입의 소속 함수 형태

만약 (그림 2)에서 확실성 구간 $[I_1, I_2]$ 이 $[x_L, x_H]$ 상에서 왼쪽이나 오른쪽으로 기울어져(Biased) 있다면, 즉, $|I_1$

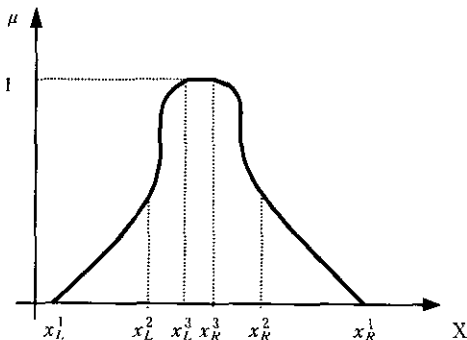
$-x_L \neq |x_H - I_2| \neq 0$ 이라면 비대칭적인 사다리꼴 타입 형태가 될 것이다. 또한, 특별한 경우로 $|I_1 - x_L| = |x_H - I_2| = 0$ 일때는 사각형 같은(Rectangular-like) 형태가 된다.

2.3 Π 타입 소속 함수

삼각형 타입이나 사다리꼴 타입보다 더 복잡한 소속 함수는 Π 타입이다. 이는 벨 형태(Bell-Shape)라고도 한다. A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라 하자. 그러면, $x \in X$ 에 대해 Π 타입 소속 함수를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$M_A(x, x_L^1, x_L^2, x_L^3, x_R^3, x_R^2, x_R^1) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < x_L^1 \text{ or } x > x_R^1 \\ 1 & \text{if } x_L^3 \leq x \leq x_R^3 \\ \frac{(x-x_L^1)^2}{(x_L^2-x_L^1)(x_L^3-x_L^1)} & \text{if } x_L^1 \leq x < x_L^2 \\ 1 - \frac{(x-x_L^3)^2}{(x_L^3-x_L^2)(x_L^3-x_L^1)} & \text{if } x_L^2 \leq x < x_L^3 \\ 1 - \frac{(x-x_R^3)^2}{(x_R^2-x_R^3)(x_R^1-x_R^3)} & \text{if } x_R^3 < x \leq x_R^2 \\ \frac{(x-x_R^1)^2}{(x_R^1-x_R^2)(x_R^1-x_R^3)} & \text{if } x_R^2 < x \leq x_R^1 \end{cases} \quad (3)$$

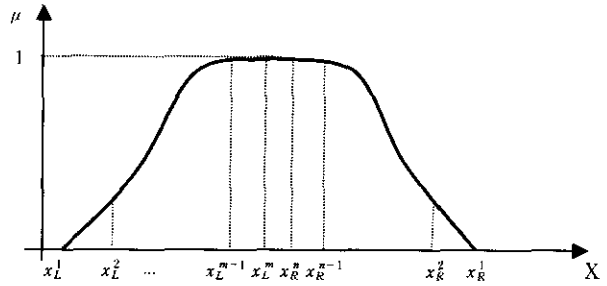
식 (3) 에서 $x_L^1 = x_L^2 = x_L^3$ 일 경우 S⁻ 타입 소속 함수가 된다. 이와 유사하게 $x_R^3 = x_R^2 = x_R^1$ 일 경우 S⁺ 타입 소속 함수가 된다[5]. 또한 식 (3) 에서 아래 첨자는 확실성 구간 $[x_L^3, x_R^3]$ 에 관한 왼쪽과 오른쪽을 나타내고, 윗첨자는 이들 왼쪽과 오른쪽 각각에 관한 매개변수 개수를 나타낸다. 이는 삼각형 타입이나 사다리꼴 타입보다 더 정교한 곡선 형태를 표현할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안된 선형식(Linear Formula)인 (1)이나 (2)보다 상대적으로 복잡한 수식을 사용한다. 이러한 Π 타입은 다음과 같이 나타내진다.



(그림 3) Π 타입의 소속 함수 형태

2.4 더 많은 매개변수를 갖는 Π 타입 형태의 소속 함수

Π 타입 소속 함수는 더 많은 매개변수를 갖는 보다 정교한 다음과 같은 형태로 확장될 수 있다.



(그림 4) 더 많은 매개변수들을 갖는 Π 타입 소속 함수의 예

(그림 4) 에서 윗첨자 m 과 n은 $[x_L^m, x_R^n]$ 에 대한 왼쪽과 오른쪽 각각에 관한 매개변수 개수를 나타낸다. 이때 $x_L^m \leq x_R^n$ 이고 $m \neq n$ 이 될 수도 있다. 이러한 더 많은 매개변수를 갖는 타입 형태의 소속 함수를 사용해서 2.3에서 제시한 형태보다 더 정교한 형태를 나타낼 수 있다. 한편, 2장에서 제시한 SPMF는 그들의 매개변수 값들에 따라 형태(Shape)가 쉽게 변화될 수 있다. 결과적으로 이들 SPMF는 매개변수 값들을 조정해줌으로써 쉽게 변화에 적용(Adaptation)할 수 있는 특징이 있다.

3. SPMF에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법

본 논문에서 n개의 이산 요소(Discrete Element)들로 정의된 퍼지 집합을 위한 근사 변환(Approximate Transformation) 알고리즘을 제안하고 그에 관련된 속성을 제시한다. 이는 정교하게 표현된 비선형 형태의 소속 함수를 구간별 선형 소속 함수들로 변환해 주기 때문에 구간 선형 변환 방법(PLTM)이라고 한다. A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라 하자. 그러면, $x \in X$ 에 대해 (그림 4)에 있는 기호 표현 방법에 따라 퍼지 집합이 다음과 같이 나타내질 수 있다.

$$A = \{ (x_L^1, \mu_A(x_L^1)), (x_L^2, \mu_A(x_L^2)), \dots, (x_L^{m-1}, \mu_A(x_L^{m-1})), (x_L^m, \mu_A(x_L^m)), (x_R^n, \mu_A(x_R^n)), (x_R^{n-1}, \mu_A(x_R^{n-1})), \dots, (x_R^2, \mu_A(x_R^2)), (x_R^1, \mu_A(x_R^1)) \} \quad (4)$$

제안된 PLTM에서 비선형 형태의 NPMF를 구간별 선형 형태의 PMF로 변환할 때 NPMF 곡선상에서 매개 변수들을 위한 위치를 발견하기 위해 최소자승법을 사용한다. 식 (4)와 같이 n개의 이산 요소(Discrete Element)들로 정의된 퍼지 집합에 대해 다음의 조건에 따라 PMF의 매개변수가 될 수도 있는 변환점(Turning Point)들을 발견하고자 한다.

$$\sqrt{(\mu_A(x^{i+1}) - \mu_A(x^i))^2} \geq \alpha, \quad 0 < \alpha \leq 1 \quad (5)$$

왼쪽일 경우 $i = 1, 2, \dots, m-1$ 이고,

오른쪽일 경우 $i = 1, 2, \dots, n-1$.

표현을 쉽게 하기 위해 식 (5)에서 식 (4)에 있던 왼쪽과

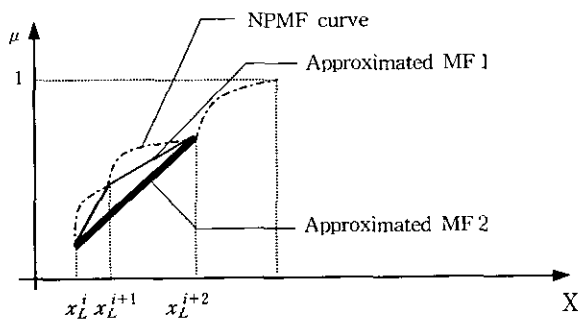
오른쪽을 나타내는 아래 첨자를 생략하였다. 만약 식 (5)가 만족된다면 $(x^{i+1}, \mu_A(x^{i+1}))$ 이 변환점으로 결정된다. 한편, (그림 4)에서 가장 왼쪽 지점 $(x_L^1, \mu_A(x_L^1))$ 과 가장 오른쪽 지점 $(x_R^m, \mu_A(x_R^m))$ 그리고 확실성 지점 $(x_L^m, \mu_A(x_L^m))$ 과 $(x_R^1, \mu_A(x_R^1))$ 는 디폴트(Default) 변환점 이라고 가정한다. 표본 구간(Sampling Interval)이 1인 경우 PLTM 알고리즘은 다음과 같다.

```

/* NPMF 곡선의 왼쪽과 오른쪽에 관해 표본 구간 1인 경우 변환
점들을 발견하는 알고리즘. */
/* L[1:m]과 R[1:n]를 배열이라 하자. 이는 식 (5)에 관한 플
래그(Flag) 상태를 나타내는데 사용된다. */
/* 디폴트 변환점에 대해 L[1] = 1, L[m] = 1, R[1] = 1,
R[n] = 1라 놓는다. */
for i = 1 to m-1 by 1 do /* 왼쪽에서 변환점들을 발견하는 과정. */
    if Eq. (5) is satisfied then L[i+1] = 1 /* 지점 (i+1) 이
변환점으로 선택된다. */
    else L[i+1] = 0
end
for i = 1 to n-1 by 1 do /* 오른쪽에서 변환점들을 발견하는
과정. */
    if Eq. (5) is satisfied then R[i+1] = 1 /* 지점 (i+1)이
변환점으로 선택된다. */
    else R[i+1] = 0
end
    
```

(알고리즘 1) 표본 구간이 1 인 경우의 PLTM

식 (5)에서 α 값을 조정해서 변환점의 개수를 조정할 수 있음을 알 수 있다. 결과적으로, α 값은 근사 정도(Level of Approximation)를 결정한다. 즉, 보다 큰 α 값의 사용은 근사 정도를 크게 하여 원래 형태와의 상이성을 크게 한다.



(그림 5) PLTM을 사용한 예

만약 (그림 5)에서 x_L^{i+1} 과 x_L^{i+2} 이 식(5)에 따라 변환점 이라고 한다면 NPMF curve는 Approximated MF1에 의해 근사될 것이다. 그러나 만약 x_L^{i+1} 이 보다 큰 α 값을 사용 함에 의해 변환점이 아니라면 NPMF curve는 Approximated MF2에 의해 근사될 것이다. 이 경우, Approximated MF2가 Approximated MF1보다 원래 형태인 NPMF curve에 대해 상이성이 더 큰 것을 알 수 있다. 한편, 만약 표본 구간이 $|j-i|$ (단, $j > i+1$ 이고 i, j 는 정수)이라면 식 (5)

는 다음과 같이 식 (6) 처럼 변화된다.

$$\sqrt{(\mu_A(x^i) - (\mu_A(x^j)))^2} \geq \alpha, \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (6)$$

왼쪽일 경우 $i = 1, 2, \dots, k, k < m-1$ 이고,
오른쪽일 경우 $i = 1, 2, \dots, k, k < n-1$.

표현을 쉽게 하기 위해 식 (6)에서 식 (4)에 있던 왼쪽과 오른쪽을 나타내는 아래 첨자를 생략하였다. 만약 식 (6)이 만족된다면 $(x^i, \mu_A(x^i))$ 이 변환점으로 결정된다. 이때, 식 (6)에 있는 α 와 $|j-i|$ 의 값을 조정해 줌으로써 변환점들의 개수를 조절할 수 있다. 결과적으로 식 (6)를 사용할 때는 α 와 $|j-i|$ 의 값이 근사 정도(Level of Approximation)를 결정한다. 즉, 보다 큰 α 와 $|j-i|$ 값의 사용은 근사 정도를 크게 하여 원래 형태와의 상이성을 크게 한다. 표본 구간(Sampling Interval)이 $|j-i|$ 인 경우 PLTM 알고리즘은 다음과 같다.

```

/* NPMF 곡선의 왼쪽과 오른쪽에 관해 표본 구간 |j-i|인 경우 변환
점들을 발견하는 알고리즘. */
/* L[1:m]과 R[1:n]를 배열이라 하자. 이는 식 (6)에 관한
플래그(Flag) 상태를 나타내는데 사용된다. */
/* 디폴트 변환점에 대해 L[1] = 1, L[m] = 1, R[1] = 1,
R[n] = 1라 놓는다. */
for j = 1 to k by |j-i| do /* 왼쪽에서 변환점들을 발견하는 과정
(단, j > i+1, k < m-1, k는 정수). */
    if Eq. (6) is satisfied then L[j] = 1 /* 지점 (j)가 변환
점으로 선택된다. */
    else L[j] = 0
end
for i = 1 to k by |j-i| do /* 오른쪽에서 변환점들을 발견하는
과정 (단, j > i+1, k < n-1, k는 정수). */
    if Eq. (6) is satisfied then R[j] = 1 /* 지점 (j)가 변환
점으로 선택된다. */
    else R[j] = 0
end
    
```

(알고리즘 2) 표본 구간이 |j-i|인 경우의 PLTM

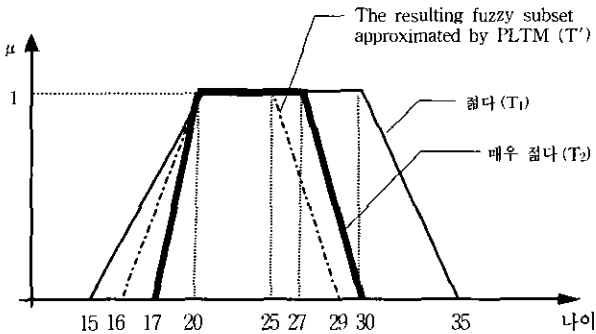
이렇게 결정된 매개변수들은 퍼지 집합의 구조를 결정하기 위한 특징점들 이라고 할 수 있다. 결과적으로 SPMF의 매개변수들을 사용해서 퍼지 집합간의 차이를 효율적으로 계산할 수 있다. 이러한 관점에서 PLTM이 비선형 형태의 NPMF를 구간별 선형 형태의 PMF로 변환해 줌으로써 비 매개변수 소속 함수에 기반을 둔 퍼지 시스템과 비교해 볼 때 퍼지 시스템이 상대적으로 빠르게 처리될 수 있게 하는 장점을 제공한다.

4. 언어 근사(Linguistic Approximation)에 의 응용

언어 근사는 인간과 기계간에 상호작용이 있는 응용 분야에서 매우 중요하다. 그러나, 이는 쉬운 문제가 아니기 때문에 아직 연구가 미약한 실정이다[2,9]. 본 논문에서 제

안된 PLTM의 전형적인 응용 분야로 SPMF에 기반을 둔 새로운 형태의 효율적인 언어 근사 방법을 제시한다. 본 논문에서 제안된 언어 근사 방법의 장점은 PLTM를 사용해 비선형 형태의 NPMF를 구간별 선형 형태의 PMF로 변환해 줌으로써 매개변수들을 이용하여 언어 근사가 빠르게 계산 된다는 점이다. 왜냐 하면 언어 값을 표현해 주는 퍼지 부분 집합(Fuzzy Subset) [12]에 있는 모든 원소에 대해 비교를 해야 하는 NPMF에 기반을 둔 언어 근사와 비교할 때 SPMF에 기반을 둔 언어 근사는 매개변수만을 비교해서 계산이 효율적으로 되기 때문이다.

[예 1] 언어 변수 '나이'에 관한 언어 값으로 '젊다'와 '매우 젊다'를 고려한다. 이때 이들 언어 값들이 식 (2)에 있는 사다리꼴 타입의 소속 함수를 사용해서 각각 $(I_1, I_2, x_L, x_H, linguistic\ value)_1 = (20, 30, 15, 35, '젊다')_1 = T_1$, 와 $(I_1, I_2, x_L, x_H, linguistic\ value)_2 = (20, 27, 17, 30, '매우\ 젊다')_2 = T_2$ 로 정의되어 있다고 하자. 또한, 퍼지 시스템의 계산 결과인 퍼지 부분 집합이 제안된 PLTM 알고리즘을 사용해서 $(I_1', I_2', x_L', x_H') = (20, 25, 16, 29) = T'$ 로 매개변수화 되어 있다고 하자. 이들 퍼지 부분 집합간의 상대성을 다음과 같이 나타낼 수 있다.



(그림 6) 언어 변수 '나이'에 관한 퍼지 부분 집합의 예

결과적으로 다음과 같이 최소사승법을 사용해서 언어 근사를 구할 수 있다.

$$d_1(T_1, T') = \sqrt{(I_1 - I_1')^2 + (I_2 - I_2')^2 + (x_L - x_L')^2 + (x_H - x_H')^2}$$

$$= \sqrt{(20 - 20)^2 + (30 - 25)^2 + (15 - 16)^2 + (35 - 29)^2} = \sqrt{62},$$

$$d_2(T_2, T') = \sqrt{(I_1 - I_1')^2 + (I_2 - I_2')^2 + (x_L - x_L')^2 + (x_H - x_H')^2}$$

$$= \sqrt{(20 - 20)^2 + (27 - 25)^2 + (17 - 16)^2 + (30 - 29)^2} = \sqrt{6}.$$

이 경우 퍼지 시스템의 계산 결과인 T'는 $d_1 > d_2$ 이기 때문에 언어 근사로 언어 값 '매우 젊다'가 선택된다.

퍼지 집합 이론을 전문가 시스템, 자연어 처리, 퍼지 제어기 등에 적용할 때 중요한 고려사항은 상대적으로 빠른 방법을 고안해 내는 것이다[10, 12, 13]. 이러한 공학적인 관

점에서 본 논문에서 제안된 언어 근사 방법은 이전의 연구 [2, 9]들과 비교할 때 처리 속도 측면에서 장점을 갖는다.

5. 결 론

기존의 퍼지 시스템 개발에서 NPMF를 PMF로 변환해주는 연구가 미약한 실정이다. 이러한 문제를 다루기 위해 SPMF에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법(PLTM)을 제안하였다. 이러한 PLTM은 비선형 형태의 NPMF를 구간별 선형 형태의 PMF로 변환해 줌으로써 NPMF에 기반을 둔 퍼지 시스템과 비교해 볼 때 퍼지 시스템이 상대적으로 빠르게 처리될 수 있게 한다. 이 경우 이들 매개변수들은 퍼지 집합의 구조를 결정하기 위한 특징점들 이라고 할 수 있다. 결과적으로 PMF의 매개변수들을 사용해서 퍼지 집합간의 차이를 효율적으로 계산할 수 있는 장점을 제공한다. 본 논문에서는 이러한 PLTM의 응용 분야로 SPMF에 기반을 둔 새로운 형태의 효율적인 언어 근사 방법을 제시 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Cheng-Feng Hu and Shu-Cherng Fang, "Solving fuzzy inequalities with concave membership functions," *Fuzzy sets and systems*, Vol.99, pp.233-240, 1998.
- [2] F. Eshragh and E. H. Mamdani, "A General Approach to Linguistic Approximation," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol.11, pp.501-519, 1979.
- [3] A. Grauel and L. A. Ludwig, "Construction of differential membership functions," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.101, pp.219-225, 1999.
- [4] G. J. Klir and T. A. Folger, *Fuzzy sets, uncertainty and information*, Prentice Hall, 1988.
- [5] V. Novak, *Fuzzy sets and their applications*, Adam Hilger, 1989.
- [6] W. Pedrycz, *Fuzzy control and fuzzy systems*, Research Studies Press, 1989.
- [7] W. Pedrycz, "Fuzzy set technology in knowledge discovery," *Fuzzy sets and systems*, Vol.98, pp.279-290, 1998.
- [8] T. A. Runkler and J. C. Bezdek, "Function approximation with polynomial membership functions and alternation cluster estimation," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.101, pp.207-218, 1999.
- [9] F. Wenstop, "Deductive Verbal Models of Organization," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol.8, pp. 293-311, 1976.
- [10] J. Zhang and A. Knoll, "Designing fuzzy controllers by rapid learning," *Fuzzy sets and systems*, Vol.101, pp.287-301, 1999.
- [11] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets," *Inform. Control*, Vol.8, pp.338-353, 1965.
- [12] _____, "The Concept of A Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning - I," in : R. R.

- Yager, S. Ovchinnikov, R. M. Tong and H. T. Nguyen (Eds.), *Fuzzy sets and Applications : Selected papers by L. A. Zadeh*, John Wiley & Sons, pp.219-269, 1987.
- [13] _____, "A Theory of Approximate Reasoning," in : R. Yager, S. Ovchinnikov, R. M. Tong and H. T. Nguyen (Eds.), *Fuzzy sets and Applications : Selected papers by L. A. Zadeh*, John Wiley & Sons, pp.367-412, 1987.
- [14] H.-J. Zimmermann, *Fuzzy set theory and Its applications*, Kluwer-Nijhoff Publishing, 1986.
- [15] H.-J. Zimmermann, P. Zysno, "Quantifying vagueness in decision models," *European Journal of Oper. Res.*, Vol. 22, pp.148-154, 1985.



최 대 영

e-mail : dychoi@green.yuhan.ac.kr

1985년 서강대학교 컴퓨터학과 졸업(학사)

1985년~1990년 한국 국방 연구원(KIDA)

전산센터 연구원

1992년 서강대학교 이공 대학원 컴퓨터학과

졸업(석사)

1994년 정보처리기술사(전자계산 조직응용 분야)

1996년 서강대학교 이공 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)

1997년~현재 유한대학 경영정보과 조교수

관심분야 : 데이터 마이닝, 퍼지 시스템