

퍼지 객체 데이터 모델에 대한 고찰

이진호, 이진영

포항공과대학교 전자계산학과 지능정보시스템연구소

(790-784) 경북 포항시 남구 효자동 산 31 포항공과대학교

전자계산학과 정보통신연구소 지능정보시스템연구소

Email: {zino, jeon}@white.postech.ac.kr

A Fuzzy Object Data Model

Zino Lee, Jeonyoung Lee

IIS Lab./PIRL/POSTECH, San 31, Hyoja, NamGu, Pohang, 790-784, South Korea

Email: {zino, jeon}@white.postech.ac.kr

Abstract

In this paper, we suggest a framework to represent the fuzziness in knowledge base as a perspective of the object-oriented paradigm. We divide the knowledge base in two parts. One is the *object-base* that stores the fuzzy propositions and the explanatory databases. The other is the *rule-base* that manages the rules between the fuzzy propositions.

As the first step, we have to develop a new fuzzy object model that gives an easy way to represent the fuzzy propositions, that is, the fuzzy knowledge in the real world.

Area: Fuzzy Information

서론

기존의 퍼지 지식 기반 모델은 대부분 규칙 기반 모델을 사용하고 있다. 이는 1965년 L. A. Zadeh 박사가 제안한 퍼지 집합 이론 (fuzzy set theory [8])과 그 이론에 바탕을 두고 연구한 결과 1975년 또다시 그가 발표한 근사 추론 방식 (approximate reasoning method [9])이 기존의 논리 추론 연산에 바탕을 두고 이를 확장한 데 기인한다. 다시 말하면, 논리 연산을 효과적으로 수행하기 위해서는 지식 기반으로 규칙 형태를 이루는 것이 가장 알맞기 때문이다.

본 논문에서는 지식 기반의 기본 모델로서 객체 지향형 모델을 이용하여 설계하고자 한다. 이는, 객체 지향형 패러다임 (Object Oriented Paradigm)은 현실 세계를 가장 잘 표현할 수 있는 모델 기법으로 평가 받고 있으며, 따라서 지식 표현 과정에서 일어날 수 있는 손실을 극소화 할 수 있다는 장점을 보유하는데 기인한다. 그러나, 기존의 의미 망 (semantic network [7]), 프레임 시스템 (frame [5]) 등으로 대표되는 일반적인 구조 객체형 모델 (structured object model)이 가지는 단점은 처리

하기가 곤란하다. 즉, 언급한 바와 같이 표현 기법에 따른 이론적인 배경이 약할 뿐 아니라 (lack of formalism), 이에 따른 추론 방식 (reasoning method)에 있어서도 특이하게 좋은 방안이 제시되지 못하고 있다.

이러한 문제점들에도 불구하고, 표현상의 장점으로 인해 끊임 없는 연구가 진행되어 왔다. 대표적인 결과는 프레임을 이용한 퍼지 지식 표현 (frame based knowledge model [3][6])과 객체 모델을 이용한 지식 표현 (object model based knowledge representation [4][1]) 등의 시도들로 요약된다.

본 논문에서는 퍼지 객체를 정의하고, 그것을 이용하여 퍼지 명제를 정의하는 것을 목적으로 한다.

퍼지 객체 모델

객체 (object)란 컴퓨터 시스템의 입출력의 단위 (entity)를 지칭하는 말이다. 다시 말하면, 객체란 그 내부에 자신의 현 상황 (local state)과 이 상황을 다룰 수 있는 방안 (manipulate method its local state), 그리고 외부의 요구에 대해서 적절한 응답을 해줄 수 있는 능력 (response ability to external request)을 보유한 컴퓨터

시스템의 입출력 단위(entity)이다 [4]. 일반적으로 현 상황으로서 가질 수 있는 자료형(data type)은 정수(integer), 실수(floating point) 등 간단한 것에서부터, 배열(array), 집합(set), 함수(function)나 객체 자신(object) 등 복잡한 것에 이르기까지 컴퓨터 내부에 표현될 수 있는 자료형은 모두 가질 수 있다. 또한, 객체들은 관계(relation)로서 일반(generalization) 관계("is-a" relation)와 부속(aggregation) 관계("is-part-of" relation)을 가진다. 어느 객체의 일반 관계 객체(generalization object)는 대상 객체에 비해 보다 광범위하고 큰 개념을 표현한다. 예를 들어, "홍길동"이란 한 사람은 일반적인 사람 객체의 상속을 받고, 사람 객체는 또다시 동물 객체의 상속(inheritance)을 받는다. 그러므로, 상속을 받는 각 객체는 이미 구현된 내포적인 상황을 물려 받으므로, 다시 함수를 구현할 필요도 없고, 실 생활과 같이 표현이 되므로, 재사용(code reuse)과 이해하기 쉬운 표현(understandable representation)이라는 두 가지 효과를 얻는다.

간단하게 정의하자면, 퍼지 객체(fuzzy object)란 퍼지함(fuzziness)을 가지거나 가지지 않은 객체를 지칭하는 말이다.[4] 퍼지 객체는 어느 객체와 같이 일반 관계 객체들과 부속 관계 객체들 외에, 객체마다의 고유한 퍼지 값(fuzzy value)을 가진다. 따라서, 가장 간단하게 표현하자면, 퍼지 객체는 다음의 3 개의 개체 (Γ, Σ, μ)를 갖는 것으로 정의할 수 있다. 이는 일반적인 객체의 정의에 퍼지 값을 더해 줌으로써 확장된 개념으로 파악될 수 있다.

정의. 퍼지 객체(fuzzy object)

퍼지 객체 O_f 는 다음과 같이 3 개의 개체(3-tuple)로 정의된다.

$$O_f(\Gamma, \Sigma, \mu)$$

여기에서

- Γ 는 O_f 퍼지 객체의 일반화 상위 객체(generalized object)들의 집합이고,
- Σ 는 O_f 퍼지 객체와 부속 관계에 있는 객체(aggregated object)들의 집합이고,
- μ 은 O_f 객체의 fuzzy value 를 지칭한다

상기 정의를 이용하여, 간단한 예를 들어 보자. 예를 들어, 전체 집합 U 에서 어떠한 퍼지 집합 A 가 존재하고, 그의 한 원소 a 의 퍼지 값은 $\mu_A(a)$ 로 정의된다고 가정하자. 즉, $(a, \mu_A(a)) \in A$ 라는 관계와 $A \subset U$ 라는 관계가 성립한다. 여기에서 하나의 원소 a 를 나타내는 퍼지 객체 O_{fa} 는 $(A, a, \mu_A(a))$ 로 나타내어 질 수

있다. 즉, 원소 a 는 퍼지 집합 A 와 is-a 관계가 성립하고, 그 존재의 값(신뢰도; degree of confidence)은 $\mu_A(a)$ 이다. 다시, 퍼지 집합 A 를 객체로 나타낸다면, $O_{fA}(U, \text{each element of } A, \alpha)$ 로 표현되는데, 여기에서 α 는 전체 집합에 대한 퍼지 집합 A 의 그 존재의 값(degree of confidence)을 표현하는 값이다.

퍼지 명제의 정의

[4]에서는 퍼지 명제(fuzzy proposition)에 대한 개념적인 객체 모델(conceptual object model)에 대한 기초 연구 결과를 발표하였다. 우선 간단하게 정의하자면, 명제(proposition)란 참(true)과 거짓(false) 값을 가질 수 있는 논리 문장이며, 퍼지 명제(fuzzy proposition)는 퍼지함(fuzziness)을 갖거나 갖지 않는 명제이다. 퍼지 명제는 퍼지 전문가 시스템을 구성함에 있어, 그 입출력의 가장 기본이 되는 단위이며, 이 단위는 다시 퍼지 객체로 표현될 때, 퍼지 지식기반(fuzzy knowledge base)은 객체 지반형으로 구성될 수 있다.

먼저 퍼지 명제를 정의하기 위해, 이들을 정형화시킬 필요가 있다. 그래서 다음의 네 가지 공리를 증명 없이 본 논문에서는 모두 사실로 인정하기로 한다. [4]

[공리 1] 모든 퍼지 명제는 퍼지 양적 부사(fuzzy quantifier) (i.e., few, several, some, most, usually, almost always, frequently, etc.)를 가질 수 있다.

[공리 2] 모든 퍼지 명제는 퍼지 술어(fuzzy predicate) (i.e., tall, intelligent, attractive, etc.)를 가질 수 있다.

[공리 3] 모든 퍼지 술어 (fuzzy predicate) 는 영문법 상 5 개의 기본 문장 형식을 벗어 나지 않는다. 영문법 상 5 형식의 술어 형태는 (i) 완전 자동사(complete intransitive verb), (ii) 불완전 자동사(incomplete intransitive verb), (iii) 완전 타동사(complete transitive verb), (iv) 여격 동사(dative verb), (v) 불완전 타동사(incomplete transitive verb)로 나뉘어 진다.

[공리 4] 모든 퍼지 술어는 그 보조어로서 퍼지 술어 부사 (fuzzy modifier) (i.e., very, more or less, quite, rather, etc.)를 가질 수 있다.

상기 공리들을 근거로 하여 명제의 퍼지함(fuzziness of proposition)은 명제에 따른 퍼지 양적 부

사(fuzzy quantifier)나 퍼지 술어 부사(fuzzy modifier)를 갖거나 갖지 않은 퍼지 술어(fuzzy predicate)로 정의될 수 있다 [4]. 따라서, 퍼지 명제는 다음의 4 가지 개체로 정의될 수 있다. 이는 일반적인 명제에 퍼지함을 정의함으로써, 확장된 개념으로 파악될 수 있다.

정의. 퍼지 명제 (fuzzy proposition)

퍼지 명제 P_f 는 퍼지 양적 부사(fuzzy quantifier) 나 퍼지 술어 부사(fuzzy modifier)를 갖거나 갖지 않은 퍼지 술어(fuzzy predicate)를 가질 수 있는 명제로 정의된다.

$$P_f = [Q] p [[m^+] P]$$

여기에서

- Q 는 양적 부사(fuzzy quantifier)이고,
- p 는 퍼지함을 가지지 않는 부분이며,
- m^+ 는 한 개 이상의 퍼지 술어 부사(fuzzy modifier)이고,
- P 는 퍼지 술어(fuzzy predicate)이다.
- $[]$ 는 선택적으로 존재할 수 있음을 표시한다.

자동사(intransitive verb)들의 경우에는 주어의 상황이나 동작, 형태 등을 설명하므로 술어부가 비교적 간단하지만, 여격 동사(dative verb)와 타동사(transitive verb)는 술어부에 다른 객체를 그 목적어(object) 혹은 보어(complement)로 취하므로, 관계 설정을 해 주어야 한다. 이러한 관계 설정은 술어가 퍼지 술어(fuzzy predicate)이므로 다시 퍼지 관계(fuzzy relation)로 표현되어야 한다. 퍼지 관계(fuzzy relation)는 둘 혹은 그 이상의 퍼지 객체들 사이의 관계 설정에 대한 존재 값(신뢰도: degree of association)을 가지는 관계로 정의될 수 있다. [4]

예를 들어, “대부분의 사람들은 달콤한 과일들을 선호한다(most people prefer the sweet fruits)” 라는 명제 표현의 술어부는 다른 객체인 ‘과일들(fruits)’ 을 그 목적으로 가지고 있다. 그렇다면, 주어부의 객체와 술어부의 객체 사이에는 퍼지 관계가 설정될 수 있고, 그 관계의 값은 술어 동사인 ‘선호하다(prefer)’ 에 대한 퍼지 값으로 정의될 수 있다.

하나의 상위 객체(generic object)가 자신의 특성들을 상속하여 생성된 객체(instance object)들을 일련의 데이터베이스(explanatory database)로 가질 수 있는데, 이는 언어 변수에 대한 각 객체의 값을 그 내부에 저장하여 관리하는 퍼지 데이터베이스(fuzzy database)로 정의된다. 언급된 퍼지 명제의 경우, ‘사람들(people)’ 과

‘과일(fruit)’ 역시 하나의 상위 객체 개념으로 보아 각각 자신의 데이터베이스(explanatory database)를 가질 수 있다. 이럴 때, 퍼지 관계 ‘선호하다(prefer)’ 는 데이터베이스 내에 각 생성 객체(instance object)들 상호간의 퍼지 관계로 표현이 되며, 이들의 일반 객체(generalized object)인 상위 객체(generic object)의 퍼지 관계는 데이터베이스 내의 퍼지 관계로부터 유추되어 연산된 결과 값을 가진다. 데이터베이스 내의 각 생성 객체들 상호간의 퍼지 관계는 단순히 하나의 관계로 나타내어질 수 없다. 즉, 객체 상호들간의 관계 집합(Cartesian product)으로 표시되며, 이러한 퍼지 관계는 컴퓨터 내부에 퍼지 관계 행렬(fuzzy relation matrix)로 표현된다 [2].

정의. 퍼지 관계 행렬 (fuzzy relation matrix)

퍼지 관계 행렬 M_R 은 퍼지 유한 집합 A 에 속한 각각의 퍼지 객체 x_i 와 퍼지 유한 집합 B 에 속한 각각의 퍼지 객체 y_j 사이의 모든 퍼지 관계(fuzzy relation)를 나타내는 $n \times m$ 행렬이다.

$$M_R = \{\omega_{ij} \mid \omega_{ij} = \mu R(x_i, y_j), 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m\}$$

여기에서

- n 은 퍼지 집합 A 에 속한 객체 수(cardinal number)이고,
- m 은 퍼지 집합 B 에 속한 객체 수(cardinal number)이며,
- μR 은 각 객체 상호간의 퍼지 관계 값을 나타낸다.

결론

본 논문에서는 객체 지향형 모델을 이용한 퍼지 객체 표현 기법에 대해서 토론해 왔다. 우선 본 논문에서 제안한 퍼지 명제 모델은 객체 모델을 이용하여 표현하였다.

향후 진행될 연구의 지식 기반은 객체로 이루어지는데, 이것은 퍼지 명제(fuzzy proposition)를 다루며, 그 값을 유추하기 위해서, 이를 설명하기 위한 데이터베이스(explanatory database)를 유지한다. 그 표현 방식이 객체 지향형 모델이므로, 우선 퍼지 명제의 형태를 정형화(formalize)하여 이를 객체로 표현할 수 있는 방안을 찾아야 했다.

퍼지 객체(fuzzy object)는 객체와 관련된 3 가지의 개체로 표현이 되는데, 일반화 상위 객체 집합(Γ : generalized objects), 부속 관련 객체 집합(Σ : aggregated

objects), 그리고 객체 자신의 신뢰도 값(μ , degree of confidence)으로 나타내어진다. 이를 이용하여 퍼지 명제(*fuzzy proposition*)를 나타내려면 우선 퍼지 명제의 형태를 정형화해야 하며, 본 논문에서는 이를 위해 4가지 공리를 제안하여 퍼지 명제를 정의하였고, 이를 퍼지 객체를 이용해 표현해 보였다.

참고 문헌

- [1] Patrik Biswas, Abraham Kandel, "Imprecise object model: A Key to Conceptualizing knowledge based management", *Fuzzy Sets and Systems* 58, Elsevier Science Publishers, North-Holland, 1993, pp. 143-153
- [2] Zhiqiang Cao, Abraham Kandel, Lihong Li, "A New Model of Fuzzy Reasoning", *Fuzzy Sets and Systems* 36, Elsevier Science Publishers, North-Holland, 1990, pp. 311-325
- [3] Jeonyoung Lee et al., "Selective Approximate Reasoning with Frame based Fuzzy Knowledge Representation in Fuzzy Expert System", in *1st Conference Proceedings of the World Congress on Expert Systems*, Portugal, 1994
- [4] Jeonyoung Lee, Zino Lee, "A Conceptual Model for Fuzzy Proposition", in *Proceedings of Pacific-Asian Conference on Expert Systems*, 1995, May 16-18, Huangshan, China [*will be published*]
- [5] Marvin Minsky, "A framework for representing knowledge", 1975, in *Readings in Cognitive Science - A perspective from psychology and artificial intelligence*, pp. 157-189, Allen Collision & Edward E Smith, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1988
- [6] Antonio Di Nola, Salvatore Sessa, and Witold Pedrycz, "Fuzzy Information in Knowledge Representation and Processing for Frame-Based Structure", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 24, No. 6, June 1994, pp. 918-925
- [7] Ross M. Quillian, "Semantic Memory", in *Minsky, M. ed., Semantic information processing*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1968, pp. 227-270
- [8] Lotfi A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information and Control* 8, 1965, *Didier Dubois et al. eds., Readings in Fuzzy Sets for Intelligent System*, Morgan Kaufmann Publishers, 1993, pp. 27-64
- [9] Lotfi A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning (part I)", *Information Science* 8, 1975, pp. 199-249