

퍼지로직에 기반한 언어변수의 지식표현에 관한 연구

김형수*, 김홍기*, 김주진*, 이상부**

*충북대 컴퓨터과학과, **동아대학교 전자공학과

A Study on the Knowledge Representation of Linguistic Variable Based on Fuzzy Logic

Hyung-soo Kim*, Hong-gi Kim*, Ju-Jin Kim*, Sang-boo Lee**

abstract

In order to solve the specific problems in system, the implementing of knowledge base suitable to the system architecture has to be expressed and leads to the reasoning of the new facts. Not only the simple knowledge based on the bivalent logic but also the representation and acquisition of knowledge related to vague and imprecise linguistic variable is necessary to the knowledge in the real world, i.e. the knowledge of which facts and rules are composed. In this point of view, this survey implements the relational database based on the fuzzy logic through Prolog, and deals with the inference and retrieval of the fuzzy linguistic variables so that it can process the ambiguous information which appears the imprecision of the linguistic boundary.

1. 서론

시스템에서 특정 문제를 해결하기 위한 성패는 일방적 정보인 지식을 시스템에 적합한 형태로 표현, 지식 베이스의 정확성과 효율성에 있으며 또한 구축된 지식을 바탕으로 한 새로운 지식에 대한 추론도 적절해야 한다. 지식 표현에 대한 기존의 접근 방식은 의미망(semantic network), 프레임(frame), 술어해석(predicate calculus)을 통해 이진논리(bivalent logic)를 주로 다루고 있다. 논리와 확률이론을 기본으로 한 MYCIN의 확신도(certainty factor)개념이나 PROSPECTOR에서의 베이안(bayesian) 확률이론은 지식이 불확실성을 다룸에 있어 기본이 되었다[1,2].

이와같은 부정확한 언어 변수 자연언어에 대한 연구는 그 언어경계의 불확실성을 의미 모호성(vagueness)과 애매성(ambiguity)의 지식 표현과 획득에 관한 것으로 구분되는데 애매성을 다루는 증거이론(evidence)은 크게 신뢰척도(belief measure)와 의사척도(plausibility measure), 그리고 이 두 척도의 특별한 경우인 확률 척도(probability measure)등이 있다. 이른바 Zadeh가 추창하는 인간 중심적인 시스템이 휴머니스틱(humanistic) 시스템을 구현코자 제안한 퍼지논리(fuzzy logic)는 퍼지가 능성(possibility)이론 및 확률(probability) 이론 등이 그 기본으로 하여 언어변수(linguistic variable)의 모호성을 다루고 있다. 퍼지논리는 언어에 대한 연산(computing)으로써 정의 및 추론시 수치를 사용하여 기존의 술어론적, 확률이론, 신경망이론, 베이지안 확률이론의 방법 보다 언어적 변수에 대한 취급이 효과적이다[2,3,4]. 결과적으로 이 퍼지 로직은 전통적 논리 로직개

념의 확장으로써 부정확하고 모호한 상황하의 지식표현의 문제를 다루는데 유용한 개념적 구조를 제공하고 있다.

따라서 본 연구는 기존의 술어로직(first order predicate logic)의 로직프로그래밍을 기본으로 자연언어 경계의 불확실성을 나타내는 모호성과 애매성의 정보처리를 위해 가능이론(possibility theory)의 개념을 적용, 관계형 데이터베이스를 구축하고, 서어비스와 경관에 의한 호텔결정 지원시스템의 프로토타입을 비절차적 언어 Prolog를 통해 실제적으로 퍼지 언어 변수의 추론과 검색을 구현하였다.

2. 퍼지 로직의 개념

2.1 기본 특성

자연언어의 모호한 정보의 표현시 전통적 이진 논리는 매우 제한적이나 반면에 퍼지 로직은 의미표현(meaning representation)시 술어(proposition)를 적응성이 있는 제약 변수로 해석하여 탄력적인 퍼지제약 함수(fuzzy constraints function)화 하여 표현된다.

이러한 퍼지로직과 전통적 로직과의 구분은 <표.1>과 같으며, 퍼지 로직의 기본적 특징은 다음과 같다.

- 1) 이진 추론(exact reasoning)은 근사 추론(approximate reasoning)의 제한적 경우로 보며
- 2) 퍼지 로직의 표현은 소속의 정도(degree)를 나타내며,
- 3) 어떠한 이진 시스템도 퍼지화 될 수 있고,
- 4) 지식은 변수의 집합성 퍼지 제약으로 해석되고,
- 5) 추론은 탄력적인 제약변수의 일련의 처리과정으로 볼 수 있다.

<표 1> 전통적 로직과 퍼지로직의 비교

구 분	전통적 로직	퍼지 로직
진리값(truth)	참·거짓	퍼지 부분집합 $x \in [0,1]$
술어(predicate) 변형자(modifier)	이산적(crisp) 부정(negation)	퍼지집합 not, very/much, approximately
정량자(quantifier)	전칭(\forall), 한정(\exists)	few, several, most usually, almost always, frequently 등
확률성(probability)	수치, 구간값	언어적 또는 퍼지확률적(likely, very likely 등)

2.2 가능분포

퍼지 로직에 있어 가장 중심적 개념이 가능이론(possibility theory)으로 다음과 같이 정의된다[3,4,5] 만일 X가 전체 집합 U의 값을 취하는 변수이고, F가 소속함수 μ_F 의 값을 갖는 U의 퍼지 부분집합이면 술어 $g \Leftrightarrow "X \text{ is } F"$ 는 F와 동일한 가능 분포(possibility distribution) Π_x 를 도출할 수 있다. 즉, $\Pi_x = F$ 로 $\text{poss}\{X = u\} = \mu_F(u)$ (단, $\forall u \in U$)인데 X는 전체집합 U에 있는 u의 값을 취하는 가능성을 정의하는 퍼지 집합을 생성한다.

이를테면 $g \Leftrightarrow "X \text{는 } 0 \text{에 가까운(near) 수}"$ 일 때 $\text{poss}(X=0)=0, \text{poss}(X=1)=0.9, \text{poss}(X=2)=0.8, \dots$ 등으로 표현된다. 또한 X에 관련된 가능분포함수(possibility distribution function)는 수치적으로의 소속함수와 동일하다.

2.3 가능척도

가능분포에서 가능척도를 유도할 수 있는데 Prade와 Dubois에 의해 제안된 가능·필요 척도(possibility·necessity measure)는 전체 집합에서 검색될 검색 집합 내의 원소들의 채택 여부를 결정하는 인자가 될 수 있다. 즉, 데이터 베이스의 속성(attribute)의 값이 정규화(normalized)되며 검색 집합에 있는 원소들의 가능·필요척도의 특성화된 정도에 따라 검색의 판단 기준이 되며, 그 정의는 다음과 같다.

(1) 가능 척도

$$\text{poss}\{X \text{ is } F\} \Leftrightarrow p(F) = \sup_{u \in U} (\mu_F(u) \wedge p_x(u))$$

(2)필요척도

대부분의 사람들을 가능성, 확률성 및 확신성에 대한 개념을 우선시 하여 필요 조건의 개념은 등한시 되고 있다. 이런 점에서 사건의 필요척도(necessity measure)는 사건발생의 반대적 개념을 말하며 그 정의는 다음과 같다. $\text{nec}\{X \text{ is } F\} \Leftrightarrow n(F)$

$$= \inf_{u \in U} [1 - \mu_F(u) \vee p_x(u)]$$

이외에도 불확실한 질의어의 처리를 위해 확신척도(certainty measure) 및 거리계산법(metric)이 도입된 모델도 소개되기도 한데[3,6], 위에서 정의된 가능척도는 본 연구의 퍼지 관계형 데이터베이스내의 질의어의 평가에 직접적으로 사용된다.

2.4 퍼지언어 변수의 연산

(1)퍼지 언어 변수

자연어로 구성된 퍼지 질의어에는 숫자 변수가 아닌

단어나 문장이 오는 데 이러한 변수가 곧 퍼지언어변수(fuzzy linguistic variable)로 문법 G(L)는 다음과 같이 정의된다[2,6,7].

$$G(L) = \{x, T(x), U, G, M\}$$

where x : 언어변수의 이름.

T(x): x가 취할 수 있는 퍼지 단어의 집합.

U : 언어변수 x가 취할 수 있는 전체집합.

G : T(x)내의 퍼지단어를 생성하는 구문상(syntactic)의 생성규칙의 문법.

M:T(x)내의 퍼지단어에 대한 의미상(semantic)의 퍼지집합.

또한 이 퍼지 언어 변수는 성질에 따라 퍼지술어(predicate), 퍼지변형자(modifier), 퍼지정성자(qualifier) 및 퍼지정량자(quantifier)로 구분된다.

(2)퍼지 변형자

가능분포 X is F에서의 퍼지단어(F) 앞에 오는 퍼지변형자(fuzzy modifier)는 not, very/much, approximately가 있으며 그 정의는 다음과 같다.

1) m = not 일 때 $\text{comp}(F) = 1 - \mu_F(u)$

2) m = very/much 일 때 $\text{con}(F) = [\mu_F(u)]^2$

3) m = approximately 일 때 $\text{dil}(F) = \sqrt{\mu_F(u)}$

(3) 퍼지 연산자

술어 로직에 있어서 equal, greater than, less than의 기본비교연산자와 같이 스칼라 및 수의 불확실한 퍼지 질의어에 있어서도 퍼지비교연산자(fuzzy comparison operator)가 필요하다. 이 퍼지비교연산자는 기본비교연산자에 변형자가 있는 경우로 동질성(similarity)의 의미론적 관계(semantic relation)에 의해서 질의어에 대해 평가된다. 본 연구에서는 호텔 서어비스의 선택 시 판단 기준의 유사성을 유사관계(similarity relation) 술어 s.criterion에 데이터의 값을 저장하여 비교 판단하도록 하고 있다.

(4)퍼지합성

가능분포간의 퍼지언어에 대한 선택절이 다수일 때의 논리곱(\wedge :conjunction), 논리합(\vee :disjunction)합성은 최소(min), 최대(max)의 연산으로 계산된다. 또한 메타규칙에 대한 새로운 지식을 도출하기 위한 if ~ then의 규칙의 조건절(\rightarrow)의 합성도 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_{F \wedge G}(u, v) = \min(\mu_F(u), \mu_G(v))$$

$$\mu_{F \vee G}(u, v) = \max(\mu_F(u), \mu_G(v))$$

$$\mu_{F \rightarrow G}(u, v) = \min(1, 1 - \mu_F(u) + \mu_G(v))$$

$$\text{또는 } \max(1 - \mu_F(u), \mu_G(v))$$

(5) 임계치

질의어에서 특정 튜플의 출력여부를 판단하는 기준(threshold of acceptance)의 임계치로써 가능정도(possibility degree) $\text{poss} = \alpha$ 가 정의된다. 이 가능정도 $\text{poss} = \alpha$ 는 α -절단 집합 정의 $A_\alpha = \{x \mid \mu_F(x) \geq \alpha, x \in X, \alpha \in [0, 1]\}$ 와 같이 질의어의 유사관계를 평가 한 후 α 값보다 큰 에트리뷰트의 도메인을 출력하게 된다.

3. 퍼지 관계형데이터베이스의 모델링

3.1.퍼지로직의 문법

객체들(objects)의 특성 묘사는 대부분 자연어로 나타낸다. 이러한 자연어는 논리곱, 논리합, 부정과 함축(imply)등의 기본적 논리연산자들의 합성(compound)을 이룬 일련의 논리문(logical statement)으로 categorical

,syllogistic, dispositional, gualitative 추론을 통해 메타 지식의 새로운 류의 정보도 획득할 수 있다. 특히 qualitative 추론은 fuzzy Prolog를 통해 퍼지로직에 있어 효율적인 지식표현을 할 수 있다[4,8]. Codd에 의해 관계형 데이터베이스 모델을 로직을 이용하여 정형화하고 질의어 및 관계해석(relational calculus)을 정의함으로써 로직과 관계형 데이터베이스간의 서로 밀접한 관계로 응용되게 되었다. 이를 테면 Prolog언어의 규칙 [a(X,Y) : - b(X,Y), c(X)]에서 보듯 관계형 데이터베이스의 조인(join)연산이 Horn절형인 로직으로 데이터베이스의 연역적(deductive)관계를 효율적으로 표현 할 수가 있다. 로직프로그래밍은 연역적이고 비레코드(non-record)중심의 정보를 지닌 관계형 데이터베이스의 확장이며 또한 데이터베이스의 사실에 대한 스키마, 메타데이터 변수들을 다룬다.

본 연구의 퍼지로직의 문법은 Frege와 Grant의해 소개된 술어로직(predicate · first order logic)의 문법을 기반으로 하여,퍼지 유사관계와 가능정도 임계치를 도입하여 자연언어의 모호성의 처리를 하고 있다. 문법 리스트에 있어서도 술어로직 있어서는 각 리스트들이 이산적인 스칼라 및 수임에 반해서 퍼지로직에 있어서의 각 리스트들은 기존 술어로직의 확장으로써 퍼지 술어, 퍼지 변형자/정성자/ 정량자/비교연산자, max, min 연산을 기본으로 하여 질의어의 부정확하고 모호한 데이터 정보를 표현하게 된다.

3.2 퍼지로직의 표현

(1) 유사 관계성

질의어 내의 퍼지단어 간의 불확실성이 있는 데 이러한 불확실성을 처리함에 있어 각 속성에의 정의구역에 대한 거리 개념(metric)이 도입하여 규명하기도 하는 데 본 연구에서는 다음과 같은 성질을 갖는 유사관계 s_criteria를 정의하여 처리하고 있다.

Di가 스칼라 도메인이고 x,y,z∈Di 일때 유사관계 s(x,y)∈[0,1]는 다음 성질을 만족한다.

- 1) 반사성(reflexive) s(x,x)=1
- 2) 대칭성(symmetric) s(x,y)=s(y,x)
- 3) 최대/최소 추이성(transitive)

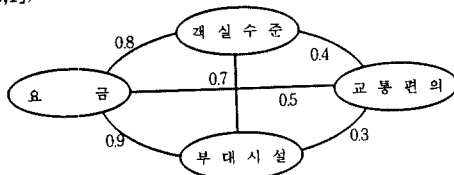
$$s(x,y) \geq \max (\min(s(x,y), s(y,x)))$$

$$y \in D$$

본 연구의 서비스의 정도를 나타내는 4개의 인수간의 유사정도(similarity rate)를 퍼지그래프로 나타내면 <그림 1>과 같다.서어비스 측면을 판단하는 기준(criterion)은 객실수준(c1_deg), 요금(c2_tax), 교통편의(c3_tra), 부대시설(c4_equ)을 고려한 관계형 데이터 관계 s_criteria는 두 쌍의 판단기준 요소와 유사정도를 나타내게 되는 데 아래와 같은 데이터 모드로 구성하게 된다.

s_criteria(scalar list, scalar list, α)

(단, scalar list ∈ {객실수준, 비용, 교통편의, 부대시설}, α ∈ [0,1])



<그림1> 선택요인의 유사정도

(2)퍼지 관계데이터의 로직표현

관계형 데이터베이스에 대한 로직의 응용은 테이블을 술어인 관계로 표현하여 술어 심볼로 하여금 테이블을 표현함으로써 로직이 데이터 정의 및 조각언어로 사용될 수 있다. 술어로직의 정형 문법에 의거하여 본 연구의 호텔 결정을 지원하기 위한 데이터 베이스의 구축은 <표2>와 같다.관계 술어 hol_linfor에는 호텔의 관련된 실제적인 정보가 있는 관계테이블이고,술어 s_criteria에는 퍼지 언어의 유사 관계의 정보를 저장하고 있다.

로직으로 관계의 사실(fact)들을 표현하기 위한 hol_linfor의 애틀리뷰트의 스키마는 hol_linfor(호텔명,등급,위치,객실수준,요금,교통편의,부대시설,전망)의 정보가 있다고 가정하고 있으며 처리를 위한 start,pro_rtn 등 여러 술어를 설정하고 있다.특히 애틀리뷰트의 값들은 다음과 같은 값들을 가질 수 있다.

- 1)유일한 스칼라 또는 정수(hol_nam,hol_deg,hol_loc, s_rate,c1_list,...)
- 2) 구간 [0,1]의 실수값으로써 소속함수 또는 가능분포 함수값 (c1_deg,c2_tax,c3_tra,c4_equ,hol_lan)

<표 2>호텔정보의 로직언어로의 변환

(1) 로직 변환

1)술어심볼

hol_linfor(hol_nam,hol_deg,hol_loc,c1_deg,c2_tax,c3_tra,c4_equ, hol_lan)

s_criteria(c1_list,c2_list,s_rate),start,pro_rtn,want_hol,pro_hol,.....

2)상수심볼

hol_nam,hol_deg,hol_loc,c1_list,c2_list;문자스트링
c1_deg,c2_tax,c3_tra,c4_equ,hol_lan);정수또는 실수형

3) 정량자 : ∀ ∃ - very/much approximately

4) 연결자 : ∧ ∨ →

5) 구두점 : () ,

6) 조건술어 심볼 : = < > <= >=

7)변수심볼 : HOL_NAM1,HOL_DEG1,HOL_LOC1,C1_DEG1,.....
C1_LIST1,C2_LIST2,S_RATE1,....

(2) 류들의 해석

1)T(hol_linfo)=(<신라,특급,서귀,0.9,0.9,0.3,0.8,0.9>,<파크,장급,제주,0.5,0.4,0.8,0.1,0.7>,<서울,1급,제주,0.7,0.7,0.6,0.4,0.6>,<그랜드,특급,제주,0.9,0.9,0.8,0.8,0.4>,<연비치,1급,제주,0.7,0.7,0.5,0.6,0.8>,<시몽,2급,서귀,0.6,0.7,0.6,0.6,0.4>.....)

2)T(s_criteria)=(<객실수준,객실수준,1>,<객실수준,비용,0.8>,<객실수준,교통편,0.4>,<부대시설,객실수준,0.7>,<비용,교통편,0.5>.....)

(3) 관계데이터의 연산

관계형데이터베이스의 애틀리뷰트나 튜플내용을 조각하기 위한 연산의 정형어로, 사용자가 데이터베이스시스템에서 원하는 데이터의 획득 절차가 관계해석(relational calculus)인데 합, 차, 선택, 프로젝트, 카디션 프로젝트등의 기본연산자를 사용하는 관계대수와는 달리 비절차적언어로써 구체적 명시없이 존칭 및 전칭 정량자를 사용 원하는 정보의 형식적 기술이 가능하다. 이 관계해석은 Codd가 특별히 관계형 데이터베이스의 데이터 검색할 수 있도록 술어로직에 기반을 두고 있다 [9,10,11].관계대수에서 관계해석으로의 변환이 가능하며 본 연구의 특정 도메인을 출력하기 위한 질의어의 서로 대응시켜 변환하는 예는 아래와 같다.

1) 관계대수 질의어

project(select(hol_linfor:HOL_DEG="특급",HOL_LAN>=0.9);HOL_NAM)

2) 관계해석 질의어

GET(HOL_NAM) | ∃HOL_LOC1, ∃C1_DEG1, ∃C2_T AX1,..... HOL_DEG="특급" & HOL_LAN>=0.9)

본 연구의 호텔정보의 서어비스의 기호를 고려한 데이

타베이스의 튜플이나 특정도메인 값을 출력하기 위한 관계해석의 형식은 다음과 같다.

$\{ \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \mid p(x_1, l_1, \dots, x_n) \blacktriangle g(y_1, y_2, \dots, y_n), X_i \odot Y_i, X_i(Y_i) \odot C \}$

단 p, g : 퍼지술어를 포함한 원자정형식
 $X_i Y_i$: 도메인 변수 또는 상수 심볼
 \blacktriangle : 연결자, \odot : 조건 술어심볼, C : 상수심볼

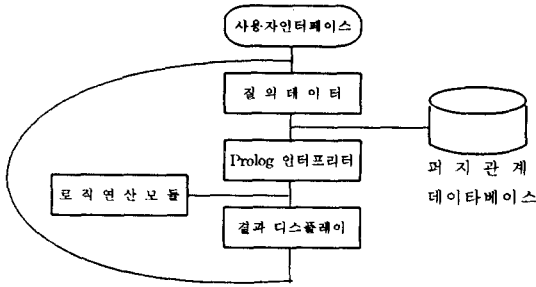
4. 퍼지로직에 의한 데이터 검색

4.1 질의어의 검색 평가

Prolog 언어는 폐쇄성 가설과 Horn절 하에 실제 데이터베이스내의 데이터의 탐색은 깊이 우선 알고리즘에 의거 백트래킹(backtracking)하여 질의어의 목표와의 매칭여부를 결정한다. 매칭 여부의 기계적 증명은 치환과 일치화(unification) 과정의 분해방법(resolution method)에 의해서 수행된다. 본 연구에서 퍼지 질의어의 특정한 튜플이나 애트리뷰트의 도메인을 검색하기 위한 평가는 조건절의 퍼지 질의어의 연산, 합성, 가능최도, 유사관계와 임계치를 고려하여 검색을 하며 시스템내 데이터 검색처리 다이어그램은 <그림 2>와 같다.

이러하면 퍼지 질의어 : $g \Leftrightarrow$ "호텔의 서비스(부대시설)가 좋고 전망이 매우 좋은 호텔명을 검색하시오 ($poss=0.6$)"일때, 본 연구의 관계형 데이터베이스를 기초하여 표현하면 $g \Leftrightarrow hoLinfor(서어비스=부대시설) \& hoLinfor(전망=very good)$ 이다.

<표 2>에서 술어관계 hoLinfor의 각 호텔별 서어비스 가능분포에서 호텔 신라의 평가치 $p_{신라}(g) = p_{신라}(서어비스=부대시설) \& p_{신라}(very good) = \text{Min}(0.81, 0.64) = 0.64$ 으로 호텔 신라는 질의에 만족한다고 할 수 있다. 위와 같은 방법으로 모든 호텔에 대해 질의어(g)의 평가치 $p_{호텔}(g)$ 을 계산한 후 임계치 $\alpha=0.6$ 이상인 호텔의 도메인들을 검색 평가 할 수 있다.



<그림2> 데이터검색 다이어그램

4.2 검색모드

본 연구의 호텔 정보 안내에 대한 데이터 검색모드는 검색을 위한 사용자 인터페이스는 검색 모드별로 검색을 위한 도움말(help)을 제공하며 1)에서의 검색은 관계(relation)의 술어 hoLinfor 관련된 튜플 변수 및 애트리뷰트의 도메인 값을 검색하는 관계 해석 모드으로써 다음과 같은 질의를 할 수 있다.

· 질의모드1 : 호텔 등급이 특급이고 객실 수준과 전망이 0.8 이상인 호텔명과 소재지를 출력하시오.
 $?-hoLinfor(HOL_NAM, "특급", HOL_LOC, C1_DEG >= 0.8, \dots, HOL_LAN >= 0.8)$

2)에서의 검색은 퍼지로직에 기초한 검색모드으로써 퍼지 술어에 대해 유사성(similarity)연산을 실제 유사 데이터가 있는 hoLinfor내의 실수값과 서어비스의 기호가 고려된 퍼지언어 간 유사정도를 결합, 평가하여 검색 가능

임계치 값 $poss = \alpha$ 보다 큰 애트리뷰트의 도메인을 출력하는 모드이다.

· 질의모드2 : 호텔의 서비스가 특히 객실수준과 부대시설이 우수하고 경관도 매우 좋은 호텔명과 등급을 출력하시오 ($poss=0.6$)

?- hotelLinf(HOL_NAM, HOL_TAX, "객실수준", "부대시설", "경관")

5. 결론

최근 정보처리 분야에 있어 자연언어 경계의 불명확한 정보처리의 정형화에 많은 관심을 갖고 있으며, 인간의 추론 절차와 동일하게 수행하는 지능시스템(intelligent system)의 구현이 요구되고 있다.

이런 관점에서 본 연구는 퍼지집합의 가능성 이론을 기본으로 하여 퍼지 질의어의 검색을 수행하는 호텔결정 지원시스템의 프로토타입을 Prolog를 통해 로직프로그래밍화 했다. 부정확한 퍼지 언어의 정형화를 유사관계, 합성 연산과 가능 임계치를 설정하여 종래의 술어로직의 확장으로써의 퍼지로직에 기초하여 관계형 데이터베이스를 구축, 애트리뷰트의 도메인을 검색하였다.

본 연구의 제한적인 데이터베이스의 내용의 확충과 퍼지추론 기능의 보강, 또한 다양한 사용자 위주의 인터페이스의 기능이 제공되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] D.I. Heckerman, A Probabilistic interpretation for MYCIN's certainty factors : Proceedings of the AAAI/REC Workshop on uncertainty and probability in Artificial Intelligence, L.A., pp.167-196, 1985.
- [2] L.A.Zadeh, Fuzzy Logic, IEEE Transaction on Fuzzy systems, vol.4, no.2, 1996.5
- [3] M.Zemankova & A.Kandel, Implementing Imprecision in Information Systems, Information Sciences, Vol.37, pp 107-141, 1985.
- [4] R.R.Yager & L.A.Zadeh, An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent systems, Kluwer academy publishers, P.1-44, 1992.
- [5] D.Dubois & H.Prade, Possibility Theory-An Approach to Computerized Processing of Uncertainty, Plenum Press, New York, 1988.
- [6] A.Motro, VAGUE : A User Interface to Relational Database that permit vague queries,, ACM trans.on Office Information Systems, Vol.6, No.3, pp.187-214, 1988.
- [7] 이광형, 오길록, 퍼지이론 및 응용 (I II 권), 흥능과학출판사, 1991.
- [8] M.Mukaidono & L.Ding, Fuzzy Prolog, Proc. 2nd IFSA Congress, Tokyo, Japan, pp.452-455, 1987.
- [9] P.B.Davies, "Expert database systems", Mcgraw_hill book compauy, pp.125-141, 1991.
- [10] J.Grant, Logical introduction to database H.Brace Jovanovich Publisher, 1988.
- [11] 김형수, 김홍기, 김주진, 백주현, "대학입학 전형자료의 검색을 위한 로직프로그래밍", 한국정보과학회 가을 학술대회 논문집, Vol.22, No.2, pp.433-436, 1995.