

# 불확정적으로 색인된 이미지 데이터베이스를 개념 기반으로 검색하기 위한 자료형

(A Data Type for Concept-Based Retrieval against Image  
Databases Indefinitely Indexed)

양재동<sup>†</sup>  
(Jae Dong Yang)

**요약** 트리플 이미지 색인 기법에는 두 가지 문제점이 있는데 그 하나는 개념기반 이미지 검색을 지원하지 않는다는 것이고 다른 하나는 이접 레이블링 (labeling)이 허용되지 않는다는 점이다. 이 문제점들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 불확정적 퍼지 트리플 (I- 퍼지 트리플)이라는 새로운 이미지 색인 자료형을 제안한다. I-퍼지 트리플에 의한 이미지 색인 방식에서는 이접 레이블링을 허용하기 때문에, 이미지 내 객체들이 꼭 확정적으로 인식될 필요가 없으며, 또 확정적으로 인식되지 않는 이미지들에 대해서도 개념기반 이미지 정합이 가능하다. 본 논문에서 제안하는 이접 레이블링은 확장된 폐 세계 가정에 기반을 두고 있으며, 개념기반 이미지 검색은 퍼지 술어에 의한 정합에 근거를 두고 있다. 본 논문에서는 또한 이접 레이블링에 의해 불확정적으로 색인된 이미지 데이터베이스로부터 원하는 답을  $\alpha \in [0,1]$  확정도로 구해내는 개념기반 질의 평가 방식도 제안한다.

**키워드** : 이미지 색인, 이미지 데이터베이스, 정보검색

**Abstract** There are two significant drawbacks in triple image indexing; one is that it cannot support concept-based image retrieval and the other is that it fails to allow disjunctive labeling of images. To remedy the drawbacks, we propose a new technique supporting a concept-based retrieval against images indexed by indefinite fuzzy triples (I- fuzzy triples). The I-fuzzy triples allow not only a disjunctive image labeling, but also a concept-based matching against images labeled disjunctively. The disjunctive labeling is based on the expended closed world assumption and the concept-based image retrieval is based on fuzzy matching. In this paper, we also propose a concept-based query evaluation against the image database to extract desired answers with the degree of certainty  $\alpha \in [0,1]$ .

**Key words** : Image Indexing, Image Databases, Information Retrieval

## 1. 서론

여러 응용 도메인에서 필요로 하는 이미지 데이터베이스들의 크기가 점차 방대해 감에 따라 내용기반 이미지 검색 시스템의 필요성도 나날이 증가하고 있다. 이미지들을 색인하는 가장 손쉬운 방법은 이미지의 내용을 사람이 기술하고 관련 이미지는 하이퍼 링크로 연결해놓는 것이다. 이 방법의 문제점은 “사진 하나는 1000

개의 단어로도 기술하기 어렵다”는 말로 대변될 수 있다. 즉, 각 이미지마다 일일이 사람이 주석을 달아야 한다는 것은 이미지가 방대해 질 경우에는 생각하기 어려운 방법이다[1]. 게다가, 주석을 다는 각 사람들의 개인적인 관점 차이때문에, 사용자들의 의도대로 원하는 이미지들을 찾기도 쉽지 않다는 단점이 있다[2].

이 문제를 효과적으로 해결하기 위해서, 이미지들을 색상이나, 질감, 모양, 또는 이들간의 조합, 즉 내용기반으로 색인하고 검색하는 연구들이 수행되었다. Photo-book [1], QBIC[3] 그리고 Virage[4] 등이 이러한 내용기반 시스템들의 대표적인 예들이다. 이 시스템들의 단점은, 이미지의 의미를 파악하는데 상당히 도움을 줄 수 있는 이미지 내 객체들간의 공간 관계는 색인하지

· 본 논문은 학술진흥재단 과제인 2000-042-E00045 개념기반 이미지 정보검색 시스템의 구현 의 지원으로 이루어 졌습니다.

† 정 회 원 : 전라대학교 컴퓨터과학과 교수  
jdyang@cs.chonbuk.ac.kr

논문접수 : 2001년 5월 7일  
심사완료 : 2001년 11월 9일

못한다는 점이다.

이에 대한 대안이 이미지 색인에 트리플을 이용하는 내용기반 검색 기법인데, 이 방식에서는 공간 관계를 색인하기 위하여 <객체1, 객체2, 공간 관계> 와 같은 트리플 구조를 사용한다[5][6]. 이 기법의 장점은 개념적으로 간단하고, 잘 정의된 해싱 함수를 사용하여 쉽게 구현할 수 있으면서도 빠른 검색을 보장해 준다는 점이다.

그러나, 대부분의 경우 사용자들은 개념적으로 원하는 이미지들이 궁극적으로 검색되기를 바라기 때문에, 트리플 색인 기법을 포함한 내용기반 이미지 검색 시스템들로는 결코 사용자들을 만족시킬 수 없다. 예를 들어, 전자기기 옆에 오디오가 있는 이미지들을 찾는 질의에 대해, 기존의 내용기반 검색 시스템들은 녹음기 옆에 스피커가 있는 그림은 답으로 검색해 내지 못하는 문제점이 있다.

이 시스템들의 또 하나의 문제점은 이미지 색인을 위해 이미지 내 객체들을 레이블링할 때 불확정성을 허용하지 않는다는 점이다. 그런데, 현재의 객체 레이블링 기술 수준으로 볼 때, 이미지 분석기들이 이미지내 객체들을 정확하게 인식해서 레이블링하는 것은 어렵기 때문에, 검색 시스템이 분석기에게 이점 레이블링(disjunctive labeling)을 허용해줌으로써 불확정적 색인을 지원하는 기능은 필수적으로 보인다.

본 논문에서는 이점 레이블링을 지원하는 새로운 자료형인 불확정적 퍼지 트리플(Indefinite fuzzy triple, I-퍼지 트리플)을 제안하고, 이 I-퍼지 트리플을 사용하여 색인된 이미지 데이터베이스에 대해 원하는 답을  $\alpha \in [0,1]$  확정도로 연어내기 위한 개념 기반 질의 평가 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 이점 레이블링은 확장된 폐 세계 가정(Closed World Assumption)에 기반을 두고 있으며, 개념 기반 이미지 질의 평가는 퍼지 술어에 의한 정합에 근거를 두고 있다.

본 논문의 나머지 부분의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 접근 방법이 기반을 두고 있는 트리플 색인 기법에 대해 간단히 설명하고, 3절에서는 이점 레이블링과 관련있는 이미지 데이터베이스 세계 가정에 대해 소개한다. 4절에서는 불확정적 이미지 색인을 지원하는 자료형인 I-퍼지 트리플을 제안하며, 5절에서는 I-퍼지 트리플이 개념 기반 정합 시 사용하는 퍼지 용어 시소러스의 구조를 기술한다. 6절에서는 I-퍼지 트리플을 이용해 색인된 이미지 데이터베이스에 대한 개념 기반 질의 평가 방식을 제안하고 이를 정형화 한다. 마지막으로 7절에서는 결론 및 향후 연구 과제를 요약한다.

## 2. 트리플 기반 색인 기법

S.K. Chang 이 제안한 2-D 스트링[7]은 이미지 내 객체들간의 공간 관계를 이차원 기호 열을 이용해서 표현하는 방식으로 트리플 기반 색인과 깊은 관련이 있다. 예를 들어, 그림 1의 이미지를 이 기호 열로 표현해 보면 다음과 같다:  $(u, v) = (r=c < w=s, r=w < c s)$ .

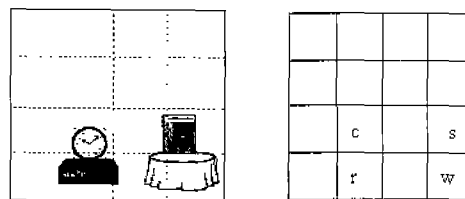


그림 1 아이컨화된 이미지 p

'<' 기호는 기호 열 u와 v에 나타나는 객체들간의 (x, y) 좌표상에서의 왼쪽-오른쪽 위치 관계 및 아래-위 관계를 나타내는 데 사용하며, '=' 기호는 같은 위치 관계를 나타낼 때 사용한다. [5][6]에서는 이 2D 스트링을 동일한 의미의 트리플들로 변형함으로써, 보다 개념적으로 단순화된 색인 구조를 제안하였다. 예를 들어, w를 '작업테이블', r은 '라디오', s는 '스피커' 그리고 c를 '시계'라고 했을 때, 그림 1의 이미지 p는 다음과 같은 트리플들로 색인될 수 있다:  $\{ \langle w, c, \text{northwest} \rangle, \langle r, w, \text{east} \rangle, \langle r, c, \text{north} \rangle, \langle w, s, \text{north} \rangle, \langle r, s, \text{northeast} \rangle \}$ .

생성된 트리플들은 자신들을 이용해 색인된 이미지들을 가리키는 링크와 함께 그림 2의 역화일 [8]에 저장된 후 검색에 사용된다. 예를 들어, 이 역 화일을 참조함으로써,  $\langle w, c, \text{northwest} \rangle$ 로 색인된 이미지들을 찾으라는 질의의 답에 p를 포함시킬 수 있다.

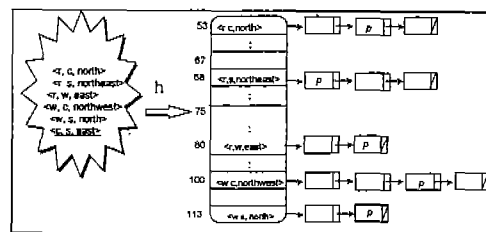


그림 2 해싱 함수를 이용해 구성된 역 화일

트리플 구조는 이미지들의 공간 관계를 손쉽게 색인할 수 있으면서도 빠른 검색을 지원한다는 점에서 장점

이 많은 내용 기반 이미지 검색 방식이지만 개념을 검색하지 못하는 점은 중요한 단점으로 지적될 수 있다.

### 3. 이미지 데이터베이스 세계 가정

일반적으로 이미지 데이터베이스는 폐 세계 가정(Closed World Assumption, CWA)[9][10], 개방 세계 가정(Open World Assumption, OWA)[9], 확장 폐 세계 가정(Expanded Closed World Assumption, ECWA)[11]이나 일반 폐 세계 가정(Generalized Closed World Assumption, GCWA)[9] 중 하나에 기반을 두고 집의에 답하게 된다. CWA 가정 하에서, 답은 질의 Q를 증명코자 하는 시도의 결과이며, 이때 Q가 증명되지 않으면  $\sim Q$ 가 증명된 것으로 본다. 좀 더 구체적으로 말해, 어떤 사실(fact) A가 데이터베이스로부터 증명되지 못할 경우에,  $\sim A$ 가 참으로 인정된다. OWA는 데이터베이스에서  $\sim A$ 가 증명되지 못할 경우에는  $\sim A$ 를 참으로 인정하지 않는다는 점에서 CWA와 다르다. ECWA나 GCWA는 사실들의 이접들, 즉 불확정적(indefinite)인 이접 정보를 데이터베이스 내에 명시할 수 있다는 점이 특징이다. 상당한 양의 사실들이 이접 정보로부터 참으로 증명되거나, 논리적으로 조합된 하나 이상의 이접 정보들로부터 참으로 증명될 수 있다. 예를 들어, 한 이미지 내 객체가 'TV' 아니면 '모니터' 둘 중 하나라고 인식된 분석 정보가 있다고 가정하자. 그런데 여기에 더해, 이것이 '모니터' 아니면 'LCD' 둘 중 하나라는 정보가 추가로 인식되었다고 할 경우에, 그 객체는 '모니터'라는 사실이 이 두 정보를 조합함으로써 증명될 수 있다. 그런데, 이 가정은 CWA를 확장한 것이기 때문에, 각 이접 정보에서 명시하지 않은 사실들은 모두 그 부정을 가정한다. 예를 들어, 어떤 객체가 'TV'나 '모니터' 둘 중의 하나라는 정보는 이 객체가 이 둘 중 하나 외는 어떤 것도 될 수 없다는 것을 의미한다. 더하여, 이 두 이접정보가 서로 상충되지 않는 올바른 정보라는 것을 가정한다. 예를 들어, 한 객체가 TV라는 정보와 그 것이 TV가 아니라는 정보는 서로 상충되며, 둘 중에 하나는 올바른 정보가 아니다.

이접정보는 크게 배타적 이접정보(exclusively disjunctive information)와 포함적 이접정보(inclusively disjunctive information) 두 가지로 분류될 수 있다. 이접 정보내의 사실들 중, 오직 하나만 참일 경우에 이를 배타적이라고 하며, 두 사실 이상이 동시에 참이 될 수 있을 경우에 포함적이라고 한다. 예를 들어, 'TV $\vee$ 모니터' 이접 정보를 해석함에 있어, TV와 모니터가 동시에

참이 되는 경우는 없다고 하면, 이 이접 정보는 배타적이다. 본 논문의 이접 레이블링은 오직 배타적 이접 정보로만 이루어지기 때문에 레이블링 시 발생하는 이접 정보에 앞으로 배타적이라는 말은 생략하기로 한다.

### 4. I-퍼지 트리플들에 의한 이미지 색인

불확정적 퍼지 트리플 (I-퍼지 트리플) 을 정의하기 위해서, 그림 1의 이미지  $p$ 에 대해 이미지 색인이 불확정적으로 수행된다고 가정하자. 가령, 이미지 분석기가  $p$ 를 분석하는 과정에서,  $p$ 내의 한 객체가 녹음기인지 라디오인지 잘 구분하지 못해 정확히 레이블링을 할 수 없다고 하자. 이때, 이 불확정적인 레이블링 정보를 색인 과정에 수용하고자 제안되는 자료 구조가 I-퍼지 트리플이다. 우선, 앞에서 사용하였던 트리플 구조  $\langle r, c, north \rangle$  는 이접 레이블링이 포함된  $\langle r \vee re, c, north \rangle$  로 확장될 필요가 있다. 여기서  $re$  는 '녹음기'이다.

더하여, 이 트리플들간의 개념 기반 정합이 가능하기 위해서는 객체들을 단순한 식별자보다는 의미 있는 각자의 이름으로 명시할 필요가 있다. 따라서, 객체들은 다음과 같은 용어들을 사용하여 레이블링 한다.

**정의 4.1**  $N$ 을 용어들의 집합이라고 할 때, 퍼지 언어 용어  $T$ 는 퍼지 소속성 함수  $\mu_T: N \rightarrow [0,1]$ 에 의해 설정되는 한 퍼지 집합이다. 이때,  $c \in N$ 가 임의의  $c' \in N$ 에 대해 다음 조건을 만족할 때,  $c$ 를 일반 용어라고 부른다.

$$c' = c \text{ 이면 } \mu_c(c') = 1 \text{ 이고 그 외는 } \mu_c(c') = 0.$$

$c \in N$ 가 일반 용어가 아닐 경우는 퍼지 용어라고 부른다. 그러나, 퍼지 용어를 일반 용어와 특별히 구별할 필요가 없을 경우에는 둘 다 용어라고 통일해서 부르기로 한다.

**정의 4.2**  $N$ 을 용어들의 집합,  $IDB$ 를 이미지 데이터베이스에 있는 모든 이미지들의 집합 그리고  $O_p$ 를 한 이미지  $p \in IDB$ 에 나타날 수 있는 모든 객체들의 집합이라고 두자. 그러면 이름 함수  $f_{NAME}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{모든 } o \in O_p \text{에 대해서 } f_{NAME}(o) = T \in N.$$

이 함수를 사용해서 I-퍼지 트리플을 정의해 보면 다음과 같다.

**정의 4.3**  $O_p$ 를  $p \in IDB$  내에서 나타나는 객체들의 집합 그리고  $D = \{east, northeast, north, \dots\}$ 를 8방향의 집합이라고 두자. 그러면  $p$ 를 위한 모든 불확정적 퍼지 트리플들 (I-퍼지 트리플들)의 집합,  $I\_T_p$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$I\_T_p = \{ \langle \bigvee_{i=1}^{m_1} f_{NAME}(o_i), \bigvee_{j=1}^{m_2} f_{NAME}(o_j), r_y \rangle, r_y \in D \text{는 } o_i \text{를}$$

기준으로 한  $o_j$ 의 방향이고  $o_i, o_j \in O, 1 \leq i \leq m_1, 1 \leq j \leq m_2$ .

한 이미지내 n개의 객체들을 색인하기 위한 I-퍼지 트리플들의 총 개수는  $n*(n-1)/2$  인데, 그 이유는 I-퍼지 트리플  $\langle \bigvee_{i=1}^{m_1} f_{NAME}(o_i), \bigvee_{j=1}^{m_2} f_{NAME}(o_j), r_{ij} \rangle$ 는  $\langle \bigvee_{i=1}^{m_1} f_{NAME}(o_i), \bigvee_{j=1}^{m_2} f_{NAME}(o_j), r_{ji} \rangle$ 와 같은 것으로 취급하기 때문이다. 여기서  $r_{ji}$ 는  $r_{ij}$ 의 역방향을 나타낸다.

다음으로, 이 I-퍼지 트리플 구조를 완전하게 명시하기 위해서, 용어 술어를 정의하도록 한다.

**정의 4.4** 용어  $T \in N$ 에 대응되는 퍼지 용어 술어 (또는 단순히, 용어 술어)  $T$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$T : N \rightarrow [0,1]$$

여기서  $c=T$ 이면  $T(c)=1$ ,

$$c \neq T \in N \text{이면, } T(c) = \mu_T(c).$$

예를 들어, 가구(X)는 용어 술어이고 '가구'는 대응되는 용어이다. 어떤  $c \in N$ 에 대해  $가구(c) \in [0,1]$ 는  $c$ 를 어느 정도로 '가구'로 볼 수 있는가의 정도로 해석될 수 있다.

다음에 정의되는 용어 술어로 이루어진 이접 논리식을 사용하면 최종적인 I-퍼지 트리플 자료형을 명시할 수 있게 되는데, 이 논리식에서 용어들은 모두 대응되는 용어 술어들로 대체되어 표현된다. 용어 술어는 개념 기반의 정합을 가능하게 해 주는 일종의 퍼지 용어 부울 변수, 또는 용어 템플릿으로 볼 수 있다.

**정의 4.5**  $d_T(A) = \bigvee_{t \in T} t(A)$ 를 용어 술어들의 이접 식이라고 하자. 그러면 I-퍼지 트리플  $t \in I_T$ 는 다음과 같이 정의된다.

1.  $d_{T_1}$ 과  $d_{T_2}$  각각을 용어 술어들의 이접 논리식이라고 하고  $d \in D$ 라고 하자. 그러면  $\langle d_{T_1}, d_{T_2}, d \rangle$ 는 I-퍼지 트리플이다.

2. 그 외 어떤 것도 I-퍼지 트리플이 될 수 없다.

만약 어떤 I-퍼지 트리플  $t$ 가,  $t \in \langle T_1, T_2, d \rangle$ 로 주어지고,  $T_1, T_2$ 가 각각 용어술어라면  $t$ 는 단순히 트리플로 부르기로 한다.

### 5. 퍼지 용어 시소러스를 사용한 개념 기반 정합

그림 3에 주어진 퍼지 용어 시소러스는 용어 술어들의 진위 값을 얻기 위해 사용될 수 있다. 이 시소러스의 터미널 노드는 일반 용어들을 포함하고 있고, 그 외에는 퍼지 용어들을 포함하고 있는 데 각 퍼지 용어는 아래 단계의 퍼지 용어들을 자신들의 소속 멤버들로 취하는 퍼지 집합이며 해당 소속성 값은 대응되는 예지에 명시한다. 소속성 값이 명시되지 않은 때는 0으로 가정한다.

소속성 값은 두 용어들간의 개념적 관련정도, 또는 단순히 관련 정도로 해석할 수 있다.

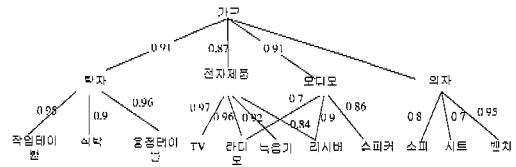


그림 3 퍼지 용어 시소러스

아울러, 간접적으로 연관되는 두 용어들 사이의 합성 소속성 값은 다음의 식에 따라 계산한다.

**정의 5.1** [12]  $T$ 를 퍼지 용어라고 하면  $\mu_T(c)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{모든 } c \in N \text{에 대해, } \mu_T(c) = \max(\min(\mu_{a_i}(c), a))$$

여기서  $a$ 는 퍼지 용어이다.

$c$ 가  $a_i$ 와 직접적으로 연결되어 있지 않은 경우라도,  $a_i$ 는 퍼지 용어이기 때문에, 정의 5.1을 되부름으로 반복 적용하면  $\mu_{a_i}(c), \forall c \in N$ 는 항상 계산 가능하다. 직간접적으로 연결되어 있지 않은 용어들 사이의 관련 정도는 정의되지 않는데, 예를 들어, 전자 제품과 오디오간에는 예지가 없기 때문에 관련정도는 정의되지 않는다. 유사도 관계(similarity)[13]가 퍼지 용어들간, 또는 단순 용어들간의 관련 정도를 정량 화하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 가전 기기와 오디오의 유사도 정도를 계산해서 예지에 그 정도 값과 함께 명시한다면, 전자 제품과 스피커도 관련 정도를 계산할 수 있을 것이다. 그러나 본 논문에서는 질의 처리가 지나치게 복잡해지는 것을 피하기 위해 유사도 관계는 고려하지 않기로 한다.

**예 5.1** 가구와 라디오 간의 관련정도는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \mu_{가구}(라디오) &= \max(\min(\mu_{전자제품}(라디오), \mu_{가구}(전자제품)), \\ &\quad \min(\mu_{오디오}(라디오), \mu_{가구}(라디오))) \\ &= \max(\min(0.96, 0.87), \min(0.7, 0.91)) = 0.87 \end{aligned}$$

따라서,  $가구(라디오)=0.87$ .

위의 예에서, max 연산자는 라디오와 가구 사이를 오디오 대신에 전자 제품을 거치게 함으로써  $\mu_{가구}(라디오)$ 가 가장 정보가 많은 0.87을 취할 수 있도록 도와주고 있다. 즉 두 경로가 다  $\mu_{가구}(라디오)$ 를 정량 화하는 데 쓰일 수 있으나, 전자 제품을 거치는 경로가 가구와 라디오간의 개념적 거리를 보다 잘 정량 화한다는 것을 뜻한다.

이제 제안하는 이미지 검색 시스템을 정형화 해보자.

**정의 5.2** 이미지 검색 시스템  $IIR$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$IIR = \langle IDB, I-T, Tr, In \rangle$$

여기서  $IDB$ 는 데이터베이스내의 모든 이미지들의 집합,  $I-T$ 는  $p \in IDB$ 에 대한 모든  $I$ -들의 집합,  $Tr$ 은 퍼지 용어 시소러스, 그리고  $In$ 은 역 화일이다.  $In$ 은 항목들의 집합으로 정의되며, 각 항목은  $t \in I-T_p$ 와  $t$ 가 색인하는 모든 이미지 집합  $\{p\}$ 으로 구성된다. 즉,  $In = \langle \{I, \{p\} \rangle \rangle$ 이다.  $In$ 은  $t$ 에 의해 색인된 모든 이미지들을 검색하는 데 사용된다.

### 6. 질의 평가

이미지들을 검색하는 사용자 질의의 평가는 먼저, 1) 질의들을 질의와 동등한 의미를 가지는 트리플 들의 논리식으로 변환한 다음에, 2) 논리식을 구성하는 각 트리플들과  $In$  내  $I$ -퍼지 트리플을 포함한 각 항목들을 정합시켜 해당 이미지들을 검색하고, 3) 이 결과를 논리적 연결사를 적용시켜 원하는 최종 결과 이미지를 계산하는 과정을 수행한다.

질의 평가의 첫 단계로 정의 6.1에서는 다루고자 하는 질의 구조를 명시하고 있다.

**정의 6.1**  $QT, j=1, \dots, s$  각각을 질의의 기본 단위로 사용할 트리플이라고 할 때, 이접 질의  $Q_D$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_D = \bigvee_{j=1}^s Q_T$$

**정의 6.2**  $Q_{D_i}, i=1, \dots, n$ 를  $n$ 개의 이접 질의들이라고 하자. 그러면 연결 질의  $Q$ (또는 단순히 질의)는 다음과 같이 정의된다.

$$Q = \bigwedge_{i=1}^n Q_{D_i}$$

다음은 용어 술어들의 이접식 들간의 퍼지 정합을 위한 몇 가지 정의들이다.

**정의 6.3**  $d_T = \bigwedge_{i=1}^m T_i$ 를 용어 술어들의 이접 식이라고 하자. 그러면 모든  $c \in N$ 에 대해,  $d_T(c) = \max(T_i(c), i=1, \dots, m)$ .

**정의 6.4**  $d_T$ 를 용어 술어들의 이접식이라고 하자. 그러면  $|d_T| = \{c \in N | d_T(c) = 1\}$ .

**정의 6.5**  $d_{T_1}$ 와  $d_{T_2}$  각각을 용어 술어들의 이접식이라고 할 때, 다음이 성립한다.

$$d_{T_1} \subseteq d_{T_2} \text{ 보다 } \alpha \in [0,1] \text{ 정도로 일반적이다} \Leftrightarrow \min(\forall c \in |d_{T_2}| \text{에 대해, } d_{T_1}(c)) = \alpha > 0 \dots (1).$$

(1) 식은  $d_{T_2} \subseteq d_{T_1}$ 로 표기하기로 한다.

**예 6.1**  $d_{T_1}$ =전자제품,  $d_{T_2}$ =라디오 ∨ 녹음기로 하자. 그러면  $d_{T_2} \subseteq_{0.9} d_{T_1}$ 인데, 그 이유는  $\min(\forall c \in |d_{T_2}|$

={라디오, 녹음기}에 대해  $d_{T_1}(c) = \min(\text{전자제품(라디오), 전자제품(녹음기)}) = 0.92 > 0$ .

**정의 6.6**  $Q'$ 를 이접 질의 의 부 질의로 두고 다음과 같이 표현하자;

$$Q' = \bigvee_{j=1}^s Q_{T_j} = \langle T_{1j}, T_{2j}, d \rangle, j=i_1, i_2, \dots, i_k \in \{1, 2, \dots, s\}.$$

그러면, I-트리플  $t = \langle d_{T_1}, d_{T_2}, d \rangle$ 에 대해  $Q'$ 를  $t$ 와 동일 방향의 이접 질의, 또는 단순히  $t$ 에 대한 동향 질의라고 한다.

동향 질의를 정의하는 이유는 각도 사이의 퍼지 정합은 고려하지 않음으로써, 불필요하게 질의 처리가 복잡해지는 것을 피하기 위해서 이다. 예를 들어, 두 객체가 시계 반대 방향으로 이루는 각도  $46^\circ$ 와 북동쪽 간의 퍼지 정합을 고려하기 위해서는 북동쪽을 위한 퍼지 소속성 함수를 이용하여야 한다. 이에 대한 관련 연구는 [14][15]를 참조하기 바란다.

**정의 6.7**  $Q' = \bigvee_{j=1}^s Q_{T_j} = \langle T_{1j}, T_{2j}, d \rangle$ 를  $t = \langle d_{T_1}, d_{T_2}, d \rangle$ 에 대한 동향 질의라고 하자. 그러면

$$t \subseteq Q' \text{이고 } \alpha = \min(a_1, a_2) > 0$$

$$\Leftrightarrow d_{T_1} \subseteq_{a_1} \bigvee_{j=1}^s T_{1j} \text{이고 } d_{T_2} \subseteq_{a_2} \bigvee_{j=1}^s T_{2j}$$

계속해서 다음 명제는  $d_{T_1} \subseteq_{a_1} \bigvee_{j=1}^s T_{1j}$  또는  $d_{T_2} \subseteq_{a_2} \bigvee_{j=1}^s T_{2j}$ 를 검사하기 위해 사용된다.

**명제 6.1**  $d_{T_1}$ 와  $d_{T_2}$  각각을 용어 술어들의 이접식이라고 할 때,  $d_{T_1} = \bigvee_{i=1}^m T_i$ 로 두면, 다음이 성립한다.

$$d_{T_2} \subseteq_{\alpha} d_{T_1} \Leftrightarrow \min(\forall c \in |d_{T_2}| \text{에 대해, } \max(T_i(c/A), i=1, 2, \dots, m)) = \alpha > 0.$$

**증명** 정의 6.3과 정의 6.5를 사용하면 이 명제는 바로 증명 가능하므로 이 증명은 생략한다. □

**예 6.2**  $d_{T_1}$ =라디오 ∨ 리시버,  $d_{T_2}$ =전자제품 ∨ 오디오라고 하자. 그러면 명제 6.1에 따라  $\min(\max(\text{전자제품(라디오), 오디오(라디오)}), \max(\text{전자제품(리시버), 오디오(리시버)})) = \min(0.96, 0.9) = 0.9 > 0$ 이므로,  $d_{T_1} \subseteq_{0.9} d_{T_2}$ .

다음에는 불확정성에도 불구하고 최소한의 확정도를 보장하면서 질의  $Q$ 와 I-퍼지 트리플  $t \in I-T_p$ 가 정합될 수 있는 조건에 대해 고려해 보자. 이 조건을 탐지하는 것은 다음의  $\alpha \in [0,1]$  확정도로  $Q$ 의 해 집합을 구하기 위한 선결 조건이다.

**정의 6.8**  $Q_D$ 를  $t \in I-T_p$ 에 대한 동향 질의라고 하자. 그러면

$$IIR|_{-\alpha} Q_D(p) \Leftrightarrow t \subseteq_{\alpha} Q_D, \alpha \in [0,1] > 0.$$

**정의 6.9**  $\|Q\|_{\alpha} = \{p | IIR|_{-\alpha} Q(p), \alpha > 0\}$ 는  $\alpha \in [0,1]$  확정도로 질의  $Q$ 를 만족시키는 해 집합이다.

**예 6.3** “가구의 북동쪽에 전자제품이 있는 이미지들을 검색하라”는 질의는  $Q_{T1} = \langle \text{가구}, \text{전자제품}, \text{north east} \rangle$ 로 변환된다. 이제,  $d_{T1} = \text{작업 테이블}$ ,  $d_{T2} = \text{라디오} \vee \text{녹음기인}$ ,  $t = \langle d_{T1}, d_{T2}, \text{northeast} \rangle \in I-T_{P1}$ 을 고려해 보자. 그러면  $t \in_{0.91} Q_{T1}$ 인데 그 이유는

작업 테이블  $\in_{0.91}$  ‘가구’이고  
 $d_{T2} \in_{0.92}$  전자제품(예 6.1을 참조)이기 때문이다.

따라서,  $IIR|_{-0.91} Q_{T1}(p_1)$ .

**예 6.4** “전자 제품이나 오디오가 가구의 북동쪽에 있는 이미지들을 찾아라”를 질의  $Q_{D1}$ 으로 두자. 그러면  $Q_{D1} = Q_{T1} \vee Q_{T2}$ 이고, 여기서  $Q_{T1}$ 은 예 6.3과 동일하고,  $Q_{T2} = \langle \text{가구}, \text{오디오}, \text{northeast} \rangle$ 이다. 이제,  $d_{T1} = \text{탁자}$ ,  $d_{T2} = \text{라디오} \vee \text{리시버}$ , 인  $t = \langle d_{T1}, d_{T2}, \text{northeast} \rangle \in I-T_{P2}$ 에 대해, 결과는  $IIR|_{-0.9} Q_{D1}(p_2)$ 인데, 그 이유는  $d_{T2} \in_{0.9}$  전자제품  $\vee$  오디오(예 6.2를 볼 것)이고 탁자  $\in_{0.91}$  가구이기 때문이다.

**명제 6.2**  $Q_D = \bigvee_{j=1}^s Q_{Tj}$ 를 이접 질의라고 하자. 그러면 모든  $p \in IDB$ 에 대해,

$p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}, \alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s) > 0$   
 $\Leftrightarrow p \in \|Q_i'\|_{\alpha_i^*}, \alpha_i > 0, 1 \leq i \leq s$ 를 만족하는 동향 질의  $Q_i'$ 가 적어도  $Q_D$  내에 하나 존재한다.

**증명**  $p \in \|Q_i'\|_{\alpha_i^*}$ 라면, 정의 6.8과 정의 6.9로부터  $t_i \in_{\alpha_i} Q_i', \alpha_i > 0, 1 \leq i \leq s$ 를 만족하는  $t_i \in I-T_P$ 가 적어도 하나는 반드시 존재하여야 한다. 일반성을 잃지 않고, 이 조건을 만족하는  $t_1, t_2 \in I-T_P$ 에 대한 동향 질의들로  $Q_1'$ 과  $Q_2'$ 가 존재한다고 가정하자. 만약  $t_1 \in_{\alpha_1} Q_1'$ 이거나  $t_2 \in_{\alpha_2} Q_2'$ 라면,  $p \in \|Q_1'\|_{\alpha_1^*}$ , 이거나  $p \in \|Q_2'\|_{\alpha_2^*}, \alpha_1, \alpha_2 > 0$ 이다. 이제 이 명제를 증명할 수 있는데, 그 이유는  $p \in \|Q_1'\|_{\alpha_1^*}$ 나  $p \in \|Q_2'\|_{\alpha_2^*}$ 는  $p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}, \alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2) > 0$ 을 의미하기 때문이다.  $t_1 \in_{\alpha_1} Q_1'$ 이고  $t_2 \in_{\alpha_2} Q_2'$ 라 하더라도,  $p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}, \alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2) > 0$ 인데, 그 이유는  $p$ 는 서로 같은 필요 없는 두 퍼지 트리플  $t_1$ 과  $t_2$  둘 다에 동시에 색인될 수도 있기 때문이다.  $\square$

**정리 6.1**  $Q_D = \bigvee_{j=1}^s Q_{Tj}$ 를 이접 질의라고 하자. 그러면,  
 $\bigcup_{j=1}^s \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*} \subseteq \|Q_D\|_{\alpha^*}, \alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s) > 0 \dots (2)$

**증명** 만약  $p \in \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*}, j \in \{1, 2, \dots, s\}$ 이면  $p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}$ 임을 명제 6.2을 이용하면 바로 증명 가능하다. 따라서,  $p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}$ 이지만  $p \notin \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*}, j = 1, 2, \dots, s$ 인  $p$ 가 존재함을 보임으로써  $\bigcup_{j=1}^s \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*} \neq \|Q_D\|_{\alpha^*}$ 임을 증명하기만 하면 된다.

$Q' = \bigvee_{j=1}^s \langle T_{1j}, T_{2j}, d \rangle, t_1, t_2, i_k \in \{1, 2, \dots, s\}$ 를 한

$I$ -퍼지 트리플,  $t = \langle d_{T1}, d_{T2}, d \rangle \in I-T_P$ 에 대한  $Q_D$  내의 동향 질의라고 하자. 만약 모든  $t$ 에 대해서 이러한 동향 질의가 존재하지 않는다면, 어떤  $p$ 도 답이 될 수 없을 것이다. 따라서  $\emptyset \subseteq \emptyset$ 이므로 (2)식은 당연히 성립한다. 이제 이  $Q'$ 에 대해서 정의 6.8 과 명제 6.2를 이용하면, 다음 조건을 만족하는  $t$ 에 의해 색인되는  $p$ 를 발견할 수 있다;

$t \in_{\alpha} Q', \alpha > 0$ 이지만,  $t \in_{\alpha_i} Q_{Tj}, i = 1, 2, \dots, s$  중 어떤 것도 성립하지 않는다.

일반성을 잃지 않고 이를 보이기 위해,  $Q' = \bigvee_{j=1}^4 Q_{Tj} = \langle T_1, T_2, d \rangle \vee \langle T_1', T_2', d \rangle \vee \langle T_1'', T_2'', d \rangle \vee \langle T_1''', T_2''', d \rangle$  그리고  $t = \langle T_1 \vee T_1', T_2 \vee T_2', d \rangle$ 라고 두자. 그러면, 명백히,  $t \in_j Q'$ 이지만  $t \in_{\alpha_i} Q_{Tj}, i = 1, \dots, 4$ 이다. 따라서,  $p \in \|Q_D\|_{\alpha^*}$ 를 만족하지만  $p \notin \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*}, j = 1, 2, \dots, s$ 인  $p$ 는 발견할 수 있다.  $\square$

**정리 6.2**  $Q = \bigwedge_{i=1}^n Q_{D_i}$ 를 질의라고 하자. 그러면, 모든  $p \in IDB$ 에 대해,

$p \in \|Q\|_{\alpha^*}, \alpha = \min(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \Leftrightarrow p \in \|Q_{D_i}\|_{\alpha_i^*}, \alpha_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$

**증명** ( $\Rightarrow$ )  $p \in \|Q\|_{\alpha^*}$ 라고 가정하자. 그러면, 정의 6.8에 의해,  $IIR|_{-\alpha} Q_{D_i}(p) \wedge Q_{D_j}(p) \wedge \dots \wedge Q_{D_n}(p)$ 은 모든  $i = 1, 2, \dots, n$ 에 대해  $IIR|_{-\alpha} Q_{D_i}(p)$ 이고  $\alpha = \min(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 임을 의미한다. 따라서,  $p \in \|Q_{D_i}\|_{\alpha_i^*}, \square$

( $\Leftarrow$ )( $\Rightarrow$ )와 유사하게 ( $\Leftarrow$ ) 부분도 증명될 수 있다. 이 증명은 생략한다.  $\square$

**정리 6.3**  $Q = \bigwedge_{i=1}^n Q_{D_i}, Q_{D_i} = \bigvee_{j=1}^{s_i} Q_{Tj}$  각각을 질의라고 하자. 그러면

$p \in \|Q\|_{\alpha^*}, \alpha = \min(\max(\alpha_{11}, \dots, \alpha_{1s_1}), \dots, \max(\alpha_n, \dots, \alpha_{ns_n}), \dots, \max(\alpha_{n1}, \dots, \alpha_{ns_n}))$

이때,  $p$ 는  $i, 1 \leq i \leq n$ 에 대해  $p \in \|Q_{Tj}\|_{\alpha_j^*}, j = 1, \dots, s_i$ 를 만족한다.

**증명** 이 정리는 명제 6.2 와 정리 6.2에 의해 바로 증명 가능하므로 생략한다.

**예 6.5** 질의  $Q$ 는  $Q_{D1} \wedge Q_{D2}$ 이고  $Q_{D2} = \langle \text{가구}, \text{탁자}, \text{northeast} \rangle$ 라고 두자. 그러면,  $p_2 \in \|Q_{D2}\|_{0.84}$ (예 6.4를 본 것) 이고  $\min(0.84, 1) \cdot 0.84$ 로부터  $p_2 \in \|Q_{D2}\|_{0.84}$ 이므로,  $p_2 \in \|Q\|_{0.84}$ .

### 7. 결론

본 논문에서는 이접 레이블링을 허용함으로써 불확정적으로 이미지를 색인할 수 있는  $I$ -퍼지 트리플 구조를

제안하였으며, 이 I-퍼지 트리플들로 색인된 이미지 데이터베이스에 대하여 원하는 이미지들을 개념 기반으로 검색할 수 있는 방법론을 제안하였다. 이 방법론의 장점은, 현실적으로 이미지 인식기의 한계 때문에 불가피한 이접 레이블링을 이미지 색인시 허용하면서도 개념 기반 이미지 검색을 수행하며,  $\alpha \in [0,1]$  정도로 확정적인 답을 얻어 낼 수 있는 새로운 질의 평가 방식을 제안한 점이다. 트리플 색인 방식을 포함한 기존의 내용기반 이미지 검색 시스템들은 개념 기반 이미지 검색 기능을 제공하지 못하며, 또한 이접 레이블링이 허용되지 않기 때문에, 불확정적 질의 처리 방식을 지원하지 못한다.

이 I 퍼지 트리플 구조는 특히, 의미적으로 트리플 이미지 색인과 크게 다르지 않기 때문에, 많은 노력을 들이지 않고서도 제안된 질의 평가 방식을 도입함으로써 기존의 트리플 기반 이미지 검색 시스템들의 검색 효율을 상당히 향상시켜줄 수 있으리라 기대한다.

앞으로 필요한 연구로서는 퍼지 용어들간의 여러 관련성을 명시하는 퍼지 용어 시소러스를 활용하는 개념 기반 검색을 I-퍼지 트리플 구조에 적용하는 작업을 들 수 있다. 예를 들어, 탁자 옆에 소파 또는 의자가 있는 것으로 색인된 이미지  $p$ 에 대해, 만약, 탁자, 소파 그리고 의자가 모두 응집 세트와 part-of 관계에 있다면,  $p$ 는 응집 세트가 있는 그림을 찾으라는 질의의 답이 될 수 있을 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] A. Pentland, R. W. Picard and S. Sclaroff, Photobook:Tools for Content-Based Manipulation of Image Databases, International Journal of Computer Vision, 1996.

[2] Graeme Baxter and Douglas Anderson, Image Indexing and Retrieval: Some Problems and Proposed Solutions, New Library World, Vol. 96, No. 1123, pp. 4-13, 1995.

[3] M. Flickner et al, Query by Image and Video Content: The QBIC System, the IEEE Computer journal, Vol. 28, No. 9, pp. 23-31, 1995.

[4] R. Bach et al., "The Virage Image Search Engine: An Open Framework for Image Management", In Proc. of SPIE, Vol. 2670, pp. 76-87, 1996.

[5] C. C. Chang and S. Y. Lee, "Retrieval of Similar Pictures on Pictorial Databases," Pattern Recognition, pp. 675-680, 1991.

[6] S. K. Chang, E. Jungert and C. Tortora, Intelligent Image Database Systems, Series on Software Engineering and Knowledge Engineering, Vol. 5. 1996.

[7] S. K. Chang, Q. Y. Shi, and C. W. Yan, Iconic Indexing by 2-D string, IEEE Transaction, Pattern Analysis, pp. 413-428, 1987.

[8] C.R. Cook and R. Oldehoeft, A Letter-Oriented Minimal Perfect Hashing Function, ACM SIGplan Notices Vol. 17, pp. 18-27, 1982.

[9] R. Reiter, On Closed World Databases, In Logic and Databases, Plenum Press, pp. 55-76, 1978.

[10] R. Reiter, Towards a Logical Reconstruction of Relational Databases Theory, In On Conceptual Modeling, Springer-Verlag, pp. 191-238, 1984.

[11] A. M. Keller and M. W. Wilkins, On the Use of an Extended Relational Model to Handle Changing Incomplete Information, IEEE, TOSE, 1985.

[12] J. D. Yang and D. G. Lee, Incorporating Concept-Based Match into Fuzzy Production Rules, Vol. 104, Information Sciences, pp. 213-239, 1998.

[13] G. J. Klir, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall, 1995.

[14] J.D. Yang, "An Image Retrieval Model Based on Fuzzy Triples," Fuzzy Sets and Systems, vol. 121, No. 3, pp. 89-100, 2001.

[15] M. P. Wand and M. C. Jones, Kernel Smoothing, Chapman & Hall, 1995.



양재동

1983년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(학사). 1985년 2월 한국과학기술원 전산학과(석사). 1991년 2월 한국과학기술원 전산학과(박사). 1995년 1월 ~ 1996년 1월 Univ. of Florida, Visiting Scholar. 현재는 전북대학교 컴퓨터학과 교수, 영상·정보 신기술 연구소 연구원. 관심분야는 OODBs, Expert System, CASE