

## 내용기반 영상 검색을 위한 최적의 퍼지측도

### The Optimized Values of Fuzzy Measure for Content-based Image Retrieval

김동우, 송영준, 김영길, 장언동  
충북대학교

Kim Dong-Woo, Song Young-Jun, Kim Young-Gil,  
Chang Un-Dong  
Chungbuk National Univ.

#### 요약

멀티미디어 시대의 도래와 함께 영상 정보의 관리리는 중요한 분야로 자리 잡았고, 이러한 영상 정보의 체계적인 관리에 효과적인 내용기반 영상 검색 시스템이 등장하였다. 내용기반 영상 검색은 색상, 질감, 모양의 특징을 이용한다. 오늘날 특징은 한 가지만 사용하기보다는 3가지 특징을 병합하여 사용한다. 기존의 다중 특징을 사용하는 방법들은 가중치를 수동으로 설정하여 검색 과정이 복잡한 단점이 있다. 우리는 이러한 문제점을 퍼지 적분 가중치 할당 방법으로 보완하여 가중치를 자동으로 설정한다. 본 논문에서는 실험에 의해 최적의 퍼지 측도를 구하였다.

#### Abstract

The management of image information settles as an important field with the advent of multimedia age and we are in need of the effective retrieval method to manage systematically image information. It is used to color, texture, and shape features for content-based image retrieval. And existing methods using multiple features have problems that the retrieval process is embarrassed because each weight is set up manually. So we have solved these problems by assignment of weight applying fuzzy integral. This paper proposed the optimized values of fuzzy measure by experiments.

## I. 서론

오늘날 컴퓨터 기술의 발전으로 다양한 멀티미디어 정보의 획득이 늘고 있다. 이러한 정보는 단순한 문자 정보를 포함하여 음성, 영상, 동영상 등의 다양한 매체로 확대되고 있다. 영상 정보는 저장이 용이하고, 정보 전달 능력이 좋은 장점이 있어 사용이 증가하고 있다. 그러나 영상 정보는 다양한 형태를 가지고 있어 관리하기 어려운 단점이 있다. 특히 영상의 검색은 초기에 문자기반 영상 검색(text based image retrieval)이 사용되었지만, 단순히 연관된 텍스트나 키워드를 사용하는 검색 방법들로 한계가 있었다. 따라서 영상을 효과적으로 관리하기 위한 새로운 검색 방법이 필요하게 되었고, 영상 자체에서 특징을 자동으로 추출하고 검색하여 객관적이며 자동화된 영상 검색이 가능한 내용기반 영상 검색 방법(CBIR: content based image retrieval)이 등장하게 되었다.

내용기반 영상 검색의 핵심은 특징을 추출하는 방법과 영상들 간의 유사도를 비교하는 방법이다. 현재 특징 추출 방법은 색상, 질감, 모양의 3가지 특징을 혼합하여 사용하는 방법이 많이 사용되고 있다[1]. 유사도 비교 방법도 다양한 방법들이 사용되고 있고, 3가지 특징을 모두 사용한 경우 각 특징의 가중치를 자동적으로 설정하기 위한 퍼지 적분 가중치를 이용한 유사도 비교 방법이 제안되었다[2]. 본 논문은 기존에 제안된

퍼지 적분을 이용한 유사도 비교 방법에 있어 퍼지 측도의 설정이 주관적으로 선택되었던 단점을 극복하기 위하여, 가능한 모든 퍼지 측도를 유사도 비교에 적용시켜 최적의 퍼지 측도를 선택하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 기술로서, 퍼지 적분과 내용기반 검색 방법에 대하여 기술한다. 3장에서는 실험한 방법과 실험 결과에 대하여 기술하고 4장에서는 결론과 향후 과제에 대하여 논한다.

## II. 관련 이론

### 1. 퍼지 적분

퍼지 측도는 1972년 Sugeno에 의해 제안된 비가법적 집합 함수로서, 고전적 측도가 만족 가법성을 완화시킨 측도이다. 전체집합을  $X$ 라 할 때, 수계노에 의한 퍼지 측도  $\lambda$ 는 경계조건, 단조성, 연속성을 가져 식(1)과 같은 조건을 만족한다.

$$\lambda(\emptyset)=0, \lambda(X)=1 \quad (1.a)$$

$$A \subset B \Rightarrow \lambda(A) \leq \lambda(B) \quad (1.b)$$

$$A_1 \subset \dots \text{or } A_1 \supset \dots \Rightarrow \lim_n \lambda(A_n) = \lambda(\lim_n A_n) \quad (1.c)$$

식 (1.a)은 경계조건을 나타낸다. 식 (1.b)는 단조성을 나타내고 있어, 이러한 퍼지 측도를 단조퍼지 측도라 부르기도 한다. 식 (1.c)은 연속성을 나타내며, 유한집합인 경우에는 조건이 불필요하다.

퍼지 측도는 가법적 측도가 아니므로 가측 함수의 퍼지 측도에 관한 적분으로 기존의 Lebesgue 적분을 그대로 적용할 수 없다. 이에 Sugeno는 퍼지 측도의 제안과 함께 퍼지 측도에 관한 적분으로 Sugeno 적분을 제안하였다[3]. 그 후 퍼지 측도에 관한 많은 적분이 제안되어 사용되고 있는데, 이를 총칭하여 퍼지 적분이라 한다[4].  $f$ 를  $X$ 에서  $[0,1]$ 로의 함수,  $g$ 를  $X$ 위에서의 퍼지 측도라 할 때,  $f$ 의  $g$ 에 관한 Sugeno 적분은 다음과 같이 정의된다.

$$\int f(X) \cdot g(\cdot) \equiv \bigvee_{i=1}^n [f(X_i) \wedge g(A_i)] \quad (2)$$

퍼지 측도가 고전 측도의 확장인 것에 대하여, Sugeno 적분은 Lebesgue 적분의 확장이 아니고, 가능성 측도에 관한 적분으로 인식되고 있다. Sugeno 적분은 주관적 평가 문제에 많이 응용된다. 이러한 Sugeno 적분의 전체적인 알고리즘은 아래와 같이 4단계를 거쳐서 계산하게 된다.

단계1. 유한집합  $X = \{x_i \mid i=1, 2, \dots, n\}$ 에 대한 멱집합의 원소  $H \in P(X)$ 가  $X$ 에 기여하는 정도(퍼지 측도)  $g(H)$ 를 결정.

단계2. 각 평가 항목에 대한 평가 값을 크기순으로 나열, 즉  $h(x_1) \leq h(x_2) \leq \dots, \leq h(x_n)$ .

단계3. 재배열된  $x_i$ 들에 대하여  $H_i = \{x_j \mid k=i, i+1, \dots, n\}$ 를 구하고,  $g(H_i)$ 를 설정.

단계4. 각  $i$ 에 대해 식 (1)으로 퍼지 적분 값 계산.

## 2. 내용기반 영상 검색

내용기반 영상 검색은 Kato에 의해 제안되었다. 그 후 내용기반 영상 검색은 영상이 가진 색상, 질감, 모양과 같은 시각적인 속성들을 대표하는 특징값을 이용하여 사용자가 원하는 영상을 쉽게 검색할 수 있도록 발전하였다.

내용기반 영상 검색 중 첫 번째 특징으로 색상 정보를 이용하여 추출하는 대표적 기법은 1991년 Swain[5] 등이 제안한 컬러 히스토그램을 이용하는 방법이다. 컬러 히스토그램은 계산이 용이하고, 카메라 위치의 작은 변화에도 강건함을 보인다. 그러나 다른 공간적 컬러 분포를 가지는 영상도 같은 컬러 히스토그램을 가질 수 있다는 단점이 있다.

두 번째 특징으로 질감을 사용하는 방법은 구조적 방법, 통계적 방법, 주파수 영역 방법이 있다. 주파수 영역은 최근 많이 이용하며, Wu 등은 DCT(discrete cosine transform)를

이용하여 구현이 간단하면서 MPEG과 연계하기 쉬운 방법을 제안하였다[6]. 한편 Yuan 등은 wavelet를 이용하는 방법을 제안하였다[7].

세 번째 특징으로 모양을 이용하는 방법은 경계 기반 방법과 영역 기반 방법이 있다. 모양 정보는 표현하는 방법의 어려움으로 인해 색상이나 질감보다는 이용이 제한되어 있다. 따라서 Jain 등은 트레이드마크나 로고 검색과 같은 한정된 응용에서 주로 사용되는 검색 기법을 제안하였다[8].

현재는 3가지 특징을 하나씩 사용하기보다는 2, 3가지의 특징을 혼용하여 사용하는 방법과 신경망을 사용하는 방법이 제안되고 있다[9].

## III. 실험 방법 및 결과

### 1. 실험 방법

본 논문에서 특징 추출은 색상, 질감, 모양의 세 가지 특징을 사용하는 기존 방법을 이용한다[2]. 색상 정보는 영상에서 추출한 양자화된 컬러 히스토그램을 각 양자화 단계에 전체 히스토그램의 비율로 구한다. 질감 정보는 DCT 변환을 하여 DC와 통합된 AC 계수의 평균으로 구한다. 모양 정보는 윤곽선 히스토그램으로 구한다.

유사도 비교는 계산량이 적은 히스토그램 교차 함수를 사용한다. 이 때 여러 개의 특징을 사용하는 경우 각 특징의 가중치를 임의로 고정하거나 수동으로 가중치를 설정하는 단점이 있다. 따라서 가중치 설정을 퍼지 적분을 이용한다. 기존 방법에서 퍼지 측도는 임의의 30개 영상을 10순위까지 검색하였을 때의 정확율로 정하였다. 본 논문에서는 임의의 퍼지 측도가 아닌 전체 측도를 0.4 단위로 변화시키면서 최적의 검색율이 나오는 퍼지 측도를 찾았다.

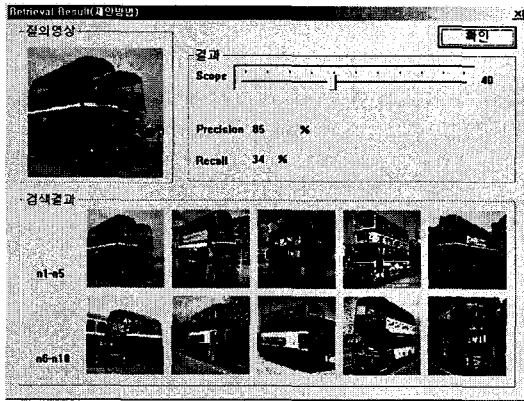
### 2. 실험 결과

본 논문에서는 1,000장의 자연 영상에 대하여 제안한 내용기반 영상 검색 시스템의 성능을 평가한다. 총 1,000장의 영상들은 각 100개씩 10개의 부류(group)로 나뉘고, 같은 부류의 영상은 서로 유사한 영상들로 구성되어 있다[10].

본 논문에서 시스템의 최적의 퍼지 측도를 평가하기 위한 방법으로 정확율을 사용하였다. 정확율은 영상 검색 시스템의 효율성을 평가하기 위한 방법으로 다음과 같다. 먼저 영상 검색을 위하여 시스템에 질의를 하면, 시스템은 순위를 부여하여 영상을 검색한다. 검색한 항목의 총수를  $Tr$ , 검색된 항목 중 질의와 유사한 항목의 수를  $Rr$ 이라고 할 때 정확율은 식 (3)과 같다.

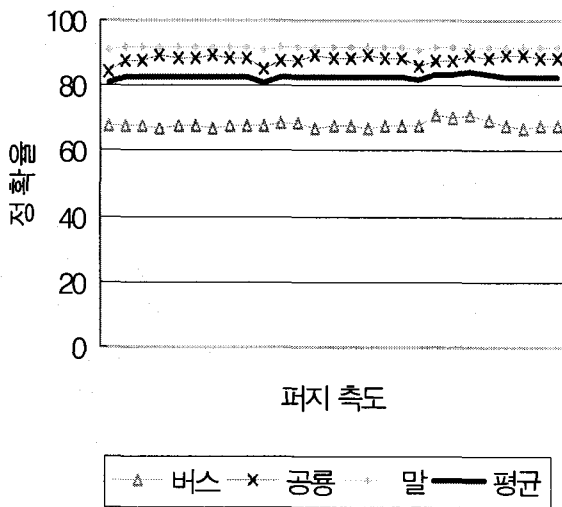
$$precision = \frac{R_r}{T_r} \quad (3)$$

여기서 Tr은 범위(scope)라고도 하며, 본 실험에서 T는 100이다. 그림 1은 제안 방법으로 구현한 프로그램의 검색 예이다.



▶▶ 그림 1. 제안 방법의 검색 예

그림 2는 퍼지 측도를 가변적으로 변화시키면서 버스, 공룡, 말 영상 부류의 각각의 정확율과 3부류의 평균 정확율을 표현한 그래프이다. 이 때 퍼지 측도 값은 색상 0.1, 질감 0.1, 모양 0.1에서부터 색상 0.9, 질감 0.9, 모양 0.9까지 각각 순차적으로 0.4씩 증가한다. 표 1은 3부류의 평균 정확율을 순위에 따라 정렬한 것이다. 최적의 퍼지 측도는 색상 0.9, 질감 0.5, 모양 0.1로 결정되었다.



▶▶ 그림 2. 가변적인 측도에서의 정확율

[표 1] 최적의 퍼지 측도

| 순위 | 퍼지 측도 |     |     | 정확율  |      |      |      |
|----|-------|-----|-----|------|------|------|------|
|    | 색상    | 질감  | 모양  | 버스   | 공룡   | 말    | 평균   |
| 1  | 0.9   | 0.5 | 0.1 | 71.0 | 89.5 | 92.0 | 84.1 |
| 2  | 0.9   | 0.1 | 0.5 | 71.0 | 87.7 | 92.0 | 83.6 |
| 3  | 0.9   | 0.1 | 0.9 | 70.0 | 88.0 | 92.1 | 83.4 |
| 4  | 0.9   | 0.5 | 0.5 | 69.2 | 88.5 | 92.1 | 83.3 |
| 5  | 0.9   | 0.5 | 0.5 | 68.1 | 89.0 | 92.0 | 83.0 |

#### IV. 결론

최근 내용기반 영상 검색은 특징을 하나만 사용하는 것이 아니라 두 개 이상의 특징을 사용한다. 그러나 여러 개의 특징을 사용할 때 각 특징의 가중치는 제안자의 주관적인 결정이나 수동적인 설정에 의해서만 가능한 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 퍼지 적분을 이용하여 가중치를 능동적으로 설정하는 방법이 제안되었다. 이 방법 역시 퍼지 측도를 설정하는 부분에서 주관적인 결정이 들어가는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 측도를 임의의 값이 아닌 가능한 모든 값들을 가변적으로 적용하여 최적의 퍼지 측도 값을 얻었다.

향후 연구과제는 다양한 영상에 대한 실험을 하여야하고, 영상의 유형에 따른 정형화된 최적의 퍼지 측도 값을 얻는 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] L. Besson, A. D. Costa, E. Leclercq, and M. N. Terrasse, "A CBIR -framework- using both syntactical and semantical information for image description," Proceedings of Database Engineering and Applications Symposium 2003, pp.385-390, 2003.
- [2] D. W. Kim, Y. J. Song, U. D. Chang, and J. H. Ahn, "Adaptive Content-Based Image Retrieval Using Optimum Fuzzy Weight Value," LNCIS No.345, pp.676-682, 2006.
- [3] M. Sugeno, "Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals: A Survey," in Fuzzy Automata and Decision Processes, pp.89-102, 1977.
- [4] 권순학, "퍼지 집합, 퍼지 측도 및 퍼지 적분," 제어자동화시스템 공학회지, 제1권, 제3호, 1995.
- [5] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color indexing," International Journal of Computer Vision, Vol.7, No.1, pp.11-32, 1991.
- [6] Y. G. Wu and J. H. Liu, "Image Indexing in DCT Domain," Proceedings of ICITA 2005, Vol.2, pp.401-406, 2005.
- [7] H. Yuan, X. P. Zhang, L. Guan, "A statistical approach for image feature extraction in the wavelet domain", Proceedings of IEEE CCECE 2003, Vol.2, pp.1159-1162, 2003.

- [8] A. K. Jain and A. Vailaya. "Shape-based retrieval: A case study with trademark image databases," *Pattern Recognition*, Vol.31, No.9, pp.1369-1390, 1998.
- [9] J. H. Han, D. S. Huang, T. M. Lok, and M. R. Lyu, "A novel image retrieval system based on BP neural network," *Proceedings of IJCNN2005*, Vol.4, pp.2561-2564, 2005.
- [10] J. Z. Wang, J. Li, and G. Wiederhold, "SIMPLicity: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, No.9, pp.947-963, 2001.