

색상 및 형태 정보를 이용한 내용 기반 영상 검색

김현술, 박호연, 박상희
연세대학교 전기·컴퓨터공학과

Content-based image retrieval using color and shape information

Hyun-Sool Kim, Ho-Yeun Park, Sang-Hui Park
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Yonsei University

Abstract - 본 논문에서는 HSV 공간에서의 색상 히스토그램을 이용하여 분할을 수행하여 얻어진 색상 정보와 영상의 에지를 추출한 후 각각의 에지 포인트에 대한 기울기를 히스토그램으로 만들어서 얻어지는 형태 정보를 이용하여 색상 영상 데이터베이스 상에서 영상 검색을 수행할 수 있는 방법을 제시한다. 트레이드마크 영상 데이터베이스에 대해 영상 검색을 수행하여 기존의 영상 검색 방법과의 비교를 통하여 제안한 방법의 우수함을 보이고 일반 영상 데이터베이스의 검색에도 우수하게 적용 가능함을 제시하고자 한다.

1. 서 론

내용 기반 영상 검색 기술은 영상 데이터베이스 구축 시 요구되는 연구분야로서 질의(query) 자료로 영상 자체를 제시하면 질의 자료를 분석하여 색상, 형태 등의 정보를 추출하여 영상 데이터베이스 상에서 가장 유사한 내용을 제시하는 기술이다. 요즘 많은 정보들이 멀티미디어화, 디지털화 되고 있으며 또한 저장 장치 기술의 발전으로 인하여 많은 자료들의 데이터베이스가 구축되고 있다. 그 중에서도 특히 스케너 및 디지털 카메라 등의 보급으로 많은 영상 자료들의 데이터베이스가 구축되고 있으며 이러한 광대한 영상 데이터베이스 상에서 원하는 영상을 일일이 찾아내는 일은 많은 시간과 노동을 필요로 한다. 따라서 원하는 영상과 유사한 영상이나 정보(예를 들면 색상이나 형태 등)를 질의 자료로 제시하고 자동적으로 질의 자료와 유사한 영상들을 순서대로 출력하면 검색 시간을 단축할 수 있으며 효율적인 검색이 가능하다. 현재 영상의 정보로서 색상, 형태, 텍스처 등의 특징을 사용하는 내용 기반 영상 검색법이 많이 연구되고 있다.

본 연구에서는 영상의 특징으로 색상 분할을 통해 얻어진 영상 고유의 색상 및 그 색상의 전체에 대한 비율, 그리고 형태 정보로 에지 영상의 기울기 정보를 추출하여 색상 및 형태 정보를 동시에 고려하는 영상 검색 기술을 제안하고자 한다.

2. 색상 정보 기반 검색

색상은 데이터베이스 상의 영상들에 대한 인덱싱을 구축하는데 가장 중요한 저수준의 정보를 가지고 있다. 영상 검색을 위한 특징 파라미터로 주로 사용되고 있으며 특히 색상 히스토그램은 계산과 정보표현에 있어서 간결하기 때문에 가장 많이 사용되고 있다[1,2]. 그러나 색상 히스토그램을 인덱싱에 사용하는데 있어서 많은 단점이 있다[1]. 첫째, 색상 히스토그램은 많은 차원을 줄이기 위해 양자화 과정을 필요로 한다. 이 양자화 과정이 어떠한 방식으로 수행되어야 하는지 정확한 규칙이 없을 뿐만 아니라 또한 색상 정보의 손실을 가져온다. 둘째로 히스토그램은 영상의 전체적인 색상 정보만을 얻어낼 뿐 어떠한 공간적인 정보도 이용할 수 없다. 이러한 단점들로 인해 색상 히스토그램을 이용한 방법은 제한된 검색

성능을 가지기 때문에 최근에는 특정 추출 및 인덱싱을 위해 색상 분할 기술을 사용하는 방법이 연구되고 있다. 색상 분할은 인간의 시각 처리 과정의 중요한 요소라는 점에서 그 관심이 커지고 있다. 본 연구에서는 색상 정보를 추출하기 위해서 HSV 공간에서의 색상 분할 방법을 적용하고자 한다.

2.1 분할

영상내에 유사한 색상을 가지는 영역들을 추출하기 위해서 회귀적인 HSV 공간 분할을 적용한다. HSV 공간에서의 분할은 이미 그 성능이 검증되었으며 또한 빠르고 자동적으로 수행될 수 있기 때문에 RGB 공간대신 이용하였다[1]. HSV 공간에서는 유사한 Hue 성분을 가지면 유사한 색상을 가진 것으로 판정할 수 있다. RGB 공간으로부터 HSV 공간으로의 변환은 다음 식 (1)에 의해 가능하다.

$$H_1 = \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right) \quad (1-a)$$

여기서, $H = \begin{cases} H_1, & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - H_1, & \text{otherwise} \end{cases}$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (1-b)$$

$$V = \frac{\max(R, G, B)}{255} \quad (1-c)$$

이 방법에서 분할을 위해 색상 정보의 대부분을 가지고 있는 Hue 히스토그램의 피크들을 thresholding 한다. 이때 Saturation과 Value 정보를 적절히 고려한다. 색상 분할 과정은 그림 1과 같다[1].

2.2 색상 정보를 이용한 검색

위 색상 분할 단계를 수행하게 되면 결과로서 영상에 포함된 색상들의 평균 R, G, B 값 및 각 색상들의 영역이 전체 영상에서 차지하는 비율이 얻어진다.

본 연구에서는 이들 결과들을 이용하여 다음과 같은 방법으로 색상 정보를 통한 영상 검색을 수행한다.

두 영상 I_n 과 I_m 에 대해 각각 색상 분할을 수행하여 얻어진 색상의 수를 N_n , N_m 각각의 색상들 $C_n = \{R_i, G_i, B_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_n$, $C_m = \{R_i, G_i, B_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_m$, 또한 각각의 색상의 비율을 $R_n = \{r_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_n$, $R_m = \{r_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_m$

이라 할 때 색상 정보를 이용한 두 영상의 거리 비교는 다음과 같은 방법으로 수행된다. 두 영상 중에서 분할 결과 적은 색상 수를 가지는 영상을 기준으로 해서, 예로 $N_n > N_m$ 인 경우, $C_m = \{R_i, G_i, B_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_m$ 을 기준으로 해서 각각의 색상 i 에 대해 거리 $D_{ij} = \sqrt{(R_i - R_j)^2 + (G_i - G_j)^2 + (B_i - B_j)^2}$, $j = 1, 2, \dots, N_n$ 을 계산하여 최소가 되는 색상 j 를 찾아준다. 여기에

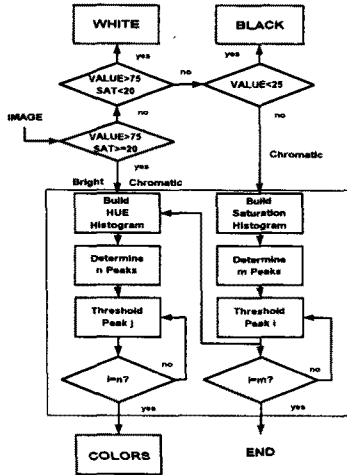


그림 1. HSV 공간상에서 분할 과정

$(1 + \frac{D_{ij}}{\sqrt{3}})(1 + 10 \cdot |r_i - r_j|)$ 식을 이용해서 두 색상의 차이를 계산한다. 이러한 방식으로 N_m 개의 색상에 대해 색상차를 구해 모두 합한 값을 두 영상의 유사성을 비교하는데 사용하였다.

3. 형태 정보 기반 검색

형태 정보를 추출하기 위한 방법으로 체인 코드, 저나이크 모멘트, 퓨리어 묘사, 불변 모멘트 등이 많이 사용되어지고 있다[2]. 본 연구에서는 형태 정보를 표현하기 위해 에지 영상에서 각 에지점들의 기울기 히스토그램을 얻어 비교하는 방법을 제안하였다.

3.1 기울기 히스토그램

각각의 영상에 대해 에지 영상을 구하게 되면 에지 영상에는 영상 내에 포함되어 있는 물체들의 윤곽에 대한 정보들이 나타난다. 본 연구에서는 이러한 에지들의 방향을 이용하여 영상내의 물체의 형태 정보를 표현하고자 하며, 이를 위해 각 에지점에서 주변 에지점 위치들에 대해 최소 자승법을 적용하여 기울기를 구하고 이를 히스토그램으로 만들어 표현하였다. 그림 2를 보면 각 에지 픽셀을 중심으로 해서 주변의 에지에 대해 식 (2)를 이용하여 기울기를 구한 후 이를 각도로 변환하여 $0 \sim 180^\circ$ 구간의 히스토그램을 구축한다. 식 (2)는 직선 $g(x) = mx + c$ 에 대해 최소 자승 적합화를 수행할 때 얻어지는 기울기이다.

$$m = \frac{N \sum_{k=1}^N x_k g(x_k) - \sum_{k=1}^N x_k \sum_{k=1}^N g(x_k)}{N \sum_{k=1}^N x_k^2 - (\sum_{k=1}^N x_k)^2} \quad (2)$$

여기서, N은 고려되는 총 데이터 수이다.

3.2 형태 정보를 이용한 검색

영상에 포함된 물체들에 대한 형태정보로서 에지 영상에 대한 기울기 히스토그램을 사용하였으며 이를 이용하여 형태정보 기반 검색을 하기 위해서는 각각의 히스토그램을 비교하여야 한다. 기울기 히스토그램에서 같은 물체에 대해 물체의 이동, 회전, 크기변화를 줄 때 기울기 히스토그램은 변화를 보이지만 그 모양의 변화를 예측할 수 있다. 즉, 물체의 이동의 경우에는 히스토그램의 변화가 없고, 회전을 줄 경우에는 히스토그램의 이동이

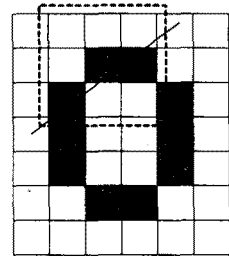


그림 2. 에지 영상에 대한 기울기 계산

생기며, 크기 변화를 준 경우에는 히스토그램의 크기가 변화한다. 이러한 경우 히스토그램에 대해 DFT(Discrete Fourier Transform)을 하고 정규화시키면 모두 같은 결과가 나오게 된다. 따라서 N개의 영상으로 구성된 영상 데이터베이스에 대해 기울기 히스토그램 $H_i[n]$, $i=1,2,\dots,N$, $n=0,1,\dots,179$ 이 얻어지고 질의 영상의 기울기 히스토그램 $H_q[n]$ 에 대해 다음과 같은 방법으로 거리를 비교하여 검색을 수행한다. 두 영상 I_n 과 I_m 에 대한 기울기 히스토그램이 $H_n[n]$, $H_m[n]$ 이라고 하고 각각의 기울기 히스토그램에 대해 DFT를 적용한 후 정규화한 값들을 $F_n[n]$, $F_m[n]$ 라 하면 두 영상의 형태 정보를 이용한 거리는

$$D_{nm} = \sum_{i=0}^{179} |F_n[i] - F_m[i]| \quad (3)$$

로 계산하여 비교하였다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험

본 연구에서는 128×128 크기의 100개의 트레이드마크 영상 데이터베이스를 이용하여 영상 검색에 대한 실험을 수행하였다. 또한 각각의 영상에 대해 10° , 45° , 90° 회전한 영상 등에 대해서도 실험을 수행하여 회전에 대한 성능도 고려하였다. 검색 실험은 색상만을 이용한 검색, 형태 정보만을 이용한 검색, 색상과 형태 정보를 동시에 고려한 방법 등을 실험하였다. 또한 색상 정보만을 이용하는 히스토그램 인덱싱 방법도 실험하여 제안한 방법과 성능을 비교하였다.

4.2 실험 결과

4.2.1 형태 정보를 이용한 검색

1개의 트레이드마크 영상을 질의 자료로 제시했을 때 형태 정보를 이용한 검색 결과는 그림 3과 같다. 여기서 질의 영상은 데이터베이스 상의 한 영상의 10° 회전한 영상이다.



(a) 질의영상 (b) Rank 1 (c) Rank 2 (d) Rank 3

그림 3. 형태 정보를 이용한 검색 결과

4.2.1 색상 및 형태 정보를 이용한 검색

1개의 데이터베이스 상의 영상을 질의 영상으로 제시했을 때 검색 결과는 그림 4와 같다. 색상 정보만을 이용한 결과, 형태 정보만을 이용한 결과 및 색상과 형태

정보를 동시에 고려한 결과를 함께 제시함으로써 서로간의 동작 특성을 볼 수 있다. 색상 정보만을 이용한 경우의 검색에서 색상 정보는 히스토그램 인터색션 방법을 이용하여 검색한 결과이고, 색상과 형태를 동시에 고려한 경우의 색상 정보는 HSV 공간에서 색상 분할을 수행하여 얻어진 결과이다.



(a) 질의 영상

Rank	Color	Shape	Color & Shape
1			
2			
3			
4			

(b) 검색 결과

그림 4. 내용 기반 영상 검색 결과

결과를 보면 형태 정보를 사용하여 검색을 수행하면 질의 영상과 유사한 윤곽을 가진 영상들이 결과로 나타남을 볼 수 있다. 그림 4의 경우 질의 영상이 타원 성분을 가지고 있기 때문에 데이터베이스 상에서 유사한 형태를 가진 영상이 제시됨을 볼 수 있다. 여기에 색상 정보를 함께 고려함으로써 색상 및 형태가 유사한 결과가 나타남을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 색상 영상 데이터베이스 검색을 위해 색상과 형태 정보를 동시에 고려하는 검색 방법을 제안하였다. 색상 정보는 HSV 공간에서 색상 분할을 수행하여 얻어진 정보를 이용하였고 형태 정보는 에지 영상에 대해 기울기 히스토그램을 얻어 DFT 변환값을 비교함으로써 이용하였다. 트레이드마크 영상 데이터베이스 상에서 실험 결과 색상 정보만을 이용한 검색 결과를 보면 영상을 색상 분할하여 대표색을 찾아내고 이 색상들의 비율을 구하여 비교했기 때문에 색상 분위기와 비율이 비슷한 영상들이 높은 순위로 나타났으며 주관적으로 판단해보면 성능이 비교적 우수하였다. 또한 이러한 방식

으로 색상 정보를 사용하여 검색을 하면 히스토그램 인터색션 방법에서는 불가능한 색상 정보 및 대략적인 비율을 질의 자료로 이용한 색상 검색이 가능하다. 형태 정보를 이용한 검색 결과를 보면 에지 영상에 대한 기울기 정보를 이용하였기 때문에 전체적인 윤곽이 비슷한 영상들이 높은 우선 순위를 보였다. 이동, 회전 등의 변화한 영상에 대해서는 원영상을 잘 검색해 내 영상의 환경변화에 대해서도 우수한 성능을 보였다. 또한 색상 및 형태 정보를 동시에 고려해 영상 검색을 수행하여 제안한 방법이 질의 영상과 색상 및 형태가 유사한 영상들을 잘 검색해 냄을 확인할 수 있었다. 제시한 방법은 검색시 질의 자료로 영상뿐만 아니라 색상 비율 및 사용자가 대략적으로 물체에 대한 스케치 정보를 제시함으로써도 검색이 가능하므로 그 응용분야가 다양할 것으로 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] D. Androutsos, et al., "A Novel Vector-Based Approach to Color Image Retrieval Using a Vector Angular-Based Distance Measure", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 75, Nos. 1/2, pp. 46-58, 1999
- [2] A. K. Jain, "Image Retrieval Using Color And Shape", *Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 8, pp. 1233-1244, 1996
- [3] B. M. Mehre, "Content-based Image Retrieval Using A Composite Color-Shape Approach", *Information Processing & Management*, Vol. 34, No. 1, pp. 109-120, 1998