

## 참조 히스토그램을 이용한 색상기반의 영상 검색 기법

이 상 광, 호 요 성  
광주과학기술원 정보통신공학과

### Color-based Image Retrieval using A Reference Histogram

Sang Kwang Lee and Yo-Sung Ho  
Kwangju Institute of Science and Technology(K-JIST)  
E-mail : sklee@kjist.ac.kr, hoyo@kjist.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we propose a color-based image retrieval scheme using a reference histogram. The color histogram has been widely used as a color feature for image retrieval. One of the most important steps in this approach is to reduce the histogram dimension with a minimum loss of color content. The K-means clustering algorithm works well for this purpose; however, it is difficult to compute the matching value between two images because the cluster center of each image is different. In this paper, we define the matching value based on a reasonable histogram. In this method, we map the cluster center into a pre-defined reference table and compute the matching value according to the distance between the cluster center and the corresponding reference value. In order to incorporate the spatial information, we extract an edge histogram based on edge classification.

색상, 색상 인터섹션(color intersection), 색상 쌍(color pair) 등과 같은 색상과 관련된 다른 특징들이 유도될 수 있다. 색상 인터섹션은 근접하는 3차원 물체를 분류하기 위해 색상 색인에 이용되었으며[2], 색상 쌍은 근접하는 색상 영역의 공간적인 상관관계를 포착하기 위해 동영상 색인에 이용되었다[3]. 하지만, 히스토그램은 어떠한 공간적인 정보도 포함하고 있지 않기 때문에 다음과 같은 단점도 가지고 있다.

- (a) 휘도와 농도에 매우 민감하다.
- (b) 히스토그램 인터섹션을 전혀 포함하고 있지 않은 두 개의 유사한 색상 영상이 존재한다.

최근 위에서 언급한 (b)의 문제를 해결하기 위해 공간적인 정보를 색상에 부합시키기 위한 몇 가지 접근 방법이 연구되어 왔다[4, 5, 6]. 본 논문에서는 색상기반의 영상 검색을 위한 참조 히스토그램(reference histogram)을 정의하였으며, 공간 정보를 부합시키기 위해 불특기반의 윤곽선 분류를 응용하여 윤곽선 히스토그램(edge histogram)을 이용하였다.

#### 1. 서론

앞으로의 영상 데이터베이스나 비디오 서버 등과 같은 거대한 영상정보 시스템을 위해 영상의 내용을 기반으로 하는 영상 색인(indexing), 영상 접근(accessing), 또는 영상 조작(manipulation)에 대한 효과적이고 효율적인 방법이 요구된다. 일반적으로, 그러한 방법들 중에는 영상의 내용을 기반으로 하는 영상 검색이 좀 더 바람직한 것으로 평가되고 있다. 즉, 영상으로부터 기본적인 특징들을 자동적으로 추출하고 이러한 특징들을 기반으로 영상을 검색할 필요성이 있다. 인간은 영상의 내용을 이해하고 연상하는데 주로 색상(color), 모양(shape), 질감(texture) 등을 이용한다. 따라서, 영상 검색에 있어서 이러한 속성을 기반으로 하는 특징들을 이용하는 것은 자연스러운 일이다.

색상기반의 영상 검색은 다음과 같은 장점을 포함한다.

- (a) 모양이나 질감 등과 같은 다른 특징들에 비해 잡음 배경의 복잡성에 덜 민감하다.
- (b) 영상의 크기나 방향에 독립적이다.

색상 히스토그램은 QBIC(Query by image and video content)[1]에서 이용되었다. 색상 히스토그램으로부터 평균

#### 2. 히스토그램 인터섹션

색상은 영상을 검색하는데 중요한 역할을 한다. 한 영상의 색상 정보는 색상 히스토그램으로 표현될 수 있다. 색상 히스토그램은 영상의 회전과 이동에 관계없이 변하지 않는다. 색상 히스토그램을 기반으로 하는 영상 검색 방법은 모양이나 질감의 속성을 기반으로 하는 영상 검색 방법보다 빠르다.

색상 인터섹션은 색상 히스토그램을 기반으로 한다. 만약 색상이 RGB 요소들로 표현된다면, 영상의 색상 정보에 대한 특성을 표현하는데 이용되는 특징 벡터는 3차원 색상 히스토그램으로 결정된다.  $Q$ 와  $I$ 를 각각  $n$ 개의 bin을 포함하는 질의 영상과 데이터베이스 영상의 히스토그램이라 하면, 유사성을 나타내는 인터섹션  $H(Q, I)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$H(Q, I) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(Q_i, I_i)}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (1)$$

인터섹션은 모든 데이터베이스 히스토그램에 대해 계산하며, 데이터베이스 영상이 질의 영상에 가까울수록 1에 가까운 값이 된다. 즉, 질의 영상과 유사한 영상은 두 영상의 유사성을 나타내는 인터섹션 값에 따라 구해진다.

### 3. 참조 히스토그램

본 논문에서 제안한 영상 검색 과정은 (1) 색상 공간의 선택, (2) 색상 공간의 양자화, (3) 참조 히스토그램과 윤곽선 히스토그램 계산하여 질의 영상과 데이터베이스 영상 간의 유사성 계산의 세단계로 이루어진다.

#### 3.1 색상 공간

RGB 모델은 색상 TV 모니터와 색상 비디오 카메라 등에 유용하게 이용 지만, 한 색상을 다른 색상과 구분하는데 사용는 일반적인 특성은 색조(hue), 채도(saturation), 명도(intensity)이다. 이러한 HSI 색상 공간은 그림 1과 같이 원뿔로 나타낼 수 있다.

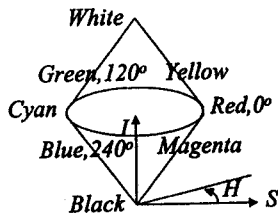


그림 1. HSI 색상 공간

색조는 빛의 파동이 혼합된 상태에서 가장 우세한 파동에 관련된 속성이다. 또한, 수직축을 중심으로 하는 각도로 측정며, 0°로부터 360°까지의 범위를 갖는다. 즉, 관찰자에 의해 인지된 색상 중에 가장 우세한 색상을 나타낸다. 채도는 상대적인 순도, 즉, 색조에 혼합된 백색의 양을 나타내며, 1에 가까울수록 높은 순도의 색상값을 가진다. 또한, HSI 모델에서 명도는 영상의 색상 정보로부터 독립적인 요소를 포함하며, 1에 가까울수록 밝은색에 가까워진다.

본 논문에서는 이러한 장점들을 취하여 더 나은 영상의 색상 정보 포착하기 위해 HSI 공간에서 색상 영상 검색을 수행한다. RGB 공간에서 HSI 공간으로의 변환 과정은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{3}(R+G+B) \\
 S &= 1 - \frac{3}{R+G+B}[\min(R,G,B)] \\
 H &= \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \quad (2)
 \end{aligned}$$

#### 3.2 색상 공간의 양자화

본 논문에서는, RGB 공간을 16x16x16 bins로 균일하게 표본화 한 후, 3.1 절에서 언급한 HSI 색상 공간으로 변환한

다. HSI 공간에서의 4,096 색상은 K-means clustering algorithm[7]을 이용하여 12개의 색상 bin으로 분류된다. 그림 2는 그 과정을 설명해 주고 있다.

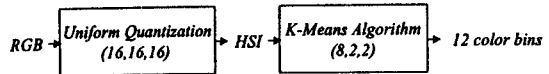


그림 2. 색상 공간의 양자화 과정

색조의 양자화에 각별한 주의가 요구 는데, 8 레벨의 원형 양자화(circular quantization)로 만족할 정도의 결과를 얻을 수 있다. 또한, 채도와 명도는 0에서 1까지의 범위를 갖는데, 2 레벨로 각각 양자화하였다.

#### 3.3 참조 히스토그램(reference histogram)

질의 영상과 데이터베이스 영상 간의 유사성을 좀 더 논리적인 관점에서 측정하기 위해, 본 논문에서는 사상 히스토그램을 정의하고 이를 기반으로 새로운 유사성 함수를 정의하였다.

각 영상에 대해 균질된 색상의 중심값이 서로 다르기 때문에, 이를 비교하기 위해 각 중심값을 미리 정의된 참조 표(reference table)와 비교하여 표에 따른 참조값으로 사상시킨 후, 색상 중심값과 사상된 참조값과의 차이를 고려한 새로운 유사성 함수를 정의하였다. 그 과정은 다음과 같다.

- 64 색상으로 균일하게 표본화된 참조표를 만든다.
- Nearest neighborhood rule을 이용하여 색상 중심값을 참조표를 비교한 후, 각 중심값에 대한 참조값을 구한다. 여기서, 질의 영상과 데이터베이스 영상에 대한 참조값의 히스토그램을  $Q'$ 와  $I'$ 라 한다.
- 색상 중심값과 상응하는 참조값 사이의 거리를 계산한다. 여기서, 질의 영상과 데이터베이스 영상에 대해 계산된 거리를  $d_q$ 와  $d_i$ 라 한다.
- 마지막으로, 다음과 같이 정의된 유사성 함수  $S(Q, I)$ 를 계산한다:

$$S(Q, I) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(Q_i, I_i) \exp(-D_i/T)}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (3)$$

여기서  $D_i = |d_{qi} - d_{ii}|$ 이고,  $T$ 는 상수이다.

### 4. 색상과 윤곽선 정보의 조합

색상 히스토그램은 관찰자의 큰 변화에도 강인하며 쉽게 계산므로 내용기반의 영상 검색에 널리 이용되고 있다. 하지만, 공간 정보를 포함하고 있지 않아 서로 다른 두 영상이 유사한 히스토그램을 갖는 경우도 있다. 본 논문에서는 불특기반의 윤곽선 분류를 이용하여 공간 정보를 포함시켰다.

#### 4.1 불특기반의 윤곽선 분류

본 절에서는 DCT 계수의 일부를 이용하여 불특을 기반

으로 윤곽선을 분류하는 방법을 설명한다.  $B \times B$  크기의 영상 블록에 대해, 상응하는 DCT 계수  $C(u, v)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$C(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{m=0}^{B-1} \sum_{n=0}^{B-1} f(m, n) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{2B} \cos \frac{(2n+1)v\pi}{2B} \quad (4)$$

여기서,  $\alpha(0) = \sqrt{1/B}$ ,  $\alpha(u) = \sqrt{2/B}$ ,  $u=1, 2, \dots, B-1$ 을 나타내며,  $f(m, n)$ 은 원 영상을 나타낸다.

본 논문에서는,  $8 \times 8$  크기의 영상 블록을 고려하였으며, 색상 영상으로부터 명도값을 구하여 이용하였다. 64 개의 DCT 계수들 중에 각각 수직 윤곽선과 수평 윤곽선을 나타내는  $C(0,1)$ 과  $C(1,0)$ 만을 이용하였으며, 두 계수를 이용하여 각 블록의 윤곽선 방향을 결정하였다. 그림 3은 그 과정을 설명해주고 있으며,  $C_{ver} = C(0,1)$ ,  $C_{hor} = C(1,0)$ 이다.

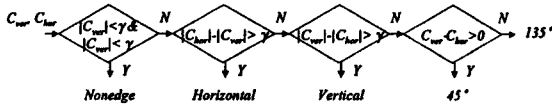


그림 3. 블록기반의 윤곽선 분류 알고리즘[8]

그림 3의 알고리즘에서  $\gamma$ 는 윤곽선 분류의 민감성을 조절해 주는 충분히 작은 상수이다. 그림 4는 윤곽선 분류 알고리즘에 의해 평탄한 블록들을 추출한 결과이다. 그림에서 보듯이, 원 영상에서 변동이 적은 블록들이 잘 분류되었으며, 마찬가지로 방법으로 각 방향에 대한 윤곽선 분류를 수행할 수 있다.

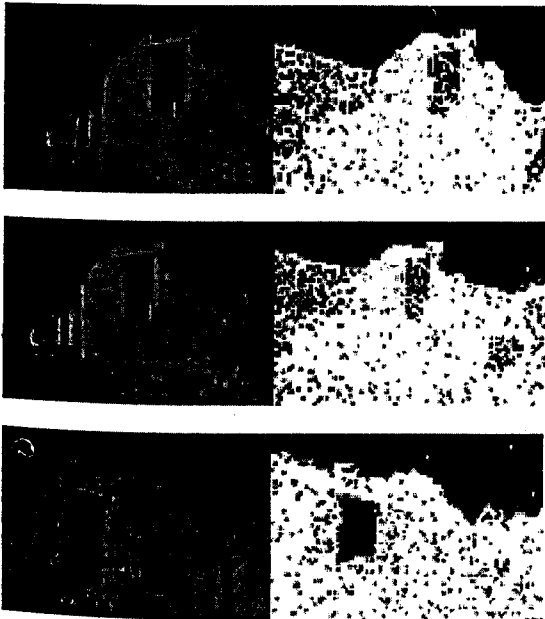


그림 4. 블록기반의 윤곽선 분류 결과

#### 4.2 블록기반의 윤곽선 방향을 고려한 유사성 함수

$S_C(Q, I)$ 과  $S_E(Q, I)$ 를 각각 색상과 블록기반의 윤곽선 히스토그램을 기반으로 하는 유사성 함수값이라 하면, 전체적인 유사성 함수값  $S_T$ 는 다음과 같이 계산된다:

$$S_T(Q, I) = \omega_C S_C(Q, I) + \omega_E S_E(Q, I) \quad (5)$$

여기서,  $S_C(Q, I)$ 는 3절에서 정의한 참조 히스토그램을 이용한 유사성 함수값이며,  $S_E(Q, I)$ 는 윤곽선 히스토그램 인터섹션값을 나타낸다.  $\omega_C$ 과  $\omega_E$ 는 각각 색상과 윤곽선에 대한 가중 계수이며,  $\omega_C + \omega_E = 1$ ,  $\omega_C, \omega_E > 1$ 을 만족한다. 또한,  $S_E(Q, I)$ 는 윤곽선 방향에 따라  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 로 분리될 수 있으며, 이에 따라 데이터베이스의 저장 용량과 질의 결과 사이에 절충(trade off)이 이루어진다. 여기서 유사성 함수값이 1에 가까울수록 유사한 영상이 된다.

### 5. 실험 결과 및 분석

실험에서는 MPEG-7 테스트 자료들 중 CD No. 8에서 제공된 108개의 정지 영상들을 사용하였다. 질의 영상은 그림 5와 같이 비교적 윤곽선이 뚜렷한 영상을 선택하였다.



그림 5. 질의 영상

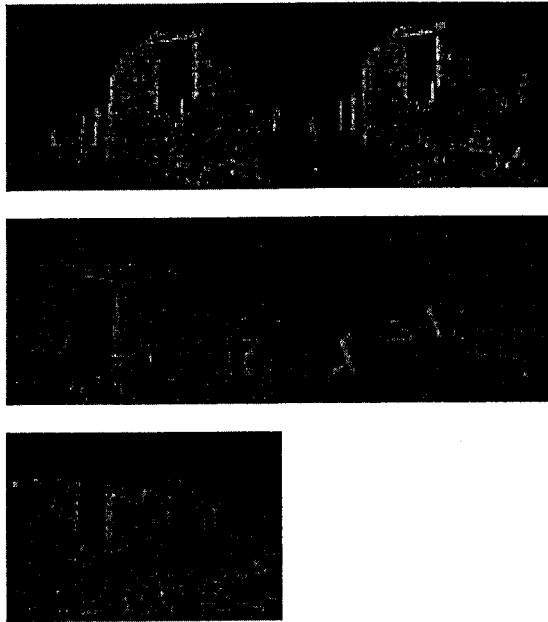
실험에서 고려해야 할 몇 가지 상수들이 있다. 식(3)의 유사성 함수에서의  $T$ 는 1로 설정하였으며, 그림 3의 블록기반의 윤곽선 분류 알고리즘에서의  $\gamma$ 는 7.12로 설정하였다. 또한, 식(5)에서의  $\omega_C$ 과  $\omega_E$ 는 각각 0.5로 놓았다. 일반적으로, 색상기반의 질의가 윤곽선기반의 질의보다 더 정확하므로, 색상에 좀 더 높은 가중치를 두는 것도 하나의 방법이다.

실험은 다음과 같이 2가지로 수행되었다.

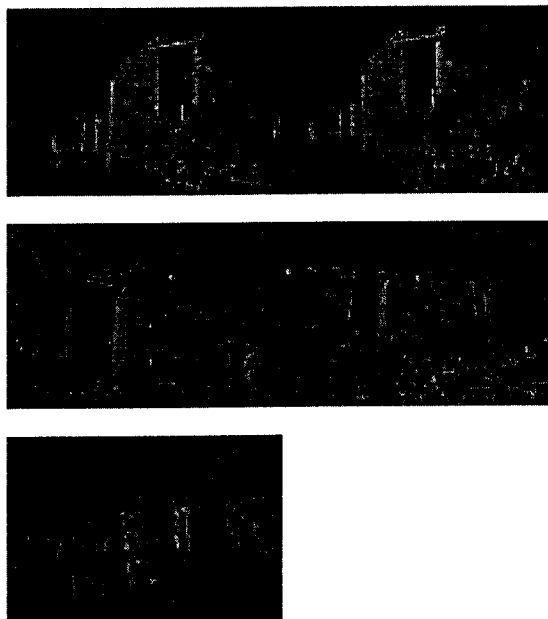
- (a) K-means clustering algorithm을 이용하여 양자화를 수행한 후, 참조 히스토그램을 이용한 방법.
  - (b) (a)와 블록기반의 윤곽선 분류 정보를 조합한 방법.
- (b)의 블록기반의 윤곽선 분류 방법은 간단하게 평탄한 영역과 윤곽선 영역만으로 분류하였다.

그림 6은 질의 영상에 대한 5개의 후보 영상들을 보여주고 있다. 질의 영상과 같은 영상의 유사성이 가장 커서 정확하게 정합이 되는 것을 관찰할 수 있다. 또한, (b)의 방법이 더욱더 질의 영상에 유사한 후보 영상들을 검색하였음을 볼 수 있다.

실험의 객관적인 평가를 위해 각 색상 요소에 대해 다음과 같이 질의 영상과 그에 유사한 영상으로 검색된 영상들 중 5개의 후보 영상까지의 MSE 값의 합을 측정하였다.



(a) 참조 히스토그램을 이용한 방법



(b) 색상과 윤곽선 정보를 조합한 방법

그림 6. 질의 결과

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (q_{ij} - i_{ij})^2 \quad (6)$$

여기서  $M, N$ 은 각각 영상의 수평, 수직 크기를 나타낸다.  $q_{ij}, i_{ij}$ 는 각각 질의 영상과 데이터베이스 영상에 대한  $(i, j)$  위치에서의 색상 요소값을 나타낸다. 각  $MSE$  값을 비교해 볼 때, 주관적인 평가와 유사하게 (b)의 방법이 더 작은  $MSE$  값을 나타내었다.

## 6. 결론

효과적인 색상기반의 영상 검색을 위한 참조 히스토그램을 제안하였다. 참조표를 이용하여  $K$ -means clustering algorithm에서 취급하기 곤란했던 문제들을 해결했으며, 그에 상응하는 논리적인 유사성 함수를 정의하였다. 또한, 블록기반의 윤곽선 분류를 이용하여 색상 히스토그램의 단점을 보완할 수 있는 영상의 속성을 추가했으며, 실험 결과는 제안한 방법이 우수함을 보여주었다. 앞으로의 연구에서는 계산량과 성능 사이의 균형을 고려하여 데이터베이스로부터 원하는 영상을 검색하는 좀 더 합리적인 방법이 연구 여야 한다.

## 7. 감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 초고속광네트워크연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

## 참고 문헌

- [1] M. Flicker *et al.*, "Query by image and video content: The QBIC system," *IEEE Computer*, vol. 28, no. 9, pp. 22-32, Sept. 1995.
- [2] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color indexing," *Int. Journ. of Computer Vision*, vol. 7, no. 1, pp. 11-32, 1991.
- [3] A. Nagasaka and Y. Tanaka, "Automatic video indexing and full-video search for object appearance," *In Video Database System*, Elsevier Science Publishers B. V., pp. 113-127, 1992.
- [4] J. R. Smith and S. F. Chang, "VisualSEEK: A fully automated content-based image query system," *ACM Multimedia Conference*, 1996.
- [5] M. Stricker and A. Dimai, "Color indexing with weak spatial constraints," *SPIE Proceedings*, vol. 2670, pp. 29-40, 1996.
- [6] J. Huang and R. abih, "Combining color and spatial information for content-based image retrieval," *Image Understanding Workshop*, 1997.
- [7] J. T. Tou and R. C. Gonzalez, *Pattern Recognition Principles*, Addison-Wesley, 1974.
- [8] 김상구, 신정호, 백준기, "영상 열화시스템의 추정 기법을 위한 연구," 신호처리합동학술대회 논문집, 제 10권, 1호, pp. 105-108, 1997. 10.