

Quadtree 구조를 사용한 색상 특징 추출 기반 영상 검색 시스템의 구현

최창규, 정성일, 최병걸, 이시영, 김승호
경북대학교 컴퓨터공학과

Implementation of a Content-Based Image Retrieval System Based on Color Feature Extraction Using Quadtree Structure

Chang-Gyu Choi, Seong-II Cheong, Byung-Geol Choi, Si-Young Lee, Sung-Ho Kim
Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

본 논문에서는 Quadtree 구조를 기반으로 한 효율적인 색상 정보 추출과 영상 검색을 수행하는 시스템을 설계하고 구현한다. 제안한 시스템은 원 영상으로부터 DC 영상을 추출하고, DC 영상의 화소들을 RGB에서 HSV의 색상 좌표계로 변환한다. 변환된 영상에서 색상의 분포에 따라 Quadtree 형태로 영역을 분할하고 대표 색상을 추출한다. 마지막으로 추출한 색상과 그 색상의 분포값을 영역의 위치에 따라 Quadtree의 단말 노드에 저장한다. 그리고, 사용자가 질의 영상을 주었을 때 Quadtree에 저장된 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 유사도 측정법을 통하여 결과 영상을 보여 준다. 본 논문에서 제안한 방법으로 실험한 결과 64개의 영역으로 나눈 방법에 비해 비교하는 평균 영역의 개수는 28.9개였고, 검색시간은 2~6초 정도 감소하였다. 또한, 전체 영상의 색상 정보 저장량도 25% 정도 줄어들었지만 질의에 대한 두 방법의 검색 결과는 유사하게 나타났다.

1. 서론

최근 대용량의 멀티미디어 데이터 증가 및 저장 장치의 고용량에 따라 관리되는 데이터의 양이 급증하고 있다. 특히, 멀티미디어 데이터를 데이터베이스화 시키고, 이 데이터들을 효율적으로 검색하는 연구의 필요성이 나타나고 있다. 따라서, 데이터에 있는 색상(color), 질감(texture), 모양(shape)등의 내용을 자동적으로 추출하고 저장, 검색하는 내용 기반 검색 시스템(content-based retrieval system)이 활발히 연구되고 있다 [1-6].

이러한 연구들 중에 색상을 자동적으로 추출하고 저장, 검색하는 몇몇 방법들이 제시되고 있다. 첫째, 색상의 히스토그램을 이용하여 영상을 검색하는 방법이 있다[2]. 이 방법은 쉽게 구현할 수 있으나, 색상 위치가 사라지고 유사도 측정에 많은 비용이 들어가는 단점이 있다. 둘째, 색상의 위치 정보를 나타내기 위하여 영상을 $N \times N$ 개의 영역으로 나누는 방법이 있다[2, 6]. 이 방법은 각 영역에서 히스토그램을 구하고 대표색상만을 추출하여 색상의 위치 정보와 저장할 데이터의 양을 줄인 것이다. 그러나, 영상 검색시 N^2 만큼의 영역을 비교해야 하고, 배정처럼 유사한 색상이 있는 부분도 일정 크기로 나눔으로써 저장 공간의 비효율성을 가진다.

본 논문에서는 위의 문제점을 보완하기 위해 Quadtree 구조 [7, 8]를 이용하여 영상의 영역을 가변적으로 나누고, 검색 시 비교할 영역의 수와 저장할 데이터의 양을 줄인다. 영상으로부터 색상정보를 추출하는 방법은, 먼저 원 영상으로부터 DC 영상을 추출하고, DC 영상의 화소들을 RGB에서 색의 인지가 용이한 HSV의 색상 좌표계로 변환한다. 변환된 영상에서 색상의

분포에 따라 Quadtree 형태로 영역을 분할하고 대표 색상을 추출한다. 마지막으로 추출한 색상과 그 색상의 분포값을 영역의 위치에 따라 Quadtree의 단말 노드에 저장한다. 그리고, 사용자가 질의 영상을 주었을 때 Quadtree에 저장된 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 유사도 측정법을 통하여 결과 영상을 보여 준다.

이와 같은 방법은 색상수가 많은 곳은 여러 개의 영역으로 나누어 보다 정확한 대표 색상을 추출할 수 있고, 색상수가 적은 영역은 그대로 두어, 검색 시 비교하는 영역의 수를 줄이고 검색 시간과 데이터의 저장량을 감소시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Quadtree 구조를 이용한 영역 분할과 색상 정보를 추출하고 유사도를 측정하는 방법에 대하여 설명한다. 3장에서는 실험 결과와 분석을 하고, 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 과제에 대하여 설명한다.

2. Quadtree 구조를 이용한 색상정보 추출과 유사도 측정

본 장에서는 영상에서 색상 정보를 추출하는 방법과 질의 영상과 데이터베이스 내의 영상들 간의 유사도를 측정하는 방법에 대하여 설명한다. 먼저, 영상에서 $n \times n$ 크기의 화소들의 평균값을 가지는 DC 성분을 추출한다[9]. 본 논문에서는 8×8 크기의 화소들의 DC 성분만을 가지는 DC 영상을 만드는데, 예를 들어 영상의 크기가 640×480 인 DC 영상은 80×60 이 된다. DC 영상에서 색상 정보를 추출할 경우 영상의 크기가 원래의 영상보다 $1/64$ 로 줄어들어 Quadtree 형성이 쉽고, 저장할 데이터량을 줄일 수 있는 장점이 있다.

다음 단계로 대표 색상을 추출하기 위하여 영상의 24 bit

RGB 칼라 영상을 색의 인지가 용이한 HSV의 색상 좌표계로 변환한 후, Quadtree 구조를 이용하여 대표 색상을 추출한다. 그림 1은 본 논문에서 구현된 시스템의 구성도를 나타낸다.

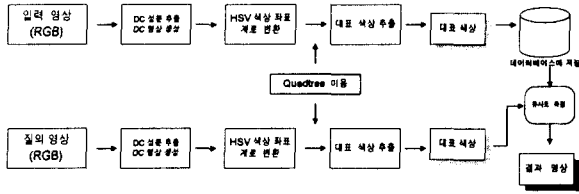


그림 1 전체 시스템 구성도

2.1 Quadtree 구조를 이용한 색상 정보 추출

본 절은 Quadtree를 이용하여 영상으로부터 색상 정보를 추출하는 방법에 대하여 설명한다. 첫 번째 단계는 DC 영상의 RGB 색상을 HSV 좌표계로 변환하는 것이다[2]. 대표 색상 추출을 위하여 H(Hue), S(Saturation), V(Value) 중 H성분을 32개의 구간으로 나누고, 각 구간을 0~31사이의 레이블을 붙인다. 색상 좌표계가 바뀐 영상의 모든 화소들은 각 화소들의 H성분의 값을 해당되는 레이블의 값으로 변환한다.

다음 단계는 DC 영상을 4등분하고, 각 1, 2, 3, 4분면의 화소들의 레이블을 보고, 영역을 분할하거나 대표 색상 레이블을 추출하게 된다. 한 영역에서의 색상 추출은 영역 내의 히스토그램을 구하여 레이블의 개수가 많은 4개의 색상 레이블을 선택한다. 만약, 식 (1)의 조건을 만족하면 4개를 대표 색상 레이블로 추출하고, 조건을 만족하지 않으면 4등분으로 분할한다.

$$\sum_{i=0}^3 C_i \geq 0.9 \quad (1)$$

$$C_i = \frac{R_{i_pixel}}{R_{total_pixel}}$$

식 (1)에서 R_{i_pixel} 은 i 번째의 대표 색상 레이블의 화소수를 나타내고, R_{total_pixel} 은 영역의 전체 화소수이다. 그리고 C_i 는 영역의 전체 화소수에서 해당되는 색상의 분포 값을 나타낸다. 추출된 4개의 대표 색상 레이블이 영역의 90%를 차지하지 않으면 그 영역은 분할되고, 영역의 크기가 전체 영상의 0.2% 이하가 되면 분할을 멈추게 된다.

전체 영상은 Quadtree 구조로 보면 레벨 0이 되고, 처음 분할된 4개의 영역은 레벨 1이 된다. 레벨 1에 해당하는 각 영역은 식 (1)의 조건에 따라 영역을 분할하거나 대표 색상을 추출하게 된다. 그림 2는 분할된 영상과 형성된 Quadtree를 보여 준다.

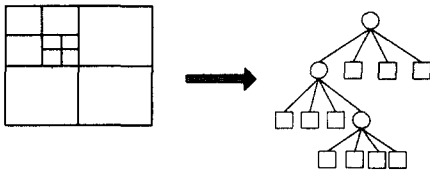


그림 2 영상으로부터 만들어 진 Quadtree 구조

트리의 단말 노드에는 대표 색상 레이블과 레이블의 분포값을 가지며, 하나의 영상으로부터 만들어지는 단말 노드의 수는 d 를 트리의 깊이라 할 때 $4^1 \sim 4^d$ 개가 된다. 예를 들어, 그림 2의 경우는 단말 노드의 수가 10이 된다.

2.2 유사도 측정

본 절에서는 사용자가 질의를 하였을 때, 유사한 영상 검색

을 위하여 데이터베이스에 저장된 영상의 색상 정보와 질의 영상의 색상 정보간의 유사도를 측정하는 방법을 설명한다. 유사도 측정은 Quadtree의 레벨 1인 한 노드와 그 노드에 포함되어 있는 단말 노드들의 정보(대표 색상 레이블, 대표 색상 레이블이 가지는 분포값)들을 이용한다.

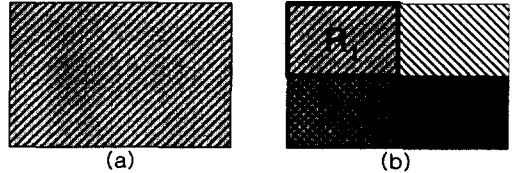


그림 3 비교하는 단말 노드의 레벨이 다른 경우

그림 3은 서로 비교하는 단말 노드의 레벨이 다른 경우를 보여 준다. 예를 들어, 그림 3 (b)를 질의 영상이라고 할 때, 4개 영역 중 R_1 이 그림 3 (a)와 같다. R_1 영역과 그림 3 (a)만을 보면 유사도가 1이 되지만, R_1 영역의 크기가 전체의 1/4밖에 되지 않으므로 전체 유사도는 0.25가 됨을 알 수 있다. 따라서, 유사도 측정시 비교하는 단말 노드의 레벨이 다른 경우도 고려해야만 정확한 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 비교하는 단말 노드들의 레벨이 서로 다를 경우와 같은 경우를 나누어 계산한 후, 이 두 경우를 더하여 유사도를 측정한다. 레벨 1이상이 되는 단말 노드의 유사도는 다음과 같다.

· 비교하는 단말 노드의 레벨이 다른 경우의 유사도

$$SO_m = \sum_{b=0}^m \left(\frac{1}{4} \right)^{\|level_b - level_d\|} \times P_{d_b} \quad (2)$$

$$level_b = \begin{cases} level_d & (level_d \geq level_b) \\ level_q & (level_d < level_b) \end{cases}$$

· 비교하는 단말 노드의 레벨이 같은 경우의 유사도

$$SE_n = \sum_{q=0}^n (P_{d_q} \times \left(\frac{1}{4} \right)^{level_q - 1}) \quad (3)$$

$$P_{d_q} = \frac{\sum_{b=0}^{(4 - null_label)} \frac{p_b}{4}}{(4 - null_label)} \quad (4)$$

식 (2)의 SO_m 은 비교하는 단말 노드의 레벨이 다른 경우의 유사도값이고, 식 (3)의 SE_n 은 비교하는 단말 노드의 레벨이 같은 경우의 유사도값을 나타낸다. 식 (2)에서 $level_d$ 는 비교하는 데이터베이스 영상의 단말 노드의 레벨이고 $level_q$ 는 질의 영상의 단말노드의 레벨을 의미한다. 식 (4)에서 P_{d_q} 은 비교하는 두 개의 단말 노드에서 색상 레이블이 같은 값들이 어느 정도 분포하는 지를 나타내고, 색상이 없는 경우를 null_label로 표시한다. 질의 영상에서 레벨 1인 한 노드에 대하여 비교하는 노드의 수는 레벨이 다른 단말 노드 m 개와 레벨이 같은 단말 노드 n 개가 된다. 따라서, $m+n$ 은 질의 영상의 레벨 1인 노드에 속한 단말노드수와 일치해야 한다. 식 (2)의 $\left(\frac{1}{4} \right)^{\|level_q - level_d\|}$

는 서로 비교하는 단말 노드의 크기를 고려한 것이고, 식 (2)의 $\frac{1}{(level_b)^2}$ 와 식 (3)의 $\left(\frac{1}{4} \right)^{level_q - 1}$ 는 비교하는 질의 노드와 이 노드를 포함하는 레벨이 1인 한 노드에 대한 크기를 고려한

것이다. 질의 영상에서 레벨 1에 속한 모든 단말 노드의 SO_m 과 SE_m 를 구한 후, 이 두 값을 더하면 레벨이 1인 한 노드의 유사도가 된다.

· 레벨이 1인 한 노드의 유사도

$$Sim_node = SO_m + SE_m \quad (5)$$

레벨이 1인 모든 노드의 유사도를 구한 후, 식 (6)에서 처럼 각 노드의 유사도를 합하면 질의 영상에 대한 유사도(Sim)를 구할 수 있다.

· 질의 영상과 데이터베이스 영상의 유사도

$$Sim = \frac{\sum_{i=1}^N Sim_node_i}{N} \quad (6)$$

N 은 질의 영상의 레벨 1의 노드 중에 색상이 없는 경우를 제외한 값이다. 만약 N 이 0이 되면 질의가 없는 경우가 된다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법은 Windows 98 운영체제에서 Pentium-pro 200MHz의 PC에서 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 640x480, 512x769, 1024x466 등의 크기를 가진 자연, 우주, 꽃, 동물 등 다양한 종류의 칼라 영상 1000장을 사용하였다. 전체 영상을 8x8로 나눈 방법[6]과 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 질의에 대한 검색 시 비교되는 영역의 수와 데이터베이스 내의 영상과 질의 영상간의 전체 검색 시간을 비교하였고, 마지막으로 질의에 대한 성능을 평가하였다.

전체 영상을 8x8로 나눈 경우 한 영상이 질의에 대하여 비교되는 영역의 수는 64개다. Quadtree를 기반으로 한 가변적인 영역 분할시 데이터베이스 내의 영상들의 분할 영역 수는 그림 4와 같았고, 비교되는 평균 영역의 수는 28.9개였다.

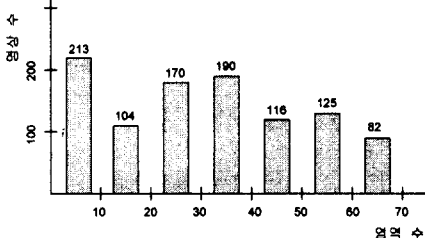


그림 4 영역 수에 따른 영상 수

본 논문에서 사용된 영상의 최소 비교 영역 개수는 4개였고, 최대 비교 영역의 개수는 64개였다. 검색 시간은 Quadtree를 기반으로 한 방법에서는 11~15초 정도인 반면, 일정 크기로 나눈 방법에서는 17초로 나왔다. 표 1에서 보면 비교 영역 수는 일정 크기로 나눈 방법에 비해 약 55%가 감소했으며 검색 시간은 2~6 초로 줄어들었음에도 불구하고 전체 데이터베이스 내의 검색결과는 유사했음을 알 수 있다.

표 1 두 방법에 대한 실험 결과

	평균 비교 영역수(개)	Precision	Recall
Quadtree 이용한 방법	28.901	0.734	0.703
일정 크기로 영역 분할 방법	64	0.746	0.695

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 Quadtree 구조를 이용하여 영역을 가변적으로 나누어 비교 검색할 영역의 수를 줄임으로써 검색 시간을 빠르게 하는 내용기반 검색방법을 제안하였다. 제안한 방법은 Quadtree 구조를 기반으로 하여 영역을 분할한 후 색상 정보를 추출하였고, 추출된 색상 정보는 영역의 위치에 따라 Quadtree의 단말 노드에 저장하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 색상들의 분포에 따라 가변적으로 영역을 나눔으로써 비교 검색할 영역의 수를 줄이고 데이터의 저장 공간을 감소시키는 장점이 있다. 실험 결과 일정한 영역으로 나눈 방법에 비해 저장 공간은 55% 정도로 줄어들었고, 검색 시간은 2~6 초 정도 빠르게 나타났다. 또한, 전체 데이터베이스 영상의 색상 정보 저장량은 25% 정도 감소하였다.

그러나, 본 논문에서 제안한 방법에서 배경은 같으나 개체(object)의 위치가 다를 경우 유사도가 감소하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 색상과 함께 개체의 모양 등의 정보를 가지고 더 정확한 영상 검색을 할 수 있는 방법의 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] X. Wan and C. C. J. Kuo, "A New Approach to Image Retrieval with Hierarchical Color Clustering," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, Vol. 8, No. 5, pp. 628-643, September, 1998.
- [2] 김철원, 최기호, "칼라 지정을 이용한 내용기반 화상검색 시스템 구현," 한국정보처리학회 논문지, 제 4권, 제 4호, pp. 933-943, 1997.
- [3] M. Flickner, "Query by Image and Video Content: The QBIC System," *IEEE Computer*, pp. 23-32, September, 1995.
- [4] H. C. Lin, L. L. Wang and S. N. Yang, "Regular-texture image retrieval based on texture-primitive extraction," *Image and Vision Computing* 17, pp. 51-63, 1999.
- [5] B. M. Mehre, M. S. Kankanhalli and W. F. Lee, "Shape Measures for Content Based Image Retrieval : A Comparison," *Information Processing & Management*, Vol. 33, No. 3, pp. 319-337, 1997.
- [6] I. K. Sethi, I. Coman, B. Day, F. Jiang, D. Li, J. Segovia-Juarez, G. Wei and B. You, "Color-WISE: A System for Image Similarity Retrieval Using Color," *Proceeding of SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database*, Vol. 3312, pp. 140-149, Feb., 1998.
- [7] J. Guo, A. Zhang, E. Remias and G. Sheikholeslami, "Image Decomposition and Representation in Large Image Database Systems", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 8, No. 2, pp. 167-181, June, 1997.
- [8] C. K. Li and H. Yuen, "A High Performance Image Compression Technique for Multimedia Applications," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 42, No. 2, pp. 239-243, May, 1996.
- [9] B. L. Yeo. and B. Liu, "Rapid Scene Analysis on Compressed Video," *IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology*, Vol. 5, NO. 6, pp. 533-544, December, 1995.