블록 컬러 특징과 패턴의 공간적 상관성을 이용한 영상 검색

Image retrieval using block color characteristics and spatial pattern correlation

채 석 민*, 김 태 수**, 김 승 진**, 이 건 일***
(Seok-Min Chae, Tae-Su Kim, Seung-Jin Kim, Kun-Il Lee)

Abstract - We propose a new content-based image retrieval using a block color co-occurrence matrix (BCCM) and pattern correlogram. In the proposed method, the color feature vectors are extracted by using BCCM that represents the probability of the co-occurrence of two mean colors within blocks. Also the pattern feature vectors are extracted by using pattern correlogram which is combined with spatial correlation of pattern. In the proposed pattern correlogram method, after block-divided image is classified into 48 patterns with respect to the change of the RGB color of the image, joint probability between the same pattern from the surrounding blocks existing at the fixed distance and the center pattern is calculated. Experimental results show that the proposed method can outperform the conventional methods as regards the precision and the size of the feature vector dimension.

Key Words : Block color co-occurrence matrix, spatial correlation, pattern correlogram

1. 서론

컴퓨터 및 네트워크 통신의 발달로 디지털 영상, 비디오, 및 오디오 데이터 등의 멀티미디어 데이터의 양이 급속하게 증가하고 있고, 이에 따라 방대한 양의 데이터베이스 내의 영상 중에서 사용자가 원하는 영상만을 효율적으로 검색 및 선택할 수 있는 영상 검색 기술들의 필요성이 요구되고 있다. 영상 검색 기술들 중에서 특히 내용 기반 영상 검색 방법은 컬러 (color), 질감 (texture), 및 모양 (shape) 등의 시각적 정보로부터 특징 벡터를 추출 및 비교한다. 이 방법은 데이터베이스 내의 영상 데이터 크기가 큰 경우에도 분류자의 주관적 판단의 개입 없이 특징 벡터 추출이 자동적으로 이루어지기 때문에 이를 이용한 많은 검색 방법들이 제안되고 있다.[1]-[7]

1991년 Swain 등[1]은 컬러 히스토그램 (color histogram)을 이용한 영상 검색 방법을 제안하였다. 컬러 히스토그램 방법은 영상의 회전 및 크기 변화에 강인하고 구현이 쉬우나 영상 내의 공간적인 상관성 (spatial correlation)을 포함하지 않는 단점이 있다. 1997년 Huang 등[2]은 컬러 히스토그램과 공간적 상관성이 결합된 컬러 코릴로그램 (color correlogram)을 이용한 영상 검색 방법을 제안하였다. 컬러 코릴로그램 방법은 거리 변화에 따른 컬러 쌍의 공간적 상관성을 나타내기 때문에 일반 히스토그램을 이용한 방법보다 검색 성능이 우수하다. 그러나 이 방법은 계산량이 많고, 특징 벡터 차원의 크기가 커지는 단점이 있다. 2003년 Qiu[3]는 블록 컬러 쌍 특징인 BCCM (block color co-occurrence matrix) 및 패턴 특징인 BPH (block pattern histogram)를 이용한 영상 검색 방법을 제안하였다. BCCM 방법에서는 블록 내 두 개의 대표 평균 컬러의 동시 발생 확률을 계산함으로써 이 방법은 컬러 코릴로그램 방법보다 계산량을 많이 줄일 수 있는 장점이 있다. 한편 BPH 방법에서는 훈련 영상 (training image)들을 이용하여 패턴을 구하고 그 패턴들의 히스토그램을 계산함으로써 패턴 특징 벡터들을 추출한다. 그러나 이 방법은 정확한 코드북을 만들기 위해서 계산량이 많고, 많은 수의 훈련 영상이 필요한 단점이 있다.

본 논문에서는 BCCM과 패턴 코릴로그램을 이용하여 검색 성능이 향상된 내용 기반 영상 검색 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 BCCM 방법을 이용하여 겹치는 일정 크기의 블록에 대해 두 개의 대표 평균 컬러의 동시 발생 확률을 계산함으로써 컬러 특징 벡터들을 추출한다. 또한 패턴 코릴로그램 방법을 이용하여 패턴 특징 벡터들을 추출한다. 패턴 코릴로그램 방법은 일정한 크기로 분할된 블록에 대해 RGB 값의 변화에 따라 48개의 패턴으로 나눈 후, 기준이 되는 패턴에서 일정한 거리에 있는 동일 패턴의 결합 확률을 계산한다. 컴퓨터 모의실험 결과 제안한 방법이 기존의 방법들보다 특징 벡터 차원 (feature vector dimension) 및 정확도 (precision) 등의 객관적 척도에서 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

저자 소개
* 비회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정
matar124@naver.com
** 비회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정
*** 비회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

2. 제안한 영상 검색 알고리즘

2.1 컬러 특징 벡터 추출

컬러 특징 벡터를 추출하기 위해 먼저 영상을 4×4 크기의 겹

치는 블록으로 나눈 후, 각 화소 (pixel)에 대해 RGB 평균값 $ib(i, j)$를

$$ib(i,j) = \frac{1}{3}(r(i,j) + g(i,j) + b(i,j)) \quad \forall i,j \qquad (1)$$

와 같이 구한다. 그리고 블록 내의 각 화소를 비트맵화한다. 즉, 블록 내 (i, j)번째 위치에서의 분류된 비트맵 $bm(i, j)$는

$$bm(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } ib(i,j) \geq T \\ 0 & \text{if } ib(i,j) < T \end{cases} \qquad (2)$$

와 같다. 여기서 1과 0은 화소 밝기값이 블록의 평균값보다 밝은 영역과 어두운 영역을 각각 나타낸다. 그리고 문턱값 T는

$$T = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} ib(i,j) \qquad (3)$$

와 같고 블록의 평균값을 나타낸다. 여기서 m×n은 블록의 크기이다.

비트맵을 만든 후, 블록 내에서 블록 평균값보다 밝은 영역과 어두운 영역에 대해 각각의 평균을 구한다. 그리고 각 블록에 대해서 구한 밝은 영역과 어두운 영역의 컬러 평균을 J-컬러로 양자화하여 *hash* 테이블을 만든다. 이때 블록 내에서 두 평균값이 동시에 발생할 확률인 BCCM을 구한다. 즉, $BCCM(i, j)$는

$$BCCM(i,j) = Pr(IHash\{Br\} = i | IHash\{Dk\} = j), \quad \forall i,j \in [0, J-1] \qquad (4)$$

와 같다. 여기서 Br은 양자화된 밝은 영역의 컬러 평균이고, Dk는 양자화된 어두운 영역의 컬러 평균이다.

2.2 패턴 특징 벡터 추출

패턴 특징 추출을 위해서 영상을 2×2 블록으로 나누고 블록 내의 RGB 밝기값을 각각 비트맵화한다. 블록 내의 각 화소의 RGB 밝기값과 RGB 블록 평균값을 각각 비교하여 RGB 밝기값이 블록 평균값보다 크면 밝은 영역, 그렇지 않으면 어두운 영역으로 분류한다. 즉, 블록 내 (i, j)번째 위치에서의 RGB 각각의 비트맵 $bm_R(i, j)$, $bm_G(i, j)$, 및 $bm_B(i, j)$은 각각

$$bm_R(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } r(i,j) \geq T_R \\ 0 & \text{if } r(i,j) < T_R \end{cases}$$

$$bm_G(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(i,j) \geq T_G \\ 0 & \text{if } g(i,j) < T_G \end{cases}$$

$$bm_B(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } b(i,j) \geq T_B \\ 0 & \text{if } b(i,j) < T_B \end{cases} \qquad (5)$$

와 같다. 여기서 1과 0은 화소의 밝기값이 블록 평균보다 밝은 영역과 어두운 영역을 각각 나타낸다. 그리고 문턱값 T_R, T_G, 및 T_B는

$$T_R = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} r(i,j)$$

$$T_G = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} g(i,j)$$

$$T_B = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} b(i,j) \qquad \forall i,j \qquad (6)$$

와 같고, RGB 각각의 블록 평균값을 나타낸다. 비트맵화된

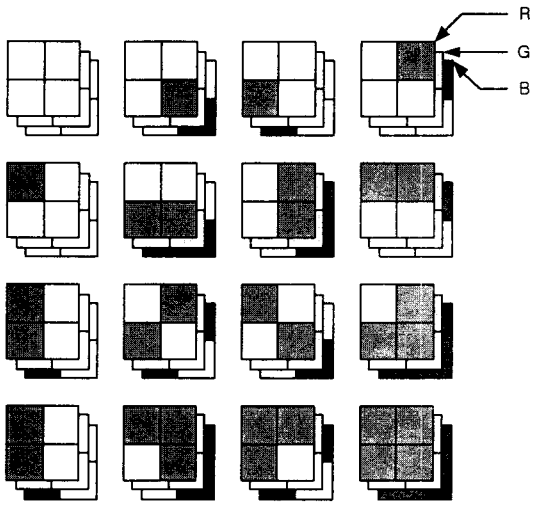


그림 1. 블록의 RGB 변화에 따라 분류된 패턴

48개의 패턴은 그림 1에서와 같다.

비트맵 생성 후, 패턴 코릴로그램을 계산한다. 패턴 코릴로그램은 기준이 되는 위치에서의 RGB 각각의 패턴과 그 패턴의 주위 블록들 중 일정한 거리 내 동일 RGB 패턴이 나타날 결합 확률이다. 즉, 패턴 코릴로그램 PC는

$$PC = Pr(BP_c(x,y) \cap BP_s(i,j)), c \text{ and } s \in \{1, 2, \cdots, 16\}, \quad 1 < x < a \text{ and } 1 < y < b, \quad x-k < i < x+k \text{ and } y-k < j < y+k \qquad (7)$$

와 같다. 여기서 BP_c는 기준이 되는 위치에서의 패턴이고, BP_s는 BP_c 주변의 패턴이다. BP_c와 BP_s 사이의 거리는

$$|BP_c - BP_s| = max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\} \qquad (8)$$

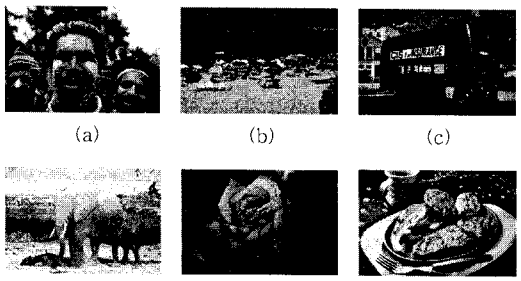
를 이용한다. 여기서 x_1 및 y_1은 BP_c의 위치를 나타내고, x_2 및 y_2는 BP_s의 위치를 나타낸다.

3. 실 험

본 논문에서 제안한 영상 검색 방법의 성능을 평가하기 위해서 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 실험 영상은 384×256 혹은

표 1. 실험에 사용된 영상 클래스

Class number	Class name
1	AFRICA PEOPLE AND VILLAGE
2	BEACH
3	BUILDINGS
4	BUSES
5	DINOSAURS
6	ELEPHANTS
7	FLOWERS
8	HORSES
9	MOUNTAINS AND GLACIERS
10	FOOD



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

그림 2. 실험에 사용된 (a) AFRICA PEOPLE AND VILLAGE, (b) BEACH, (c) BUSES, (d) ELEPHANTS, (e) FLOWERS, and (f) FOOD 영상의 예

표 2. 순위에 따른 검색 결과 정확도

Rank	Precision %				
	Histogram	Correlo-gram[2]	BCCM[3]	BCCM+ BPH[3]	Proposed method
10	51.72	62.86	62.36	68.36	72.51
20	46.77	56.53	56.36	62.78	66.99
30	43.57	52.02	53.11	58.82	63.14
40	41.10	48.51	50.49	55.90	59.93
50	39.21	45.35	48.23	53.43	57.36
60	37.59	42.58	46.37	51.37	54.99
70	36.18	40.26	44.76	49.52	52.82
80	34.78	38.24	43.35	47.95	50.75
90	33.57	36.47	42.06	46.34	48.93
100	32.32	34.93	40.66	44.79	46.96

256×384 크기의 JPEG 부호화된 1,000개 영상[4]을 사용하였다. 실험에 사용된 영상은 10개의 클래스로 분류되어 있고, 각 클래스에 속한 영상의 개수는 100개이다. 컬러 히스토그램방법, Huang 등[2]이 제안한 컬러 코릴로그램 방법, 및 Qiu[3]가 제안한 방법의 정확도 비교를 표 2에 나타내었다. 표 2에서와 같이, 제안한 방법이 히스토그램 방법, Huang 등[2]의 방법, 및 Qiu[3]의 방법들보다 검색 정확도가 높아짐을 알 수 있다. 그리고 실험에 사용된 특징 벡터 차원의 크기를 표 3에 나타내었다. 표 3에서와 같이, 히스토그램 방법, Huang 등[2]의 방법, Qiu[3]의 BCCM을 이용한 방법, BCCM과 BPH를 이용한 방법, 및 제안한 방법의 특징 벡터 차원의 크기는 각각 512, 729, 729, 985, 및 777이다. 히스토그램 방법에서는 RGB 컬러 값을 8레벨로 양자화하였고, Huang 등[2]이 제안한 컬러 코릴로그램 방법에서는 컬러 값을 3레벨로 양자화하였다. 그리고 Qiu[3]가 제안한 BCCM, 및 BCCM과 BPH를 이용한 방법에서는 밝은 영역과 어두운 영역의 컬러 평균을 3레벨로 양자화하였다. 표 2 및 3에서와 같이, 제안한 방법이 기존의 방법들보다 적은 수의 특징 벡터 차원을 이용하여 더 높은 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

표 3. 특징 벡터 차원의 크기

Vector dimension				
Histogram	Correlo-gram[2]	BCCM[3]	BCCM+ BPH[3]	Proposed method
512	729	729	985	777

4. 결 론

본 논문에서는 BCCM과 패턴 코릴로그램을 이용하여 검색 성능이 향상된 새로운 영상 검색 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 컬러 특징 벡터를 추출하기 위해 일정한 크기로 분할된 블록에 대해 블록 내 컬러 평균을 기준으로 밝은 영역과 어두운 영역으로 분류하였다. 그리고 각각의 컬러 평균을 양자화함으로써 두 평균 컬러의 동시 발생 확률인 BCCM을 계산하였다. 또한 패턴 특징 벡터를 추출하기 위해 패턴의 공간적 상관성을 이용한 패턴 코릴로그램 방법을 제안하였다. 제안한 패턴 코릴로그램 방법에서는 일정한 크기로 분할된 블록에 대해 비트맵화한 후, 기준이 되는 패턴과 일정한 거리 내 동일 패턴의 결합 확률을 계산하였다.

제안한 방법의 성능 평가를 위해 컴퓨터 모의실험을 행한 결과 제안한 방법이 기존의 방법들보다 특징 벡터 차원 및 정확도 등의 객관적 척도에서 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color indexing," *Int. J. Comput. Vis.*, vol 7, no. 1, pp. 11-32, Apr. 1991

[2] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, Wei-Jing Zhu, and R. Zabih, "Image indexing using color correlogram," *Proc. CVPR97*, pp. 762-768, June 1997.

[3] Guoping Qiu, "Color image indexing using BTC," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 12, no. 1, pp. 93-101, Jan. 2003.

[4] J. Z. Wang, Jia Li, and Gio Wiederhold, "SIMPLIcity: semantics-integrated matching for picture libraries," *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. 23, no. 9, pp. 947-963, Sep. 2001.

[5] D. Chen and A. C. Bovik, "Visual pattern image coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 38, no. 12, pp. 2137-2146, Dec. 1990.

[6] Thomas Sikora, "The MPEG-7 visual standard for content description-an overview," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, no. 6, pp. 696-702, June 2001.

[7] Y. Deng, B. S. Manjunath, C. Kenney, M. S. Moore, and H. Shin, "An efficient color representation for image retrieval," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 10, pp. 140-147, Jan. 2001.