

블록 질감 히스토그램을 이용한 이미지 검색 시스템

윤성수, 정성환
창원대학교 컴퓨터공학과

Image Retrieval System Using Block Texture Histogram

Sung-Su Yun, Sung-Hwan Jung
Dept. of Computer Engineering, Changwon Nat'l University
E-mail : goldeneye@cdcs.changwon.ac.kr, sjung@sarim.changwon.ac.kr

요약

영상데이터의 효율적인 검색은 멀티미디어 데이터 베이스에 중요한 문제이다. 본 논문에서는 국부적인 블록 질감 특징을 바탕으로 한 새로운 영상 검색 방법을 제안한다. 본 논문에서는 영상을 $N \times M$ 크기의 블록으로 나누어 GLCM을 구한 후, 이에 대한 통계적 질감 특징인 블록 질감 히스토그램을 생성하여 영상 검색에 사용한다. 실험을 통한 성능 평가에서 제안한 방법이 GLCM을 이용한 기존의 방법보다 Recall과 Precision이 약 3 ~ 8%의 향상을 보였다.

1. 서론

초고속 통신망의 보급과 멀티미디어 관련 기술의 발달로 인하여 정지영상, 동영상 등과 같은 대용량 멀티미디어 데이터가 증가하고 있다. 일반 사용자들도 멀티미디어 데이터에 손쉽게 접근하고, 사용, 생성, 가공할 수 있는 환경이 주어짐으로써 데이터들이 더욱 방대해지고 있다. 이에 따라 멀티미디어 데이터를 관리하기 위한 효율적인 전송, 저장, 분류 및 검색 기술이 요구되어진다.

영상 데이터베이스를 검색하기 위한 방법은 크게 텍스트기반 검색(Text-based retrieval)과 내용기반 검색(Content-based retrieval)으로 나누어진다[1]. 텍스트기반 검색은 영상을 여러 개의 키워드나 주석으로 표현하여 일반적인 텍스트 데이터 검색방법을 사용하는 것이다. 이 방법은 영상의 개념과 의미를 표현할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 이러한 개념과 의미의 추출은 수작업으로 이루어지며, 많은 시간과 비용을 필요로 한다. 또한 개념과 의미가 주관적인 관점을 담기 쉽다는 단점이 있다. 내용기반 검색은 영상이 가지는 색상, 질감, 모양 등의 특징들을 이용하여 검색하는 방법이다. 이 방법은 개념과 의미를 충분히 포함

하지 못한다는 단점이 있지만, 특징추출 및 색인 과정이 자동으로 이루어진다는 장점이 있다. 따라서, 대용량 멀티미디어 데이터베이스의 검색에 이용하기에 적절하다.

본 논문에서는 내용기반 검색 중 질감 특징을 이용한 영상 검색방법을 연구한다. 효율적이고 정확한 영상 검색을 위해 지역 질감 히스토그램을 제안한다. 지역 질감 히스토그램은 GLCM을 통해 얻어진 통계적 특징들의 히스토그램화한 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 GLCM(gray level co-occurrence matrix)을 통한 질감특징 추출방법을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 블록 질감 히스토그램을 이용한 영상 검색방법에 대해 설명한다. 그리고 4장은 제안한 방법에 의한 실험 및 결과에 대해 살펴보고, 마지막으로 5장에서 결론을 낸다.

2. GLCM을 통한 질감특징 추출방법

질감 특징은 연관된 화소들간 상호관계를 나타내는 명암도의 공간적인 분포에 의해 결정된다[2]. 질감을 분석방법은 통계적 방법, 구조적 방법, 스펙트럼 방법

으로 크게 구별된다. 통계적 방법은 영상의 각 화소 사이의 상호 관계를 분석하는 방법으로 요소와 규칙이 확실치 않은 것을 분석하는 데 유효하다. 구조적 방법은 요소와 규칙이 명확한 경우 사용하는 방법으로, 공간상의 배열 규칙을 이용한 방법이다. 스펙트럼 방법은 푸리에 변환의 파워 스펙트럼에서 무늬배열 규칙을 구한다[3].

2.1 GLCM 변환

통계적 질감 분석방법에서는 질감의 인식에 기여하는 명암도의 공간적 의존성을 표시하기 위해 GLCM (Gray level co-occurrence matrix)이 널리 사용된다. GLCM을 이용한 방법은 원 영상에서 해당 그레이 레벨쌍의 출현 횟수를 기본으로 한다. 즉, GLCM은 M x N 크기의 영상에서 거리 d와 방향 ϕ 에 의하여 그레이 레벨 i, l를 가지는 해당 화소쌍이 얼마나 자주 나타나는가를 표시하는 관련 빈도수 행렬 P[i, j]이다. 각도와 거리의 함수인 P ϕ (a, b)로서 GLCM의 비정규화된 빈도수는 다음과 같이 정의된다[4].

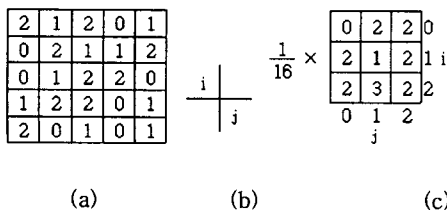
$$P_{0^\circ}(a, b) = \{ \{ (k, l), (m, n) \in (M \times N) : \begin{aligned} &|k-m|=d, |l-n|=0, \\ &f(k, l)=a, f(m, n)=b \} \} \quad (1) \end{aligned}$$

$$P_{45^\circ}(a, b) = \{ \{ (k, l), (m, n) \in (M \times N) : \begin{aligned} &(k-m=-d, l-n=d) \text{ or} \\ &(k-m=d, l-n=-d), \\ &f(k, l)=a, f(m, n)=b \} \} \quad (2) \end{aligned}$$

$$P_{90^\circ}(a, b) = \{ \{ (k, l), (m, n) \in (M \times N) : \begin{aligned} &k-m=0, |l-n|=d, \\ &f(k, l)=a, f(m, n)=b \} \} \quad (3) \end{aligned}$$

$$P_{315^\circ}(a, b) = \{ \{ (k, l), (m, n) \in (M \times N) : \begin{aligned} &(k-m=-d, l-n=-d) \text{ or} \\ &(k-m=d, l-n=d), \\ &f(k, l)=a, f(m, n)=b \} \} \quad (4) \end{aligned}$$

그림 1은 5x5 원 영상(a)로부터 d=1이고, $\phi=315^\circ$ 인 변위벡터(b)를 이용한 GLCM을 구한 예이다.



(a) 5x5 그레이 영상 (b) 변위벡터 (c) GLCM

그림 1. 원 영상과 GLCM 변환의 예

2.2 통계적 질감 특징

질감을 구별하기 위해 일반적으로 GLCM을 직접 이용하기 보다는 GLCM을 기초로 여러가지 특징을 구하고 그 특징값으로 질감들을 구별한다. GLCM P[i, j]를 이용한 질감 특징은 콘트라스트(Contrast)와 에너지(Energy), 엔트로피(Entropy), 균일성(Uniformity)등이 있다. 각각의 산출 식은 수식 (5)(6)(7)(8)과 같다[3].

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i-j)^2 P[i, j] \quad (5)$$

$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j P^2[i, j] \quad (6)$$

$$\text{Entropy} = - \sum_i \sum_j P[i, j] \log P[i, j] \quad (7)$$

$$\text{Uniformity} = \sum_i \sum_j \frac{P[i, j]}{1+|i-j|} \quad (8)$$

여기서, P[i, j]는 0에서 1사이의 값을 가지며, 총합은 1이 된다. 콘트라스트는 명암도 차이를 측정하는 특징으로, 대각선 부분에서 멀리 떨어져 있는 요소들이 많을수록 높은 값을 가진다. 에너지는 명암도의 균일성을 측정하는 특징으로, 화소들 사이에 밝기 변화가 없다면, 최고의 값을 가진다. 엔트로피는 명도 값의 분포의 임의성(Randomness)를 측정하는 특징으로, 특정한 무늬를 가지지 않는 무작위 영상에서 높은 값을 가진다. 균일성은 각 화소들간의 균일성을 측정하기 위한 특징으로, 요소들이 대각선 축에 모여있을 때 높은 값을 가진다.

3. 제안한 검색 방법

본 논문에서 검색을 위해 NxM 크기의 영역의 질감 특징을 바탕으로 한 블록 질감 히스토그램을 사용한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 NxM 블록 질감 히스토그램을 이용한 검색 시스템의 전체 구성도이다. 질의 영상이 입력되면, 질의 영상의 특징인 NxM 블록 질감 히스토그램을 생성하고 영상 데이터베이스 내의 영상들의 특징과 유사도 비교를 하여 유사한 영상들을 결과로 반환한다.

3.1 전처리

전처리 과정에서는 영상을 128x128 크기로 정규화한다. 그리고 정규화된 영상을 그레이 변환을 통하여 그레이 영상으로 변환하고, 그레이 단계를 32단계로

양자화 한다.

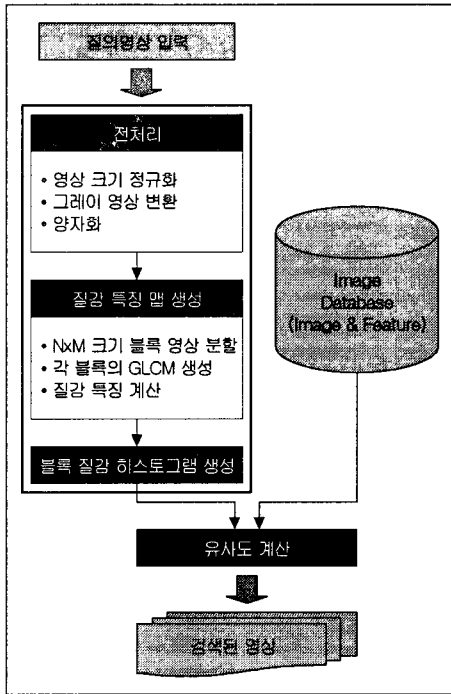


그림 2. 질감 특징을 이용한 검색 전체 구성도

3.2 질감 특징 맵 생성

영상의 최종 특징값인 블록 질감 히스토그램을 생성하기 위한 중간 단계로 질감특징 맵을 생성한다. 질감특징 맵이 생성되는 과정은 다음과 같다.

- ① 영상을 NxM 크기의 고정 블록으로 분할한다.
- ② 각 블록에 대한 GLCM을 구한다.
- ③ GLCM을 바탕으로 질감 특징값을 구한다.

그림 3 (b)는 그레이 영상 (a)에 대한 질감 특징 맵이다. 여기서 사용한 질감 특징은 균일성(Uniformity)이다.

3.3 블록 질감 히스토그램 생성

영상을 대표하는 특징인 블록 질감 히스토그램은 질감 특징 맵에 대한 히스토그램이다. 그림 3 (c)는 블록 질감 히스토그램의 예이다. 블록 질감 히스토그램의 bin의 수는 질감 특징값의 범위에 의존한다. 따라서 질감 특징값을 적절히 양자화 함으로써 bin의 수를 조절할 수 있다.

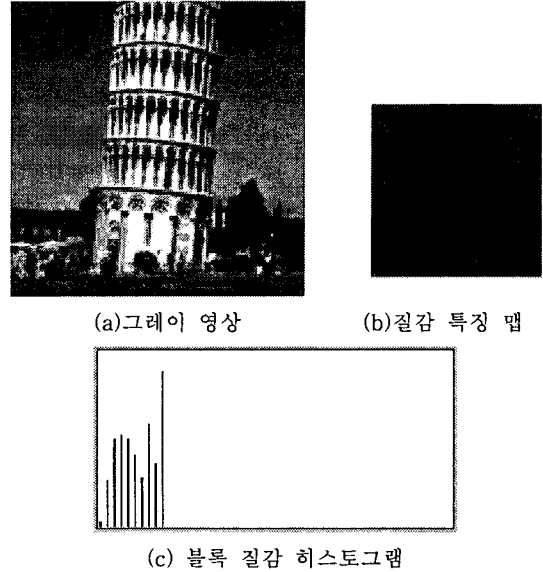


그림 3. 특징 추출 예제

3.4 유사도 측정

본 논문에서의 영상들간의 유사도를 비교하기 위해 히스토그램의 유사도 측정에 널리 사용되는 히스토그램 인터섹션(Histogram Intersection)을 사용한다. 공식은 아래의 수식(8)과 같다.

$$S(H_Q, H_D) = \frac{\sum_i \min(H_Q(i), H_D(i)) \times 2}{\sum_i (H_Q(i) + H_D(i))} \quad (9)$$

$S(H_Q, H_D)$ 는 질의 영상의 블록 질감 히스토그램 H_Q 와 데이터베이스 내 영상의 블록 질감 히스토그램 H_D 사이의 유사도이다. 그리고, $S(H_Q, H_D)$ 는 0과 1 사이의 값을 가진다. $H_Q(i)$ 와 $H_D(i)$ 는 각각 질의 영상과 데이터베이스 영상의 블록 질감 히스토그램에서의 i 번째 bin의 값을 의미한다.

4. 실험 및 결과

본 연구는 Microsoft Windows 2000 Professional 환경에서 Intel Pentium-4 CPU 1.5GHz PC에서 실험하였다. 그리고 시스템은 Visual C++6.0 MFC를 이용하여 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 꽃과 건축물들을 포함한 다양한 7종류로 분류된 105점의 영상을 사용하였다. 영상 데이터는 <표 1>과 같이 구성되어 있다.

<표 1> 영상 데이터 분류

Class	내용	영상 수
Class1	겨울 나무	15
Class2	호랑이	15
Class3	단일 꽃봉우리	15
Class4	꽃밭(화원)	15
Class5	하늘과 들판	15
Class6	하늘과 설산	15
Class7	건축물	15
총 영상수		105

4.1 성능 평가 척도

검색의 성능을 평가하기 위해 많이 사용되는 Precision과 Recall 을 사용하였다[4]. 검색 대상 중에서 주어진 질의와 관련된 영상의 수를 T 라고 하고, 검색된 영상의 총수를 T_r , 검색된 영상 중 질의와 유사한 영상의 수를 R_r 이라고 할 때 Precision은 식(10)과 같고, Recall은 식(11)과 같다.

$$Precision = \frac{R_r}{T_r} \times 100 \quad (10)$$

$$Recall = \frac{R_r}{T} \times 100 \quad (11)$$

4.2 실험 결과

본 논문에서 제안한 블록 질감 히스토그램의 성능을 분석하기 위해 블록의 크기를 4x4크기로 하고, 질감 특징으로 콘트라스트(Contrast)와 에너지(Energy), 균일성(Uniformity)을 이용하여 블록 질감 히스토그램을 생성하여 실험하였다.

또한, 본 논문은 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 기존 방법인 영상 전체에 대한 GLCM을 이용한 검색 방법과, 콘트라스트(Contrast)와 에너지(Energy), 균일성(Uniformity)를 각각 이용한 검색 방법들을 함께 실험, 비교하였다.

<표 2>는 기존 방법들의 검색 결과를 보여준다. 결과에서와 같이 전체 영상의 특징에서 콘트라스트가 가장 성능이 낮고, 에너지, 균일성 순서로 성능이 개선된다. GLCM을 이용한 검색이 가장 좋은 성능을 보인다.

<표 2> 기존 방법들의 검색 결과

분류	질감특징	GLCM	콘트라스트	에너지	균일성
		Class1	R 66.7 P 66.7	24.0 24.0	48.0 48.0
Class2	R	84.0	52.0	44.0	50.7
	P	84.0	52.0	44.0	50.7
Class3	R	22.7	46.7	52.0	53.3
	P	22.7	46.7	52.0	53.3
분류4	R	54.7	21.3	20.0	37.3
	P	54.7	21.3	20.0	37.3
Class5	R	44.0	42.7	33.3	33.3
	P	44.0	42.7	33.3	33.3
Class6	R	32.0	24.0	30.7	41.3
	P	32.0	24.0	30.7	41.3
Class7	R	40.0	22.7	22.7	46.7
	P	40.0	22.7	22.7	46.7
평균	R	49.2	33.34	35.9	45.9
	P	49.2	33.34	35.9	45.9

<표 3>은 본 논문에서 제안한 콘트라스트, 에너지, 균일성 등의 질감 특징으로 블록 질감 히스토그램 생성하여 검색한 결과이다. 검색 성능은 기존 방법들의 실험 결과에서와 마찬가지로 콘트라스트 특징보다는 에너지와 균일성 특징을 이용한 블록 히스토그램이 보다 나은 성능을 보인다. 클래스 4, 5, 6은 다른 클래스들에 비해 낮은 검색율을 보인다. 이런 현상의 원인은 클래스 5와 6이 비슷한 질감 특징을 가지고 있기 때문이다. 클래스 4는 꽃밭의 영상인데 꽃의 원근에 의해 매우 다양한 질감을 가지고 있기 때문으로 분석된다.

<표 3> 제안한 방법의 검색 결과

Class	질감특징	콘트라스트	에너지	균일성
		Class1	R 64.0 P 64.0	73.3 73.3
Class2	R	69.3	77.3	77.3
	P	69.3	77.3	77.3
Class3	R	57.3	68.0	72.0
	P	57.3	68.0	72.0
Class4	R	25.3	38.7	34.7
	P	25.3	38.7	34.7
Class5	R	36.0	40.0	40.0
	P	36.0	40.0	40.0
Class6	R	45.3	46.7	42.7
	P	45.3	46.7	42.7
Class7	R	60.0	60.0	64.0
	P	60.0	60.0	64.0
평균	R	51.0	57.7	57.3
	P	51.0	57.7	57.3

검색 성능 평가에서 제안한 방법이 기존의 방법보다 Recall과 Precision이 약 3~8% 정도의 높은 성능을 보임을 확인하였다.

그림 4와 5는 기존 GLCM을 이용한 검색과 본 논문에서 제안한 블록 질감 히스토그램을 이용한 검색의 결과이다. 왼쪽 상단의 영상은 질의영상으로서 '단일 꽃 봉우리' 클래스3에 해당하는 영상이다. 그리고 유사도가 좌우상하 순서로 유사도가 높은 영상으로 보인 것이다. 검색 결과에서 볼 수 있듯이 기존방법은 상위 검색 결과에서 산악, 호수등의 영상이 검색되지만 제안한 방법에서는 대체로 상위에서 꽃 영상이 검색된다.



그림 4. GLCM을 이용한 검색 결과

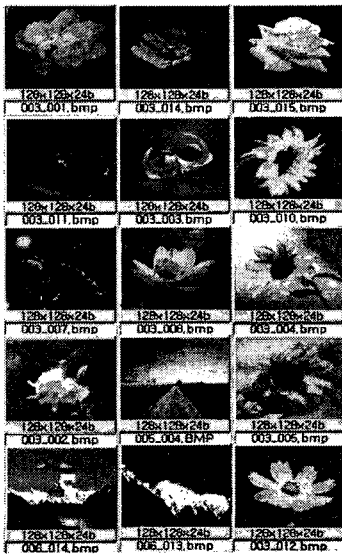


그림 5. 블록 질감 히스토그램을 이용한 검색 결과

5. 결 론

본 논문은 국부적 질감 특징을 바탕으로 한 블록 질감 히스토그램 이용한 검색 방법을 제안하였다. 영상을 NxM크기의 블록으로 분할한 후 각 블록에서 질감 특징을 추출하여, 블록 히스토그램을 생성하여 영상 검색을 하였다. 영상을 NxM크기의 블록으로 분할하여 질감 특징을 구함으로써 기존의 GLCM을 이용한 방법에서는 포함하지 못했던 지역 정보를 포함할 수 있어서 보다 좋은 성능을 얻을 수 있었다. 다양한 7종류의 클래스로 분류된 105점의 실험영상을 이용한 성능 평가에서 기존의 방법보다 제안한 방법이 Recall과 Precision에 약 3~8%로 향상되었다. 앞으로의 연구는 본 연구에 부가하여 컬러와 모양 정보와 함께 사용한 복합 특징을 이용한 검색 방법에 대해 연구하고자 한다.

[참고문헌]

- [1] 유성준, "멀티미디어 정보 검색 동향", 전자공학회지, 제25권, 제8호, 1998.
- [2] Rafael C. Gonzalez Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing, 1993.
- [3] 천인국, 윤영택, "영상처리", 기한제출판사, 1998.
- [4] 최현섭, 김철원, 김성동, 최기호, "텍스처패턴과 윤곽점 기술기 성분을 이용한 내용기반 화상 시스템의 설계 및 구현", 한국 정보처리학회 논문지, 제4권, 제1호, 1997.