

색상특징과 웨이블릿 기반의 질감특징을 이용한 영상 검색

(Content-based Image Retrieval using the Color and Wavelet-based Texture Feature)

박종현[†] 박순영^{**} 조완현^{***} 오일석^{****}
(Jong Hyun Park) (Soon Young Park) (Wan Hyun Cho) (IlSeok Oh)

요약 본 논문에서는 색상과 웨이블릿 기반의 질감 특징들을 사용한 효율적인 내용기반 영상검색 방법을 제안하였다. 색상특징은 전체 영상으로부터 추출된 soft-히스토그램이 사용되며 질감 특징으로는 웨이블릿 변환의 공간 주파수 분석을 통하여 얻어진 고대역 부밴드로부터 추출된 불변 모우멘트가 이용된다. CTBTR이라 불리는 검색시스템은 질의 영상에 대한 효율적인 영상 검색을 위하여 두 단계의 유사성 정합을 수행하는데 첫 번째 정합 단계에서는 간단한 색상 히스토그램을 사용하여 질의 영상과 유사하지 않은 영상을 제거하여서 검색대상의 수를 줄이며, 두 번째 정합 단계에서는 첫 번째 단계에서 선별된 후보영상에 웨이블릿 기반의 질감특징을 적용하여 질의 영상과 유사한 영상을 검색한다.

실험결과 제안된 알고리즘이 기존의 방법보다 검색에 있어서 효율적인 계산처리와 정확한 검색을 수행하여 향상된 결과를 보여 주었다.

키워드 : 내용기반 영상검색, 영상색인, 영상 특징추출, 웨이블릿 변환, 데이터베이스

Abstract In this paper we propose an efficient content-based image retrieval method using the color and wavelet based texture features. The color features are obtained from soft-color histograms of the global image and the wavelet-based texture features are obtained from the invariant moments of the high-pass sub-band through the spatial-frequency analysis of the wavelet transform. The proposed system, called a color and texture based two-step retrieval(CTBTR), is composed of two-step query operations for an efficient image retrieval. In the first-step matching operation, the color histogram features are used to filter out the dissimilar images quickly from a large image database. The second-step matching operation applies the wavelet based texture features to the retained set of images to retrieve all relevant images successfully.

The experimental results show that the proposed algorithm yields more improved retrieval accuracy with computationally efficiency than the previous methods.

Key words : content-based image retrieval, image indexing, image feature extraction, wavelet transform, database.

1. 서론

[†] 비회원 : 전북대학교 전자정보공학부
jhpark@dahong.chonbuk.ac.kr

^{**} 비회원 : 목포대학교 전자공학부 교수
syPark@mokpo.ac.kr

^{***} 종신회원 : 전남대학교 통계학과 교수
whcho@chonnam.ac.kr

^{****} 종신회원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
isoh@dahong.chonbuk.ac.kr

논문접수 : 2002년 5월 28일

심사완료 : 2003년 2월 10일

멀티미디어 데이터베이스에서 디지털 영상 및 비디오 데이터들이 차지하는 비중은 더욱 증가하고 있으며, 매일 많은 사람들은 다른 멀티미디어 데이터베이스로부터 원하는 정보를 검색하고 브라우징하기 위하여 인터넷상에서 여러 검색 도구를 사용하고 있다. 따라서 영상 및 비디오의 효율적인 검색을 위하여 멀티미디어가 가지고 있는 속성을 효율적으로 추출하고 이를 이용한 데이터베이스의 구축, 색인, 그리고 검색을 수행하는 새로운 기술들의 개발이 요구되고 있다.

영상 데이터베이스들로부터 정보를 검색하기 위한 초

창기의 방법은 주석(text-annotation)에 의한 영상의 시멘틱(semantic) 정보를 묘사하는 방법이었다. 그러나 이러한 방법은 많은 문제점들을 내포하고 있는데, 예를 들어 영상의 색인시 주관적인 특성에 기인한 관점불일치로 사용자 질의에 대하여 신뢰성 있는 검색 정보를 제공하기 어렵다는데 있으며, 또한 데이터베이스 구축에 있어서 많은 시간과 비용이 소비되는 단점이 있었다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 현재에는 색상, 모양, 질감 등과 같은 멀티미디어가 가지고 있는 속성을 기반으로 한 내용기반 검색기술의 개발이 진행되어 왔으며 검색을 위한 다양한 접근 방법들이 연구되었다 [1,2,3].

내용기반 영상검색 시스템은 광범위한 응용성을 가지고 있어 성능향상을 위하여 많은 연구가 계속 진행되고 있는데 중요한 것은 자동적인 색인과 효율적인 검색을 수행하기 위해서는 영상의 속성을 잘 표현할 수 있는 특징들을 추출하여야 한다는 것이다. 기존의 연구에서 영상의 효율적인 구조분석과 특징 추출을 위하여 웨이블릿 변환을 적용한 영상 검색 기술 방법들에 관심을 보이고 있다.

지금까지 개발된 웨이블릿 변환에 기반한 검색 방법들로서 M.K. Mandal은 색상 모우멘트를 기반으로한 검색 방법 [4]을 제안하였으며 James Ze Wang은 WBIS (Wavelet Based Image Indexing and Searching)에서 웨이블릿 변환된 저대역 부밴드의 웨이블릿 계수들과 그들로부터 계산된 표준편차를 특징 벡터로 사용하여 두 단계 유사성 정합을 통한 빠른 검색을 수행하였고 [5], Changliang Wang은 웨이블릿 변환된 저대역 부밴드에서의 색상 히스토그램과 고대역 부밴드에 대한 평균과 표준편차를 특징벡터로 사용하여 두 단계의 정합을 통한 영상검색 방법을 제안하였다 [6]. 특히 Changliang Wang이 사용한 두 단계의 정합방법은 1단계에서 간단한 특징 벡터를 사용하여 유사성이 적은 영상을 제거한 후에 2단계에서 정교한 특징벡터를 사용하여 최종 검색을 수행하는 방법으로서 전체적인 검색시간을 단축할 수 있으며 두 방법 이전에 Asha Vellaikal 등이 다해상도 히스토그램을 사용한 계층적 인덱싱 방법을 사용하였다 [7]. 그러나 이러한 제안된 방법은 명도 및 색상에 대한 일반적인 hard-히스토그램 방법과 웨이블릿 변환된 고주파 영역에서의 평균과 표준편차를 이용한 정량화 방법에 의존하고 있어 국부적인 명도의 변화와 왜곡에 민감하게 반응하는 경우가 있으며 복잡한 영상의 객체와 질감을 표현하는데 단순함을 보이고 있다.

웨이블릿 변환영역에서 저대역 부밴드는 모든 웨이블릿의 부밴드 중에서 원래 신호에 대한 정보를 가지고

있지만 크기가 줄어드는 과정에서 많은 계수들의 손실이 있으며 웨이블릿 계수의 범위가 매우 커지게 되는 특성이 있다 [4]. 또한 영상이 가지고 있는 객체의 표현은 명도나 색상의 성분보다도 객체가 가지고 있는 윤곽이나 질감의 특징에 의해 나타나는 경우가 많다. 따라서 웨이블릿 변환된 고대역 부밴드는 영상에 대한 수직, 수평 그리고 대각 성분이 고주파 성분으로 보여주고 있어 이러한 특징을 효율적으로 이용한다면 보다더 향상된 검색결과를 보여줄 수 있다.

본 논문에서는 효율적인 질감특징을 나타내기 위하여 웨이블릿 변환된 고대역 부밴드의 계수들로부터 불변 모우멘트를 추출하는 방법을 제안하며 빠르고 정확한 검색을 위하여 원래의 영상영역에서 추출된 soft-히스토그램 특징을 사용하여 유사성이 적은 영상을 제거한 후에 웨이블릿 기반의 질감특징을 사용하여 정밀한 정합을 수행하는 두 단계 검색방법을 개발한다.

본 논문의 구성은 2장에서 제안된 내용기반 영상검색 방법에 대하여 설명하고 또한 전체 영상으로부터 색상 특징 정보의 추출과 웨이블릿 변환을 적용한 질감 특징 추출에 대하여 설명하였으며, 3장에서는 추출된 특징을 이용한 두 단계 유사성 정합을 기술한다. 그리고 4장에서는 제안된 방법과 기존의 방법에 대한 실험 결과를 분석하고 마지막으로 5장에서는 제안된 방법에 대한 결론을 맺는다.

2. 제안된 내용기반 영상검색 방법

영상이 가지고 있는 속성은 추출 방법에 의해 검색의 효율성을 제한하며 유사성 정합 방법은 검색 시스템 설계에 있어서 많은 영향을 제공하므로 효율적인 검색과 계산량 및 처리 속도를 고려한 새로운 검색 기법으로서 CTBTR (Color and Texture Based Two-step Retrieval)이라 불리는 색상과 질감 특징을 기반으로 한 검색 알고리즘을 제안하였으며 다음 그림 1에 블록 다이어그램이 나타나 있다.

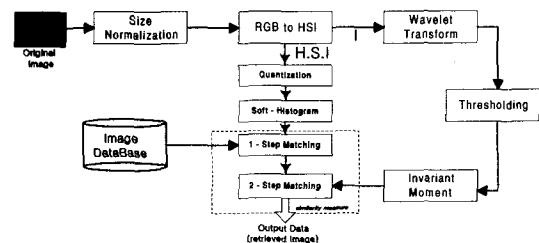


그림 1 제안된 질의 시스템의 블록 다이어그램

검색과정은 크게 두 단계에 의해 수행되는데 1단계에서는 간단한 색상 특징을 이용하여 질의 영상과의 상관도가 적은 영상들을 제거하고 2단계에서는 웨이블릿 기반의 질감 특징을 후보영상에 적용하여 정교한 유사성 정합을 수행하게 된다.

2.1 색상 특징 추출

히스토그램은 영상에서의 색상 분포를 나타내는 방법으로 영상을 구별할 수 있는 능력을 가지고 있어 내용 기반 영상검색의 특징벡터로서 매우 유용하고 폭넓게 사용되고 있는데 영상의 기하학적인 변화 즉, 축적(scale), 방향(orientation), 원근(perspective), 그리고 폐색(occlusion)에 비교적 강하다는 속성을 가지고 있다.

2.1.1 색상 모델의 양자화

본 논문에서는 색상 특징을 추출하기 위하여 R.G.B 세 개의 색상으로 구성되어 있는 입력 영상의 각 화소를 인간의 시각적인 면을 가장 잘 나타낼 수 있으며 색상공간에서 거리 측정이 용이한 H.S.I 모델로 변환한 후에 사용하였는데 R.G.B 모델에서 H.S.I 모델로의 변환 과정은 다음 식(1)과 같다[8].

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (1)$$

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

만약 $B > G$ 이면 $H = 360^\circ - H$ 이다.

그림 2에서와 같이 H.S.I 모델은 원추형의 좌표를 가지고 있으며 여기서 H는 색상의 분포에 따라 $0^\circ \sim 360^\circ$ 의 각도를 이루고 있고 S는 H에 대한 색상의 세기 즉, 채도를 나타낸 것으로 0 ~ 1의 값을 가지고 있다. 채도 값이 1에 가까울수록 높은 순도의 색상 값을 가지며, I 값은 명도로 색상의 명암을 나타내고 0에 가까울수록 어두운 색 즉, black에 가깝게 되며, 1에 가까울수록 밝은 색 즉, white에 가까워진다.

색상 특징은 H.S.I 색상 공간에서 인간의 색상에 대한 지각체계가 S와 I 성분보다 H의 변화에 더 민감하게 반응을 하기 때문에 양자화 과정에서 더 세밀하게 분할하였다. 본 연구에서 사용된 2단계 정합방법에서 색상특징은 개략적인 1단계 정합에 사용되고 색상양자화 간격이 너무 세밀할 경우에는 검색에 있어 왜곡이나 잡음 등에 민감하게 반응하므로 기본적인 간격으로 양자화를 수행한다. 따라서 H는 60° 단위의 red, yellow,

green, cyan, blue 그리고 magenta 총 6개의 그룹으로 양자화 하였으며, S는 2개의 그룹 즉, low와 high로 분할하였다. 그리고 I는 3개의 그룹 black, gray, white로 양자화 하여 총 36개 그룹에 대하여 색상 히스토그램을 추출하였다.

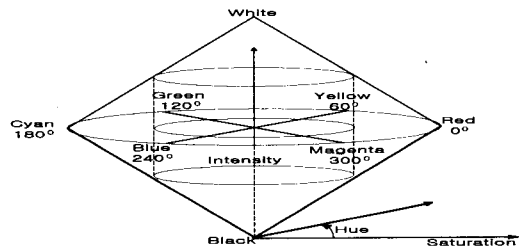
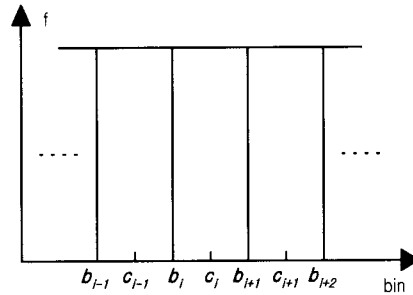


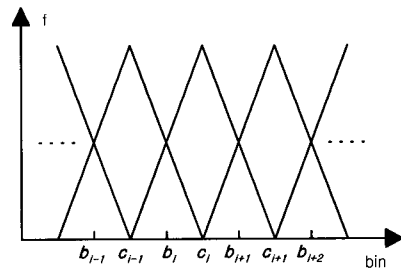
그림 2 H.S.I 색상 모델

2.1.2 Soft-히스토그램

색상 모델에 대하여 양자화가 결정되면 색상 히스토그램을 추출하는데 일반적으로 그림 3(a)에서와 같이 양자화된 그룹의 경계부분에서 겹침이 없이 직사각형 모



(a) non-overlapping hard-히스토그램



(b) overlapping soft-히스토그램

그림 3 히스토그램 양자화 그룹

양의 구간으로부터 계산된 hard-히스토그램과 그림 3(b)에서와 같이 양자화된 그룹의 경계 부분에서 겹침 방법을 적용하여 계산된 soft-히스토그램이 있다[9]. 여기서 b_i 는 그룹의 경계를 그리고 c_i 는 그룹의 대표 값을 나타낸다.

Hard-히스토그램 결정 방법은 그룹의 경계부분에서 잡음이나 해상도 등에 의해 히스토그램의 변형이 발생하면 어느 정도의 오차를 포함하게 된다는 문제점을 가지고 있다. 결과적으로 영상들에 불규칙하게 분포하고 있는 다양한 색상들이 다른 색상 히스토그램으로 묘사될 수 있어 히스토그램에 변형을 가져올 수 있다는 것이다. 반면에 soft-히스토그램은 색상 모델에 대한 양자화 과정에서 간단하고 쉽게 적용이 되며, 영상에서 색상의 확률적 분포를 고려하여 그룹을 생성해 함으로써 히스토그램의 변형에 어느 정도 유동적으로 대처할 수 있다. 따라서 손상된 잡음 영상이나 해상도가 낮은 영상 품질의 영상으로 하였을 때 검색 결과를 hard-히스토그램 방법보다 향상시킬 수 있기 때문에 본 논문에서는 soft-히스토그램을 색상 특징벡터로 사용하였다.

2.2 웨이블릿 기반의 질감 특징 추출

2.2.1 웨이블릿 변환을 이용한 영상의 분해

웨이블릿 변환을 적용한 영상의 다해상도 표현에서 공간-주파수의 계수들을 분석하여 처리할 수가 있는데 이것은 영상의 시공간적인 중복성을 내포하고 있는 화소를 효과적으로 제거함으로써 적은 양의 데이터 정보로도 영상의 특징을 전달할 수가 있어 응용이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 웨이블릿 변환을 통한 영상분석을 위하여 변환된 H.S.I 색상 모델로부터 intensity 성분 $I(x, y)$ 에 4-tap을 갖는 Daubechies' 필터를 적용하여 웨이블릿 변환을 하였으며 2-level로 변환하여 공간-주파수 분석을 하였다. 2-D 웨이블릿 변환은 다음과 같다[6].

$$W_f(a, b_x, b_y) = \int_y \int_x I(x, y) \psi_{a, b_x, b_y}(x, y) dx dy \quad (2)$$

여기서 $\psi_{a, b_x, b_y}(x, y)$ 는 웨이블릿의 기저함수로서 직교하며 mother 웨이블릿이라 불리는 단일 기본 함수 ψ 의 전위(translation)와 팽창(dilation)에 의하여 얻어진다.

$$\psi_{a, b_x, b_y}(x, y) = \frac{1}{|a|} \psi\left(\frac{x-b_x}{a}, \frac{y-b_y}{a}\right) \quad (3)$$

여기서 a는 스케일링을 나타내는 양의 실수를 b는 시공간 천이를 나타내는 실수이다.

다음 그림 4는 웨이블릿 변환에 의한 분할 형태를 보여주는 것으로 $N \times N$ 의 영상을 2-level 변환한 것을 나

타낸다. 다해상도 웨이블릿 변환은 저대역 밴드 필터와 고대역 밴드 필터를 모두 적용하여 하위 영상을 얻을 수 있으며, 이를 반복적으로 적용하여 다해상도 영상을 얻을 수 있다.

1-level 분해에서는 1개의 저대역 부밴드(O_2)와 3개의 고대역 부밴드($WT_{2H}, WT_{2V}, WT_{2D}$)로 분해가 되며 2-level에서는 1-level에서의 저대역 부밴드가 더 분해가 되어 O_4 의 저대역 부밴드와 3개의 고대역 부밴드($WT_{4H}, WT_{4V}, WT_{4D}$)로 분해된다.

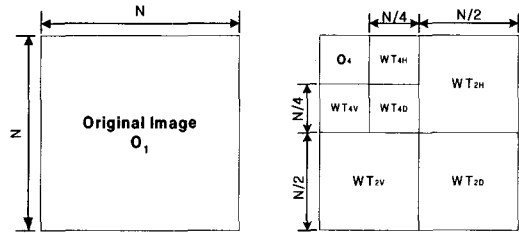
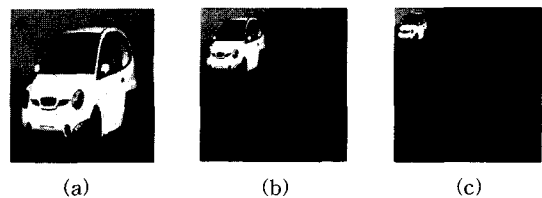


그림 4 2-level 웨이블릿 분해

웨이블릿 변환에 의해 얻어지는 O_4 는 원 영상을 변환 레벨만큼 압축한 것으로 모든 웨이블릿의 부영역 중에서 가장 중요한 정보를 포함하고 있으며 고대역 부밴드는 수직, 수평, 대각선 방향에 대한 에지 정보를 나타내고 있다. 그림 5는 실제 영상에 웨이블릿 변환을 적용하였을 때 영상의 저대역 부밴드와 고대역 부밴드의 다해상도 구조를 보여주고 있다.



(a) original image(256×256), (b) 1-level 웨이블릿 변환, (c) 2-level 웨이블릿 변환

그림 5 영상의 웨이블릿 변환에서 다해상도 구조

2.2.2 불변 모우먼트

제안된 영상검색 시스템에서 질감특징을 나타내기 위하여 웨이블릿 변환된 고대역 부밴드로부터 불변 모우먼트를 추출하였는데, 불변 모우먼트는 전위, 축적, 회전

과 같은 영상의 변화에 대하여 불변하다는 특징을 가지고 있어 영상처리 및 패턴인식 분야에서 많이 응용되고 있다[10].

웨이블렛 분해에 있어서 고대역 부밴드에 나타나는 에지 부분의 계수는 다른 부분보다 높게 나타나므로 적당한 임계값을 부여하여 이진화 형태로 각 부밴드의 웨이블렛 계수들을 변환한 후 특징벡터를 얻기 위하여 불변 모우멘트를 추출한다. 예를 들어서 6개의 부밴드 중에서 WT_{4H} 영역에 있는 웨이블렛 계수들을 이진화시킨 결과를 $B_{4H}(x, y)$ 라 가정하면 함수 $B_{4H}(x, y)$ 에 대한 차수 $(p+q)$ 의 모우멘트는 다음 수식과 같이 정의된다.

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q B_{4H}(x, y) \quad (4)$$

그리고 차수 $(p+q)$ 의 중앙 모우멘트는 다음 (5)식으로부터 정의된다.

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q B_{4H}(x, y) \quad (5)$$

여기서 $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$, $\bar{y} = m_{01}/m_{00}$ 이다.

정규화 중앙 모우멘트는 η_{pq} 로 나타나며 $\eta_{pq} = \mu_{pq}/(\mu_{00})^r$ 로 정의된다. 여기서 $r = \frac{1}{2}(p+q)+1$ 이 되며 2차, 3차 모우멘트로부터 부밴드 WT_{4H} 에 해당되는 7개의 불변 모우멘트[10] 계수를 추출할 수가 있다.

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (6a)$$

$$\phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (6b)$$

$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (6c)$$

$$\phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (6d)$$

$$\phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{03} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (6e)$$

$$\phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \quad (6f)$$

$$\phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (6g)$$

이러한 7개의 모우멘트 계수들은 전위, 축적, 회전 변화에 불변하는 특성을 가지고 있으며 특히 방향성이 있는 고대역 부밴드의 웨이블렛 계수들을 이진화한 후에 추출하였기 때문에 원래 영상의 질감특징을 통계적으로 반영할 수 있게 된다 [11,12].

본 논문에서는 웨이블렛 변환된 부밴드 중에서 2-level의 3개 고대역 부밴드(WT_{4H} , WT_{4V} , WT_{4D})로부터 총 21개의 불변 모우멘트를 추출하여 특징벡터로 사용

하였다.

3. 두 단계 유사성에 의한 정합

유사성 정합에 있어서 커다란 데이터베이스로부터 영상의 특징들을 모두 비교한다면 많은 시간이 소모되므로 그림 6에서와 같이 두 단계 유사성 정합 즉, 검색 대상의 후보압축을 위한 1단계 정합에서는 개략적인 유사성 정합을 그리고 2단계 정합에서는 정교한 유사성 정합 방법을 적용하여 빠른 검색을 수행하였다. 첫 번째 색상 특징(C_i)을 이용한 1단계의 유사성 정합에서는 주어진 임계값 $coarse_th$ 에 의해 커다란 데이터베이스로부터 질의 영상과 유사하지 않은 영상들을 제거하여 후보 영상들을 압축하였으며, 마지막으로 2단계의 유사성 정합에서는 선별된 후보 영상들에 웨이블렛 특징(W_i)을 적용하여서 주어진 임계값 $fine_th$ 에 의해 질의 영상과 관련된 모든 영상들을 세밀하게 검색하게 된다.

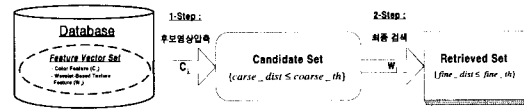


그림 6 두 단계의 유사성 정합에 의한 질의 처리

3.1 후보영상 압축을 위한 1단계의 유사성 정합

1단계의 유사성 정합은 적당하지 않은 영상을 제거하기 위한 처리 과정으로서 질의 영상의 히스토그램 특징 벡터 $\{Q_c\}$ 와 데이터베이스 영상의 히스토그램 특징 벡터 $\{T_c\}$ 사이의 차에 의해 측정되는데 본 논문에서는 식(7)과 같은 유클리디언 거리 $coarse_dist(\cdot)$ 를 사용하여 유사성을 판정한다.

$$coarse_dist(\{Q_c\}, \{T_c\}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_c} (q_i - t_i)^2} \quad (7)$$

여기서 N_c 은 색상 히스토그램에 해당하는 그룹의 개수를 나타내며 q_i 와 t_i 는 질의 영상의 히스토그램 특징 벡터 $\{Q_c\}$ 와 데이터베이스 영상의 히스토그램 특징 벡터 $\{T_c\}$ 의 i 번째 특징 벡터를 각각 나타낸다.

3.2 검색을 위한 2단계의 유사성 정합

2단계의 유사성 정합은 1단계에서 선별된 후보 영상들에 웨이블렛 기반의 질감 특징을 적용하여 질의 영상을 대표하는 영상들을 최종적으로 검색하여 준다. 유사성 정합은 웨이블렛 변환에 의해 추출된 질의 영상의 특징벡터 $\{Q_w\}$ 와 데이터베이스 영상의 특징벡터 $\{T_w\}$

사이의 차에 의해 측정되며 식(8)과 같은 유클리디언 거리 $fine_dist(\cdot)$ 를 사용한다.

$$fine_dist(\{Q_w\}, \{T_w\}) = \sqrt{\sum_{d=1}^M \sum_{i=1}^{N_d} (q_{di} - t_{di})^2} \quad (8)$$

여기서 d 는 2-level 변환후의 고대역 부밴드(WT_{4H} , WT_{4V} , WT_{4D})를 나타내며 q_{di} 와 t_{di} 는 고대역 부밴드에서 추출된 질의 영상과 데이터베이스 영상의 i 번째 정규화된 모우먼트 계수이다.

4. 실험 및 결과

제안된 내용기반 영상검색 시스템의 효율성을 실험하기 위해 Corel Photo CD 영상 240장을 혼합하여 사용하였으며 그림 7은 데이터베이스 영상 일부를 보여주고 있다. 데이터베이스 영상은 120×80 의 크기와 256색상으로 이루어진 공룡, 비행기, 자동차, 도자기, 인형, 오리, 광석, 그리고 새의 총 8개 그룹으로서 다양한 모양과 색상을 포함하고 있다. 여기서 각 그룹은 30개의 유사한 형태를 가지고 있는 영상들로 구성되었다. 질의 방법은 그룹내의 영상들로부터 임의적으로 선택된 영상을 질의로 사용하여 검색을 수행하였으며 질의 영상은 데이터베이스에 포함되지 않는다.

제안된 CTBTR 시스템의 동작 특성을 분석하기 위하여 James Ze Wang의 WBIS[5]와 Changliang Wang이 제안한 공간-주파수(S/F) 방법[6]을 사용하여서 검색의 효율성을 비교하였다. James Ze Wang이 제안한 WBIS 시스템에서는 주어진 R.G.B 영상을 새로

운 색상 모델로 변환한 다음 웨이블릿 변환을 적용하여 저대역 밴드와 고대역 밴드에서의 웨이블릿 계수에 대한 표준편차를 계산하여 특징 벡터로 사용하였다.

Changliang Wang의 S/F에서는 색상 특징 벡터를 추출하기 위하여 R.G.B 영상을 H.S.I 색상 모델로 변환한 다음 웨이블릿 변환된 저대역 부밴드로부터 색상 히스토그램을 추출하였으며, 질감 정보는 고대역 부밴드에서 웨이블릿 계수의 평균과 표준편차를 계산하여 특징 벡터로 사용하였다.

그림 8은 데이터베이스에서 오리 그룹의 영상을 입력으로 하여 검색을 수행한 결과이다. 검색 결과는 임의의 질의 영상에 대한 검색된 결과로써 상위 15개의 영상을 보여주고 있다. 그림 8(a)는 Changliang이 제안한 S/F 방법을 사용하여 유사성이 높은 순서로 상위 15개의 검색된 결과를 보여주고 있는데 모양과 색상 측면에서 유사하지 않은 다른 그룹의 영상이 다수 검색되었으며 네 번째부터 질의 영상과 관련이 없는 다른 그룹의 영상이 검색되어 정확성이 떨어짐을 볼 수가 있다.

그림 8(b)는 James Ze Wang이 제안한 WBIS 방법으로 질의 영상과 관계가 없는 다른 그룹의 인형 영상이 다수 검색되었으며 여섯 번째에 다른 그룹의 영상이 검색되어 정확한 검색 측면에서 효율성이 떨어짐을 볼 수 있다. 위와 같이 기존의 두 방법의 효율성이 떨어지는 이유는 특징벡터로 사용한 고대역 부밴드의 웨이블릿 계수에 대한 평균과 표준편차가 각각의 그룹에 있는 영상들의 질감 특징을 정확하게 나타내기 어렵기 때문이다.

그림 8(c)는 제안된 CTBTR 방법을 적용한 결과로 1 단계에서는 색상 히스토그램을 이용하여 질의 영상과 유사하지 않은 영상을 제거하여 90개의 후보 영상을 선별하였으며, 2단계에서는 압축된 후보영상으로부터 정확한 검색을 위하여 웨이블릿의 특징을 적용하여서 유사성이 높은 상위 15개의 영상을 선택하였는데 같은 그룹의 영상이 모두 검색되어 정확성 및 효율성 측면에서 향상된 결과를 볼 수 있다.

색상특징을 이용한 개략적인 유사성 정합을 통하여 후보 영상을 압축하는 과정은 1단계에서 정답 영상을 제외시키는 경우 recall 성능을 떨어뜨릴 수도 있으므로 데이터 베이스를 구성하는 그룹내 영상들의 색상 분산 특성에 따라서 후보영상의 압축률을 고려해야 한다. 본 실험에서는 후보영상을 정답 영상들의 300%로 충분히 제한하였으며 그룹내 영상들의 색상분산이 비교적 낮은 반면에 질감특징이 그룹간에 차이가 있어서 2단계에서 정교한 질감특징을 강조하는 제안된 방법의 recall 성능이 다른 방법들에 비하여 향상되었다.

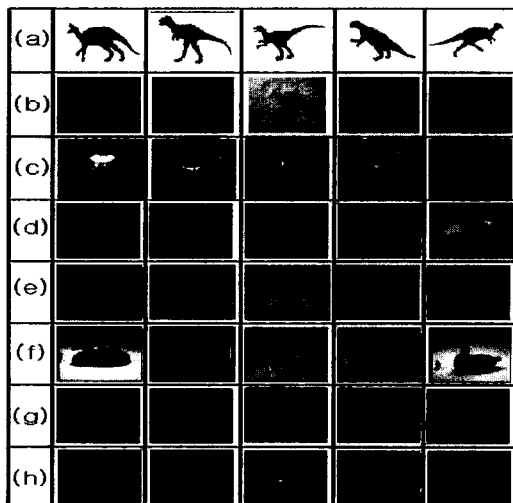
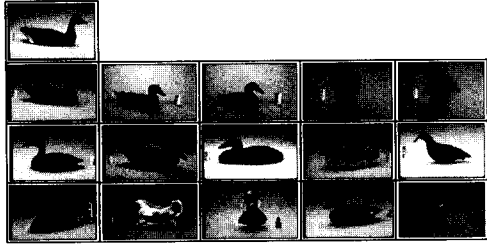
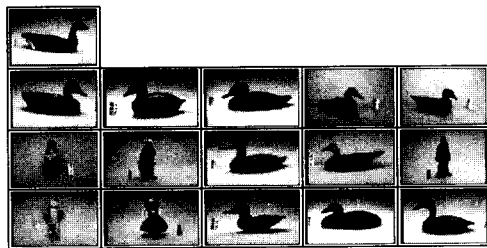


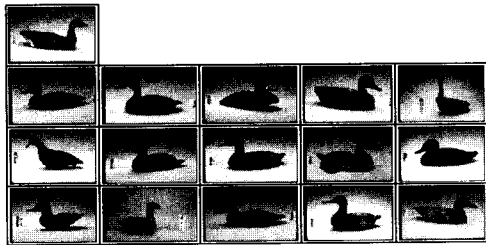
그림 7 실험에 사용된 데이터베이스의 일부



(a) Changliang의 S/F 방법에 대한 영상검색



(b) James Ze Wang의 WBIIS 방법에 대한 영상검색



(c) 제안된 CTBTR 방법에 대한 영상검색

그림 8 오리 영상의 질의 결과

그림 9는 질의 영상을 각 그룹에서 5개씩 총 40개를

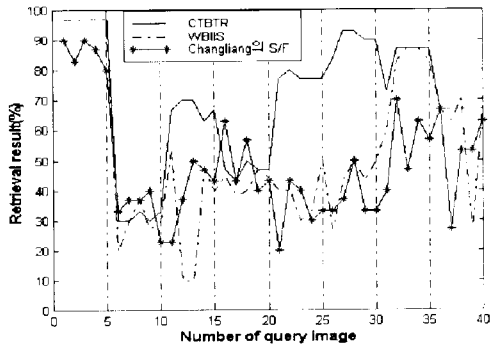


그림 9 질의 영상에 대한 검색 수행 결과

임으로 선별하여 질의로 사용하였을 때 검색된 결과이다. 그림에서 세로축의 검색율은 입력질의 영상과 동일한 그룹에서 검색된 영상의 수를 백분율로 보여주고 있다. 실험결과 전반적으로 제안된 CTBTR 방법이 기존의 검색 방법보다 모든 그룹에서 좋은 결과를 보여주고 있다.

표 1은 기존의 검색방법과 제안된 방법의 실험 결과를 class-confusion matrix 형태[14]로 나타낸 것으로서 실험에 사용된 질의 영상들이 왼쪽 열에 나타나 있다. 오른쪽 행에는 질의 영상을 바꾸어 가면서 5회 검색 실험을 수행한 후에 임의의 질의 영상과 유사성이 높은 상위 30개의 영상을 데이터베이스로부터 추출하여 질의

표 1 제안된 방법과 기존의 방법의 class-confusion matrix

(a) Changliang의 S/F (단위:%)

class	classification							
	a	b	c	d	e	f	g	h
a)Dinosaur	86	5	6	1	2	0	0	0
b)Airplane	1	32	16	16	4	9	1	20
c)China	0	9	38	6	11	10	14	12
d)Car	0	16	6	48	8	3	3	16
e)Doll	0	10	7	25	31	8	0	19
f)Duck	4	10	10	8	11	35	2	22
g)Crystal	0	5	8	11	6	0	54	15
h)Bird	0	12	8	19	5	1	3	52

(b) WBIIS (단위:%)

class	classification							
	a	b	c	d	e	f	g	h
a)Dinosaur	91	4	0	4	0	2	0	0
b)Airplane	1	30	9	6	18	22	0	14
c)China	0	4	32	5	36	23	0	0
d)Car	0	17	23	44	9	7	0	0
e)Doll	0	4	32	2	34	28	0	0
f)Duck	0	1	14	0	42	42	0	2
g)Crystal	0	4	5	5	0	1	82	3
h)Bird	0	8	8	0	6	13	1	64

(c) CTBTR (단위:%)

class	classification							
	a	b	c	d	e	f	g	h
a)Dinosaur	100	0	0	0	0	0	0	0
b)Airplane	0	30	2	6	8	20	10	26
c)China	0	2	66	32	0	0	0	0
d)Car	0	0	50	50	0	0	0	0
e)Doll	0	0	0	0	78	23	0	0
f)Duck	0	0	0	0	10	90	0	0
g)Crystal	0	7	2	3	1	3	84	0
h)Bird	0	30	0	4	0	0	0	66

영상과 같은 클래스에 소속된 영상들의 비율에 대한 평균값을 백분율로 환산한 결과가 나타나 있다.

예를 들어 CTBTR의 경우 공률은 100%가 같은 그룹의 영상들로부터 정확히 분류되어 다른 그룹의 영상들은 전혀 검색되지 않았으며, 도자기의 경우에는 66%가 같은 그룹의 영상으로부터 검색되었고 2%는 비행기 그룹 그리고 32%는 자동차 그룹으로부터 검색됨을 보여주고 있다.

그림 10은 Markus Stricker와 Markus Orengo가 제안한 방법[15]을 응용한 것으로 각 그룹에 대한 false 영상의 순위를 보여주고 있다. 여기서 false 영상이란 질의 영상과 다른 그룹으로부터 30 순위 이내에 검색되는 영상을 의미한다. 따라서 데이터베이스로부터 검색된 영상들 중에서 질의 영상과 유사한 영상을 순서대로 정렬한 후에 다른 그룹으로부터 검색된 첫 번째 영상인 false 영상의 순위를 보여주고 있는데 이 false 영상의 순위가 숫자상으로 높을수록 알고리즘의 효율성이 더 우수하다고 판단할 수 있다. 전반적으로 제안된 질의 방법이 우수하게 나타났으며 다음으로 WBIIS 방법과 Changliang의 S/F 방법이 뒤따르고 있다. 그러므로 false 영상의 검출 측면에서 보면 제안된 방법이 좋은 결과를 나타내고 있으며 WBIIS와 Changliang의 S/F 방법은 false 영상의 순위가 하위부분에 나타나 효율성이 떨어짐을 볼 수 있다.

결과적으로 제안된 CTBTR 시스템은 영상내 색상 및 웨이블릿 기반의 질감 특징을 검색에 이용함으로써 색상 히스토그램에서의 단점들을 극복할 수 있으며 두 단계의 검색을 수행함으로써 검색에 소요되는 시간을 현저히 줄일 수가 있었다.

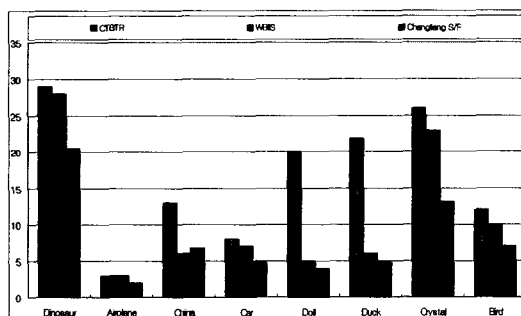


그림 10 CTBTR, WBIIS, 그리고 Changliang의 S/F 방법의 false 영상 순위

5. 결론

본 논문에서는 영상의 H.S.I 색상 모델로부터 색상

특징의 추출과 intensity 성분으로부터 공간-주파수 분석을 통한 웨이블릿 기반의 질감특징을 추출하여 영상 검색에 적용함으로써 검색의 효율성을 증대시키기 위한 방법을 제안하였다.

색상특징을 위하여 전체 영상으로부터 soft-히스토그램이 추출되었는데 양자화 과정에서 경계 부분에 겹침 방법을 적용하여 영상에 대한 색상의 확률적 분포를 고려함으로써 색상에 의한 검색단계에서 보다 향상된 성능을 나타낼 수 있었다. 그리고 웨이블릿 기반의 질감 특징들은 웨이블릿 변환의 공간 주파수 분석을 통하여 고대역 부밴드로부터 추출된 불변 모멘트가 사용되었다.

유사성 정합은 먼저 간단한 색상 히스토그램을 이용한 1단계 정합을 통하여 질의 영상과 유사도가 떨어지는 영상들을 제거할 수 있었으며 다음으로 웨이블릿 기반의 질감 특징을 이용한 2단계 정합을 1단계에서 얻어진 후보 영상에 적용하여 질의 영상과 관련된 영상을 더 세밀하게 분석함으로써 효율적인 내용기반 영상 검색을 수행할 수 있었다.

제안된 CTBTR 방법을 기존의 방법들과 비교 분석하여 성능을 입증할 수 있었으며 특히 웨이블릿 변환된 고대역 부밴드로부터 추출된 불변 모멘트를 질감특징으로 사용할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 제안된 알고리즘에서 불변 모멘트가 영상의 왜곡 및 잡음에 민감하게 반응하는 경우가 있어 잡음과 왜곡에 강건한 알고리즘을 연구할 필요성이 요구되며, 데이터베이스를 구성하고 있는 영상들의 특성에 따라서 직렬적인 2단계 정합방법이 recall의 성능을 감소시킬 수도 있으므로 영상검색의 정확성과 효율성을 높이기 위하여 데이터베이스의 특성과는 독립적으로 동작할 수 있도록 색상과 질감의 특징벡터를 병렬적으로 처리할 수 있는 연구를 진행할 계획이다.

참고 문헌

- [1] W.Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, and P-Yanker, "The QBIC Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape," In Wayne Niblack, editor, Storage and Retrieval for Image and Video Databases," pp. 173-187, Bellingham, Washington, Feb. 1993, SPIE.
- [2] John R. Smith and Shi-Fu Chang, "VisualSEEK: a fully automated content-based image query system," ACM Multimedia 96, Nov. 1996.
- [3] A. Pentland, R.W. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Tools for content-based manipulation

of image databases," In Wayne Niblack and Ramesh C.Jain, editors, Storage and Retrieval for Image and Video Databases II, pp. 34-47, San Jose, CA, Feb. 1994.

- [4] M. K. Mandal, T.Aboulnasr, and S.Panchanathan, "Image indexing using moments and wavelets," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 42, no. 3, pp. 557-565, 1996.
- [5] James Ze Wang, Gio Wiederhold, Oscar Firschein, and Sha Xin Wei, "Wavelet Based Image Indexing Techniques with Partial Sketch Retrieval Capability," Proceeding of the 4th Forum on Research and Technology Advances in Digital Libraries, pp.13-24, May. 1997.
- [6] Changliang Wang, Kap Luk Chan, Stan Z. Li, "Spatial-Frequency Analysis for Color Image Indexing and Retrieval," ICARCV '98, vol. 2, pp. 1461-1465, Apr. 1998.
- [7] Asha Vellaikal, and C.-C. Jay Kuo, "Content-Based Image Retrieval Using Multiresolution Histogram Representation," SPIE Digital Image Storage and Archiving System, Philadelphia, Oct. 1995.
- [8] Randy Crane, A Simplified approach to image processing, Prentice Hall PTR, pp. 17-22, 1997.
- [9] Keshi Chen, Stephen Demko, Ruifeng Xie, "Similarity-based retrieval of images using color histograms," IS&T/SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video DatabasesVII, pp. 643-652, Jan. 1999.
- [10] Babu M. Mehtre, Mohan S. Kankanhalli, and Wing Foon Lee, "Shape Measures for Content Based Image Retrieval: A Comparison," Information Processing & Management, vol. 33, no. 3, pp. 319-337, 1997.
- [11] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, PWS, 1999.
- [12] Robert J. Schalkoff, Digital Image Processing and Computer Vision, John Wiley and Sons, Inc., 1989.
- [13] Y. C. Chim, A. A. Kassim, Y. Ibrahim, "Character Recognition using Statistical Moments," Image and Vision Computing 17, pp. 299-307, 1999.
- [14] Serge Belongie, Chad Carson, Hayit Greenspan, and Jitendra Malik, "Color and Texture Based Image Segmentation Using EM and Its Application to Content-Based Image Retrieval," IEEE Computer Society, pp. 675-682, Jan. 1998.
- [15] Markus Stricker and Markus Orengo, "Similarity of Color Images," SPIE95, San Jose, 1995.



컴퓨터비전 등

박 중 현

1995년 목포대학교 전자공학과 학사. 1997년 목포대학교 대학원 전자공학과 석사. 2001년 목포대학교 전자공학과 박사. 2002~현재 전북대학교 정보검색연구소 Post-Doc.. 관심분야는 영상 및 비디오 처리, 멀티미디어 정보검색, 패턴인식,



Post doctor. 1990년~현재 목포대학교 정보공학부 교수. 관심분야는 영상 및 비디오처리, 영상보호 및 인증, 영상검색

박 순 영

1982년 연세대학교 전자공학과 졸업(학사). 1984년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1986년 뉴욕주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(석사). 1988년 뉴욕주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(박사). 1989년~1990년 뉴욕주립대학교



Post doctor. 1990년~현재 목포대학교 정보공학부 교수. 관심분야는 영상 및 비디오처리, 영상보호 및 인증, 영상검색

조 완 현

1977년 전남대학교 수학교육과 졸업(학사). 1981년 전남대학교 대학원 수학과 졸업(석사). 1988년 고려대학교 통계학과(박사). 1983년~현재 전남대학교 통계학과 교수. 관심분야는 패턴인식, 다변량 통계분석, 영상 및 비디오처리



Post doctor. 1990년~현재 목포대학교 정보공학부 교수. 관심분야는 영상 및 비디오처리, 영상보호 및 인증, 영상검색

오 일 석

1984년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사. 1984~1992년 한국과학기술원 전산학과 석사, 박사. 1992년~현재 전북대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 컴퓨터비전, 문서 및 문자인식 등