

가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상 공간 분포를 이용한 내용기반 영상 검색

(Content-based Image Retrieval using Weighted Color
Histogram and Spatial Distribution of Dominant Colors)

박 두 식[†] 한 준 희^{**}

(Du-Sik Park)(Joon Hee Han)

요약 본 논문에서는 특정한 객체의 색 분포 모델링으로부터 얻어지는 가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상공간 분포특성을 이용한 내용기반 영상 검색 방법을 제안한다. 특정한 객체의 예로 사람 얼굴을 선택했고, 그것의 색 분포를 u^*-v^* 색도 공간에서 모델링 했으며, 모델의 정규화된 부피를 균등 양자화된 색도 공간의 각 bin(bin)의 히스토그램 값에 대한 가중치로 결정하고, 결정된 가중치를 히스토그램 정합 과정에 적용하였다. 또한 색 히스토그램 값이 큰 특정한 수의 bin으로 정의되는 지배적인 색의 영상공간 분포를 가중 색 히스토그램과 함께 유사성의 측정기준으로 사용하였다. 제안한 검색 방법을 500여개의 영상에 대해 실험한 결과 제안한 방법이 얼굴을 포함하는 영상을 질의로 주었을 때 얼굴을 포함하는 영상을 우선적으로 찾는데 효과적임을 확인하였다.

Abstract In this paper, we propose a content-based image retrieval method using a weighted color histogram obtained from the modeling of color distribution of a specific object and the spatial distribution of dominant colors in image space. We select the human face as a specific object, model the color distribution of that in the u^*-v^* color space as a bivariate normal distribution, determine the normalized volume of the model as a weighting factor for each bin in the uniformly quantized color space, and apply the weighting factor to the histogram matching process. In addition to the weighted color histogram, the spatial distribution of dominant colors defined by bins having large value of color histogram is used to measure the similarity. Experimental results using about 500 color images showed that the proposed method is efficient for retrieving images containing human facial color.

1. 서론

최근 디지털 멀티미디어 정보의 증가와 함께, 이러한 정보를 효율적으로 표현하고, 저장하고, 원하는 정보를 효과적으로 검색하는 방법의 필요성이 점점 증대하고 있고, 이에 관한 다양한 방법들이 활발하게 연구되고 있다.

특히, 영상 혹은 비디오 데이터베이스로부터 원하는 것을 찾고자 하는 영상 검색(image retrieval) 기법은 그

중 가장 활발하게 연구되고 있는 분야중 하나이다. 그 용처로는 디지털 도서관, 멀티미디어 편집, 온라인 출판, 온라인 뉴스, 방송 등 디지털 영상이나 비디오를 다룰 필요성이 있는 다양한 분야에 걸쳐있다[1].

영상 검색 기법은 크게 텍스트 주석에 기반한 검색 기법과 내용에 기반한 검색 기법으로 나눌 수 있고, 내용에 기반한 영상 검색 기법은 주로 영상에 나타나는 색, 질감 등의 통계적인 특징이나, 기하학적인 특징을 사용하여 주석을 붙이게 되고, 이것을 기반으로 검색을 수행하게 된다. QBIC[2], Virage[3] 등이 내용기반 영상 검색 기법을 사용하는 시스템의 좋은 예이다. 영상의 특성에 관한 정보가 많이 사용되면 될수록 검색된 결과에 대한 사용자의 만족도는 높아질 가능성이 크다. 그러나, 영상의 다양한 특성을 이용한 유사성 비교 결과의 검색 방법은 사용자의 유사성 판단 기준과 동일하지 않을 수

· 본 연구는 교육부의 BK21의 지원의 일부로 수행되었습니다.

† 비 회 원 : 삼성종합기술원 신호처리Lab. 전문연구원
dusikp@samsung.co.kr

** 중 신 회 원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수
joonhan@postech.ac.kr

논문접수 : 2000년 3월 13일

심사완료 : 2000년 12월 11일

있고, 사용자에게 충분히 만족할 만한 검색 결과를 제공하지 못 할 수도 있다. 최근 연구에서는 사람의 주관적인 유사성 판단 기준이 영상 내에 존재하는 특정한 객체의 존재 유무와 그 객체의 유사성에 크게 의존한다는 사실을 밝힌 바 있다[4]. 이러한 관점에서 영상의 의미를 기술하고 검색하는 방법으로 얼굴, 공구, 물고기 등 특정한 객체 자체만을 갖는 영상 데이터베이스로부터 고유벡터를 얻고 이것을 사용한 주색 붙이기와 검색 기법을 제시한 방법[5]이나, 영상 내에서 객체로 판단될 수 있는 후보 영역별 색과 질감 특성을 사용하는 기법[6] 등이 제안되고 있다.

본 논문에서도 사용자는 영상 내에 존재하는 특정한 객체에 더 큰 관심을 가진다는 가정을 하고, 임의의 배경이 있는 질의 영상에서 사용자가 주목하는 특정한 객체가 포함된 경우, 비교되는 데이터베이스 영상 내에 주목하는 객체가 존재하면 우선적으로 유사성이 큰 것으로 판단하고, 존재하지 않으면 상대적으로 유사성이 낮은 것으로 판단하는 검색기법을 제시하고자 한다. 이러한 검색기법은 사용자가 주목하는 객체에 보다 민감하게 작용하여, 사용자가 얻고자 하는 영상을 우선적으로 검색할 목적으로 사용 가능하다. 이러한 목적을 달성하기 위해 특정 객체에 대해 그 객체가 가진 색의 색 공간상의 분포를 모델링하고, 색 공간을 객체의 모델을 포함하는 영역과 포함하지 않는 영역에 대해 서로 다른 가중치를 할당하며, 객체를 포함하는 색 공간 영역내에서는 모델링의 결과에 따라 분포의 부피 비에 비례하는 가중치를 할당하는 방법으로 히스토그램 정합을 수행한다. 이러한 정합 법을 가중 색 히스토그램 법이라 한다. 검색 결과 영상의 유사성을 높이기 위해 가중 색 히스토그램 법에 추가하여, 큰 색 히스토그램 값을 가진 특정한 수의 빈으로 정의되는 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 유사성의 측정기준으로 사용한다. 정합 과정에서 영상내의 내용물의 이동(translation)이나 회전에 영향받지 않고, 시간 소모가 큰 영역구분을 수행하지 않으면서 공간 정보를 사용하기 위해, 지배적인 색의 영상공간 분포 특성으로 각 지배적인 색의 분산과 지배적인 색간의 집단간 산포 매트릭스(between-cluster scatter matrix)를 공간 정보로 사용한다.

예제영상 질의에 의한 영상 검색 실험에서 특정 객체로 가정된 사람 얼굴의 색 분포를 모델링하여 색 공간의 각 영역에 대한 가중치를 구하고 이를 히스토그램 정합에 적용함으로써 제시된 가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 영상 검색기법이 영상에 나타나는 얼굴 색에 보다 민감하게 작용하

며, 색 히스토그램을 이용한 검색 기법이 가진 고유의 장점인 회전이나 이동 등에 강한 정합 특성을 갖는 검색 기법임을 보인다.

논문의 구성은 다음과 같다. 다음 2장에서는 얼굴색 모델링에 관해 언급하고, 3장에서는 가중치를 결정하는 방법에 대해서 설명하며, 4장에서는 지배적인 색의 영상공간 분포 정보를 표현하는 방법에 대해 기술하고, 5장에서는 이들을 이용하여 유사성 함수를 제시한다. 6장에서는 실험 결과를 보이고, 7장에서 향후 연구 방향과 함께 결론을 맺는다.

2. 얼굴색 모델링

일반적으로 영상 데이터는 카메라등 영상 입력 장치에 의해 생성된다. 이러한 입력 장치에 의해 생성된 영상 데이터에서의 얼굴색 표현은 입력 장치의 종류, 주변 조명의 색과 밝기, 인종, 화장등에 따라 크게 달라질 수 있다. 이러한 다양한 변화 요소 중에서 가장 크게 얼굴색의 변화를 유발하는 요소는 밝기의 변화이며, 얼굴색의 차이는 밝기 정규화로 줄여줄 수 있고, 색 공간상에서 특정한 분포를 가진 것으로 알려졌다. 얼굴 색에 관한 간단한 모델로 색채 히스토그램을 사용하는 방법[7]이 있고, Yang 등[8]은 얼굴에 존재하는 살색의 분포는 2차원 정규분포로 표현 가능함을 보였으며, 복합 정규분포 모델[9]로 표현 가능함을 제시한 연구도 있다. 본 연구에서는 이러한 기존 연구 결과를 영상검색에 이용하는데 관심이 있으며, 다양한 인종, 조명환경 등을 포함하는 영상을 모두 조합하여 얼굴 색에 대한 하나의 모델링을 수행하며, 시간적으로 가장 균등한 색 공간의 하나인 CIELUV 색 공간의 2차원 색도도 u^* - v^* 상에서 색 분포의 모델 파라미터를 구한다. 얼굴색 모델링을 위한 2차원 정규분포 $N(\mathbf{m}, \mathbf{S})$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$N(\mathbf{m}, \mathbf{S}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\mathbf{S}|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mathbf{m})^T \mathbf{S}^{-1}(\mathbf{x}-\mathbf{m})} \quad (1)$$

모델링은 2차원상에서 행해지므로 d 는 2이고, T 는 transpose를 의미하며, $\mathbf{x}=[u^* \ v^*]^T$ 이고, \mathbf{m} 과 \mathbf{S} 는 각각 다음과 같이 표현되는 샘플 평균(sample mean)과 샘플 공분산 매트릭스(sample covariance matrix) \mathbf{S} 이다.

$$\mathbf{m} = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u^*_i \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v^*_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_u \\ m_v \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{S} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \mathbf{m})(\mathbf{x}_i - \mathbf{m})^T = \begin{bmatrix} \sigma_{uu} & \sigma_{uv} \\ \sigma_{vu} & \sigma_{vv} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$i=1, 2, \dots, n.$

얼굴색 모델링을 위해 인터넷 상에서 수집된 총 300개-아시아계 인종, 유럽과 북미계 인종, 아프리카계 인종에서

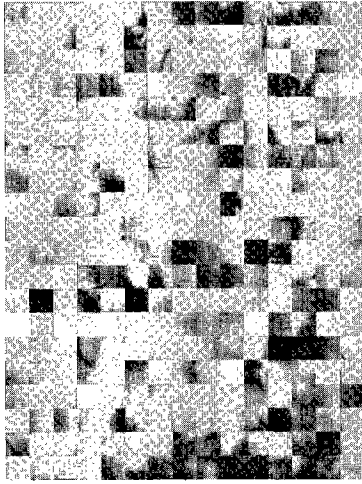
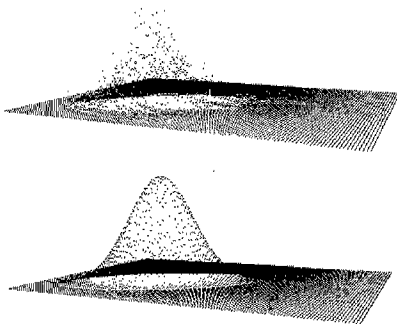
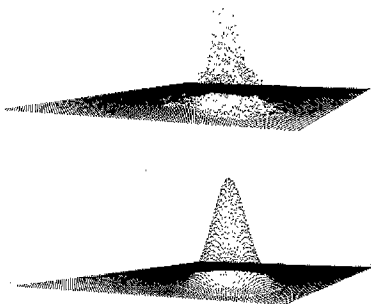


그림 1 얼굴색 샘플 집합 영상(268영상으로부터 취한 300얼굴 영상)



(a) 실제 얼굴색 분포 - 분포의 장축
(b) 모델의 분포 - 분포의 장축

그림 2 실제 얼굴색 분포와 모델의 비교



(a) 실제 얼굴색 분포 - 분포의 단축
(b) 모델의 분포 - 분포의 단축

그림 3 실제 얼굴색 분포와 모델의 비교

각각 190, 90, 20개 -의 다양한 조명, 주변 환경과 인종을 포함하는 얼굴 영상(268영상, 300얼굴) 들을 샘플(sample)로 사용하였다. 각 영상으로부터 얼굴영역에서 30x30 축소 영역을 추출하였고, 회장등에 따라 영향을 받을 수 있는 입술은 샘플 추출시에 포함되지 않도록 고려되었다. 이러한 샘플 영상을 조합한 하나의 영상을 그림 1에 나타냈다.

다양한 조명조건과 인종의 차이에도 불구하고, 얼굴색의 분포는 색도도 상에서 2차원 정규분포의 모양을 가짐을 그림 2, 그림 3에서 관찰할 수 있다. 그림 2와 그림 3은 모델과 실제 데이터의 분포가 최대값에서 동일한 높이를 가지도록 각각의 최대값을 사용하여 정규화 된 것을 보여주고 있다.

3. 가중 색 히스토그램

얼굴색 정보는 영상에서 얼굴 영역을 검출[10][11][12][13]하거나 추적[14], 추출[15][16]하기 위한 응용 분야에서 많이 사용되어 왔고, 매우 효과적이라는 것이 입증되었다.

본 연구에서는 이러한 얼굴색 정보를 영상 검색에 적용하였다. 특정 객체의 예로 사람 얼굴의 색 분포를 모델링하고, 이 정보로부터 양자화된 색 공간을 얼굴색 영역과 그 외의 영역으로 나누어 가중치를 할당하고, 또한 얼굴색 영역내의 각 빈은 포함되는 얼굴색 분포의 부피비에 따라 가중치를 할당하였다. 이와 같이 얼굴색 영역에 특정한 가중치를 할당하여 히스토그램 정합을 수행함으로써 질의 영상에 얼굴이 존재하는 경우, 일반적인 영상 검색 방법에 비해 비교되는 데이터베이스 영상에 얼굴이 존재하면 유사성이 상대적으로 더 크게되고 얼굴이 존재하지 않으면 유사성이 상대적으로 더 작아지는 검색 기법을 얻는데 목적이 있다. 이것은 특정한 객체로 얼굴색을 사용한 경우에 해당하며, 다른 객체의 경우에도 그 색 분포에 대해 적절한 가중치를 할당하는 방법으로 보다 간단히 해당 객체에 민감하게 작용하는 검색 기법을 얻을 수 있을 것이다. 이 방법은 존재하는 데이터베이스 영상에서 가장 대표적인 색을 찾아 이것을 특징으로 하여 영상을 검색하는 방법과는 달리, 데이터베이스의 변화에 영향받지 않는 검색 기법을 제공하는 장점이 있다.

색 히스토그램 정합 값은 다음 식 (4)와 같이 표현되는 히스토그램 교차[17]를 사용한 두 영상의 정합 값과 동일한 방법으로 계산된다.

$$H(I) \cap H(I') = \frac{\sum_{j=0}^n \min(H_j(I), H_j(I'))}{\sum_{j=0}^n H_j(I)} \quad (4)$$

여기에서, $H(I)$, $H(I')$ 은 각각 영상 I , I' 의 정규화된

히스토그램이고, j 는 양자화된 색 공간의 각 bins을 나타낸다. 각 bins의 화소 수를 영상 전체의 화소 수로 나누어 주는 정규화 과정은 비교되는 두 영상의 크기에 독립적인 정합 값을 얻기 위해 수행된다.

균등 양자화된 색 공간의 각 축은 미리 정해진 수 만큼 일정하게 분할되고, 각각의 분할 영역(bin)은 동일한 크기를 가지게 된다. 균등 양자화의 장점은 직접적이고 간단하다[18]는 것이다. RGB, HSV등 시각적으로 균등하지 않은 색 공간에 대해 균등 양자화를 적용하면 서로 다른 bin 간의 시각적 불균등성을 제대로 반영하지 못한다는 단점이 있지만, 균등 색 공간인 CIELUV를 유사성 비교를 위한 색 공간으로 하면 균등 양자화를 수행하는 경우라도 시각적 불균등성의 문제는 완화될 수 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 CIELUV 색 공간을 색도와 밝기에 대해 각각 균등 양자화하고, 색도에 대한 양자화에 가중 색 히스토그램법을 사용한다. 가중 색 히스토그램법[19]은 양자화된 색 공간의 특정한 bin에 특정한 가중치를 할당하고 주석 붙이기나, 검색에 이용한다는 개념이다. 주석 붙이기에 사용되는 경우 정해진 양자화 수준에 따라 각 bin에 할당되는 가중치가 다를 수 있다. 일단 각 bin에 해당하는 가중치가 결정되면 주석 붙이기 시점에 적용되어 검색시에는 히스토그램 교차에 의한 검색을 수정없이 수행 할 수 있다는 장점이 있다. 실제 주석 붙이기는 off-line으로 수행되므로, 검색이 수행되는 시점에서 기존의 히스토그램 교차 방법과 비교해서 시간차가 전혀 없이 고속 검색이 가능하다. 그러나, 가중치가 곱해진 형태로 각 bin의 히스토그램값이 저장되므로 동일한 주석으로 기존의 색 히스토그램법을 적용하여 검색하는 것은 불가능하다. 만약, 가중치 테이블을 따로 관리하고 기존 히스토그램을 변경하지 않는다면 각 bin에 대한 히스토그램을 기존 방법과 공유하면서도 가중 색 히스토그램법을 이용하여 영상을 검색하는 것이 가능할 것이다. 이하에서는 이와같이 가중치 테이블을 사용한 검색을 가정하고, 각 bin에 할당되는 가중치를 결정하는 방법에 대해 고찰한다.

각 bin의 히스토그램 값에 서로 다른 가중치를 부여하여 색 히스토그램 교차를 구하는 것을 가중 색 히스토그램 교차라 하고, 그 정합 값은 다음과 같이 정의한다.

$$[H(I) \cap H(I')]_w = \frac{\sum_{j=0}^n w_j \min(H_j(I), H_j(I'))}{\sum_{j=0}^n w_j} \quad (5)$$

여기에서 w_j 는 양자화된 색 공간상의 bin j 에 할당된 가중치이다. 가중치를 어떻게 결정하는가에 따라 영상 검색 결과가 아주 달라지게 된다. 비교되는 두 색간의 거리를

가중치로 하는 방법[2] 혹은 채도에 따라 가중치를 할당하는 방법[19] 등이 있으나, 본 연구에서는 2차원 u^*-v^* 색도도를 균등하게 양자화하고, 얼굴색을 포함하는 영역과 포함하지 않는 영역에 대해 서로 다른 가중치를 할당한다. 얼굴을 포함하지 않는 영역에 존재하는 bin에 대해서는 균등한 가중치를 할당하고, 얼굴을 포함하는 영역에 존재하는 bin의 가중치는 얼굴색의 분포에 따라 결정되는데, 얼굴색일 가능성이 크면 크게, 가능성이 작으면 작게 된다. 가능성의 크기는 bin에 포함되는 얼굴색 분포 모델의 부피로 결정된다.

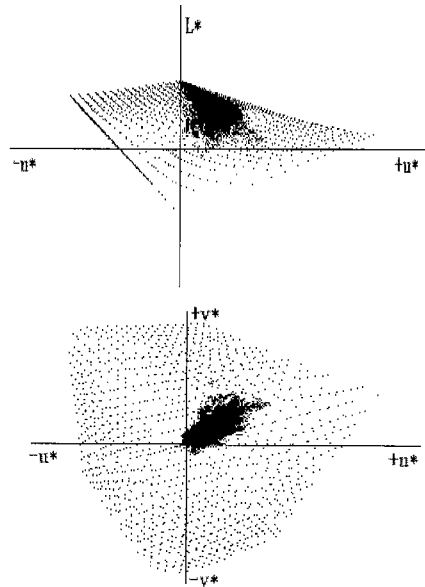


그림 4 CIELUV 색 공간에서의 얼굴색(점이 집중된 부분) 분포 : (a) L^*-u^* 평면 (b) u^*-v^* 평면

그림 4에서 CIELUV 색 공간상에 분포된 얼굴색 영역을 보여주고 있으며, 2차원으로 투사된 경우에 대한 히스토그램 모델링과 얼굴색 영역의 간략한 표현을 그림 5에서 보여주고 있다. 얼굴색이 아닌 영역(영역 A)에 속하는 모든 bin은 동일한 가중치를 가지는 반면, 얼굴색 영역(영역 B)에 속하는 bin은 각각 서로 다른 가중치를 가진다. 영역 B의 각 bin j 의 가중치 w_j 는 다음과 같은 과정으로 결정된다.

1) 얼굴색 영역을 결정한다: 얼굴색 모델링에서 다음과 같이 정의되는 Squared Mahalanobis Distance (SMD) [26]를 사용하여 유효 데이터를 결정한다.

얼굴색 모델링의 유효 데이터를 포함하는 bin을 얼굴색 영역으로 한다.

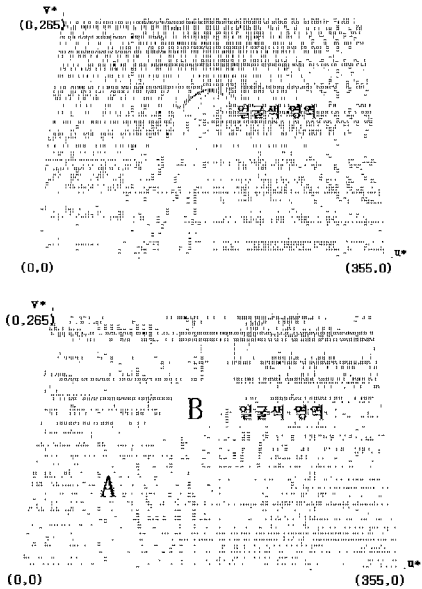


그림 5 $u-v$ 색도도상에서의 얼굴색 분포 : (a) 모델링 결과 (b) 얼굴색 영역(B)과 그 외 영역(A)의 구분

$$r^2 = (\mathbf{x} - \mathbf{m})^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{m}) \quad (6)$$

2) 얼굴색 모델링의 유효 데이터로부터 각 빈 j 에 포함되는 얼굴색의 부피 V_j 를 계산하고, 전체 부피에 대한 비를 구하며, 이것을 각 빈의 가중치로 한다.

$$w_{fj} = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

여기에서 n 은 얼굴색 영역에 포함된 빈의 수이다. 실제 각 빈의 부피 V_j 는 빈 내의 일정한 수의 이산 분포점에서의 얼굴색 모델링 결과인 정규분포 값의 합으로 한다.

얼굴색 영역과 얼굴색이 아닌 영역에 대한 가중치 설정은 질의 시점에 사용자에게 의해 임의적으로 결정될 수도 있고, 검색 시스템에서 고정된 값으로 설정하여 사용할 수도 있다. 이 값의 설정은 용도에 따라 결정될 문제이다. 얼굴색 영역에 특별한 관심이 없는 경우, 각 영역에 대한 가중치를 식 (8)과 같이 설정함으로써 일반적인 히스토그램 교차를 사용한 영상 검색 방법을 구현 할 수 있다.

$$w_{nf} = \frac{N_{nf}}{N_q}, \quad w_{fc} = \frac{N_{fc}}{N_q}, \quad N_q = N_{nf} + N_{fc} \quad (8)$$

여기에서 N_{nf} 와 N_{fc} 는 각각 얼굴색이 아닌 영역 A와 얼굴색 영역 B에 속하는 빈의 수이며, N_q 는 전체 색도도의 양자화 결과의 빈 수에 해당한다. 샘플 영상으로부터 구해지는 얼굴색 영역의 비 N_{fc}/N_q 는 양자화 수준에 따라 달라지며, SMD의 제약조건이 없는 경우, 대략

8x8 양자화의 경우 14%, 16x16 양자화의 경우 9%, 32x32 양자화의 경우 6.25%, 64x64 양자화의 경우 5%의 값을 가진 것으로 관찰되었다. 또한 얼굴색 영역의 비는 유효 데이터를 결정하는 SMD를 얼마로 하느냐에 따라 달라질 수 있다. 이러한 효과를 서로 다른 두 값의 SMD로 결정되는 얼굴색 영역 모델링 결과를 나타내는 그림 6에서 볼 수 있다.

또한 w_{nf} 는 얼굴색이 아닌 영역에 할당된 가중치이고, w_{fc} 는 얼굴색 영역에 할당된 가중치이다. 각각은 각 영역의 색 히스토그램 유사성 판단시에 반영되는 비율을 의미한다.

얼굴색을 포함하는 영상을 질의 영상으로 입력하고, 데이터베이스에서 얼굴색을 포함하는 영상을 다른 영상보다 유사성이 높은 영상으로 하는 결과를 얻고자 한다면 얼굴색 영역에 대한 가중치인 w_{fc} 를 얼굴색 영역의 비 N_{fc}/N_q 보다 큰 값으로 설정함으로써 목적을 달성할 수 있음을 실험에서 보였다.

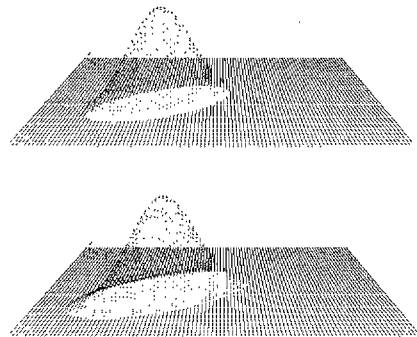


그림 6 SMD에 따른 얼굴색 영역 모델링 결과 : (a)SMD=5인 경우, (b)SMD=8인 경우

4. 지배적인 색의 영상공간 분포

색 히스토그램만 이용하여 영상을 검색하는 기법에서 나타나는 단점인 영상 내용물의 공간 분포 특성을 잘 반영하지 못하는 특징을 보완하기 위해, 영상 공간상의 색 분포를 이용하는 방법으로 영상을 블록으로 나누고 각 블록의 특성을 이용하는 방법 [20] [21] [22] [23] 과, 색 군집화 및 그에 따른 색 분포 특성을 이용하는 방법 [24], 영상내에 존재하는 모든색에 대해 각각의 색의 주변에 다른 색이 존재할 확률을 유사성의 척도로 사용하는 correlogram방법 [25] 등이 제시되고 있다. 각각의 방법이 장점을 가졌으나, 일반적으로 영상을 특징을 가진 블록으로 나누거나, 군집화 하거나, 각 화소에서의 상관

관계를 구하거나 하는 등의 시간 소모적인 작업이 필요한 단점 또한 갖고 있다.

본 연구에서는 보다 간단하면서도 영상의 공간 분포 특성을 반영하는, 아래와 같이 결정되는 지배적인 색의 영상공간 분포를 이용하여 색 히스토그램의 단점을 보완한다.

지배적인 색의 결정 과정과 영상공간 분포에 대한 정보를 얻는 과정은 다음과 같다.

1) 각 영상 데이터(RGB)에 대해서 양자화를 수행할 색 공간 ($u^i - v^i$)으로 변환한다.

2) 정해진 수준($n \times m$)의 양자화를 수행하고, 가장 많은 화소를 가진 bin을 순서대로 하여, 정해진 수(q) 만큼의 지배적인 색을 결정한다. 얼굴색 모델링 결과의 가중치를 각 bin에 곱하여 지배적인 색을 결정할 수도 있다.

3) 지배적인 색 간의 유사성을 배제하고 보다 뚜렷이 다른 색이 지배적인 색으로 결정되도록 하는 효과를 얻기 위해 하나의 결정된 지배적인 색을 중심으로 하는 ($k \times k$) 윈도우(window)내의 다른 bin은 지배적인 색으로 다시 선정하지 않는다.

4) 결정된 지배적인 색에 대해 영상 투사한다.

5) 영상에 투사된 지배적인 색의 분포 특성을 구한다.

본 연구에서는 색 히스토그램 기법이 가진 회전등에 강한 검색 특성을 보존하기 위해 회전등에는 의존적이지 않은 영상 공간상의 분포 특성을 반영하고자 한다. 지배적인 색의 분포의 방향성에 독립적인 분산 정보를 구하기 위해 분산 정도를 측정하는 단위를 다음과 같이 정의하여 사용한다.

$$V_j(I) = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{ij} + \lambda_{sj}} \quad (9)$$

여기에서 λ_{ij} , λ_{sj} 는 지배적인 색 j 의 영상공간상의 해당 화소들의 좌표로부터 주성분 분석법(principal component analysis)[27]을 통해 얻은 고유치로, 각각 첫 번째 고유치와 두 번째 고유치이며, $\lambda_{ij} \geq \lambda_{sj}$ 의 관계가 있다. 이것들은 각각에 해당하는 고유벡터 방향으로의 퍼짐 정도를 나타내는 분산 값이고, 두 값의 합이 크면 전체적인 분포가 큰 것을 의미하며, λ_{ij} 가 λ_{sj} 보다 아주 큰 경우는 한 방향으로의 방향성이 있는 분포를 가졌음을 의미한다. 각 지배적인 색의 분산 정도 $V(I)$ 는, 각 고유벡터 방향으로의 분산의 합($\lambda_{ij} + \lambda_{sj}$)과, 비등방성(anisotropy)[28]을 나타내는 두 고유치의 비($\lambda_{sj} / \lambda_{ij}$)를 곱한 값으로 했고, 방향성과 위치는 고려되지 않았다. 지배적인 색 간의 분산 정도는 다음과 같이 표현되는 군집간 산포 매트릭스(between-cluster scatter matrix)[26]를 사용한다.

$$C(I) = \sum_{j=1}^n p_j [(m_w - \mu_u)^2 (m_w - \mu_v)^2] \quad (10)$$

$$(\mu_u, \mu_v) = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_w, \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_v \right) \quad (11)$$

여기에서 p_j 는 j 번째 지배적인 색의 화소수의 영상 공간 전체화소수에 대한 비이며, m_w , m_v 는 j 번째 지배적인 색의 영상 공간상의 평균좌표 값이고, μ_u , μ_v 는 지배적인 색들의 평균 좌표 값의 평균 값이다.

5. 유사성(similarity)

본 연구에서는 예제 영상을 통한 질의(query by example image)를 가정하며, 주어지는 질의 영상과 데이터베이스에 저장된 영상간의 유사성을 비교하여 유사성이 가장 큰 순서로 정해진 수의 영상을 사용자에게 되돌려주는 검색 방법을 가정한다. 이러한 방법의 질의 및 검색 방법에 기초하여, 질의 영상과 데이터 베이스 영상간의 비슷한 정도를 나타내는 유사성 S 를 다음과 같이 정의한다.

$$S = w_c S_c + w_s S_s \quad (12)$$

여기에서 S_c 는 색 히스토그램의 유사성이고, S_s 는 지배적인 색의 영상공간 분포의 유사성을 나타낸다. w_c , w_s 는 각각의 유사성에 대한 반영 비율을 나타내는 가중치이다.

색 히스토그램의 유사성 S_c 는 다음과 같이 정의되는 값이다.

$$S_c = w_{ch} S_{ch} + w_{lh} S_{lh} \quad (13)$$

색 히스토그램의 유사성 S_c 는 색도 성분의 유사성 S_{ch} 와 밝기 성분의 유사성 S_{lh} 로 구분되며, 가중치 w_{ch} 와 w_{lh} 는 각각 색도 성분과 밝기 성분의 반영 비율을 나타내는 값이다.

또한 색도 성분의 유사성 S_{ch} 는 다음과 같이 정의된다.

$$S_{ch} = w_{nf} S_{nf} + w_{fc} S_{fc} \quad (14)$$

여기에서 S_{nf} , S_{fc} 는 각각 얼굴색이 아닌 영역에 대한 색 히스토그램 유사성과 얼굴색 영역에 대한 색 히스토그램 유사성을 의미하며, 각 유사성에 곱해진 가중치 w_{nf} , w_{fc} 는 각각의 반영 비율을 결정하는 값이다.

얼굴색이 아닌 영역에 대한 색 히스토그램 유사성 S_{nf} 는 다음과 같이 정의된다.

$$S_{nf} = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} \min(H_j(I), H_j(I'))}{\sum_{j=1}^{N_j} H_j(I)} \quad (15)$$

여기에서 히스토그램 bin j 는 얼굴색이 아닌 영역에 해당하는 것 만 고려된다.

얼굴색 영역에 대한 색 히스토그램 유사성 S_{fc} 는 다음

과 같이 정의된다.

$$S_{fc} = \frac{\sum_{j=1}^{N_q} w_{fj} \min(H_j(D), H_j(I'))}{\sum_{j=1}^{N_q} w_{fj} H_j(D)} \quad (16)$$

여기에서 히스토그램 빈 j 는 얼굴색 영역에 해당하는 것 만 고려된다.

밝기 성분의 유사성 S_H 는 다음과 같이 정의된다.

$$S_H = \frac{\sum_{j=1}^{N_q} \min(H_j(D), H_j(I'))}{\sum_{j=1}^{N_q} H_j(D)} \quad (17)$$

여기에서 N_H 는 밝기 성분에 대한 양자화 수준과 동일하다.

지배적인 색의 영상공간 분포의 유사성 S_s 는 다음과 같이 정의된다.

$$S_s = \frac{1}{n+1} \left\{ \left[\sum_{j=1}^n w_{sj} \frac{\min(V_j(D), V_j(I'))}{\max(V_j(D), V_j(I'))} \right] + \left[\frac{\min(C(D), C(I'))}{\max(C(D), C(I'))} \right] \right\} \quad (18)$$

여기에서 n 은 정해진 지배적인 색의 수를 의미한다. $V_j(I)$, $V_j(I')$ 은 각각 질의 영상과 데이터베이스 영상의 각 지배적인 색 자체의 영상 공간상에서의 분포의 분산 정도이고, $C(I)$, $C(I')$ 는 각각 질의 영상의 지배적인 색 간의 균집간 산포 매트릭스, 데이터베이스 영상의 지배적인 색 간의 균집간 산포 매트릭스를 나타내는 값이다. 가중치 w_{swj} 는 양자화된 2차원 색도도 상에서의 거리에 의해 결정되는 값으로 다음과 같이 정의된다.

$$w_{swj} = \frac{1}{(d_j + 1)^2} \quad (19)$$

여기에서 d_j 는 양자화된 2차원 색도도 상에서 비교되는 두 빈 간의 city-block distance이다. w_{swj} 는 지배적인 색 간의 색도도상의 유사도를 반영하는 것으로, 비교되는 두 영상의 n 개의 정해진 지배적인 색간에 가장 가까운 색을 일대일 대응시킨 후 거리를 구한다. 두 지배적인 색간의 거리가 가까운 경우에 그 분산의 유사성을 크게 반영하고, 그렇지 않은 경우 그 분산의 유사성을 아주 작게 반영하도록 했다.

식 (12)에 나타낸 영상간의 유사성 S 는 다음과 같이 재 정리될 수 있다.

$$S = w_c [w_{ch}(w_{nf}S_{nf} + w_{fc}S_{fc}) + w_H S_H] + w_s S_s \quad (20)$$

여기에서 w_c , w_s , w_{ch} , w_H , w_{nf} , w_{fc} , 는 모두 임의적으로 설정될 수 있으며, 이 값들의 설정에 따라 검색 결과는 달라진다. 만약 기존의 색 히스토그램에 의한 영상 검색과 유사한 결과를 얻고자 한다면, $w_c = 1$, $w_s = 0$, $w_{ch} = 2/3$, $w_H = 1/3$, $w_{nf} = N_{nf}/N_q$, $w_{fc} = N_{fc}/N_q$ 로 설정하여 원하는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 얼

굴색에 보다 민감하게 작용하는 검색 성능을 원한다면, $w_{nf} < N_{nf}/N_q$, $w_{fc} > N_{fc}/N_q$ 로 설정함으로써 원하는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 본 연구의 주요 관심은 w_{fc} 와 w_{nf} 의 도입에 있으며, 또한 S_{fc} 내에 포함된 w_{fj} 와 S_s 에 포함된 w_{swj} 의 적절한 값 할당에 있다. 여기에서 w_{fc} 와 w_{nf} 는 특정한 객체에 보다 민감하게 작용하는 검색 기법을 설계하는 하나의 방법론으로서 제시되었다.

6. 실험 결과

먼저, 가중 색 히스토그램을 사용한 검색 기법의 성능을 실험을 통해 보이고, 그 다음 3개의 지배적인 색의 영상공간 분포의 유사성을 이용한 검색 기법의 실험 결과를 보인다. 또한 두 가지 방법이 결합된 검색 기법의 실험 결과를 일반적인 영상 집합에 적용한 결과를 보인다.

얼굴색 모델링은 그림 1의 얼굴색 샘플 데이터로부터 식 (1)을 만족하는 파라미터를 구함으로써 행해졌으며, 각각은 다음의 값을 가졌다.

$$m = \begin{bmatrix} 166.996 \\ 158.171 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$S = \begin{bmatrix} 148.115 & 61.572 \\ 61.572 & 73.623 \end{bmatrix} \quad (22)$$

$[u^*, v^*]$ 의 값의 범위는 실제 $[-135 \sim 220, -140 \sim 125]$ 인데, 모델링과 다른 모든 영상처리를 위해 $[0 \sim 355, 0 \sim 265]$ 의 범위로 재조정되어 사용되었다. 또한 실험에서는 얼굴색의 범위를 결정하는 SMD는 4로 설정하였고, 이 범위내의 얼굴색 모델의 정규화된 부피를 구하여 각 양자화 수준에서 가중치 히스토그램으로 했다.

그림 7은 영상검색 과정을 블록도로 보여주고 있다. 여기에서 영상 데이터베이스의 주석 테이블(index table)과 모델의 가중치 테이블(weight table)은 검색을 수행하기 전에 미리 작성하여 둔 값들이다. 검색을 수행하는 시점에서는 단지, 질의 영상(query image)의 인덱스만을 생성하고 정합 정도를 Matching Procedure에서 판단한다. 정합 정도의 척도는 유사성 S 이다.

가중 색 히스토그램을 이용한 검색 실험에서는 가중 색 히스토그램 기법이 얼굴을 포함하는 영상을 질의 영상으로 하여 검색하는 경우, 영상 데이터베이스에서 얼굴이 존재하는 영상에 대해 더 민감하게 작용하고, 더 큰 유사성을 가지는지를 고찰한다. 이러한 고찰을 쉽고 간단하게 하기 위해 동일한 배경을 가진 영상에 인종과 조명 환경이 다른 경우에 얻은 얼굴 영상을 중첩한 것을 사용한다. 그림 8에 얼굴과 색표가 나란히 있는 질의

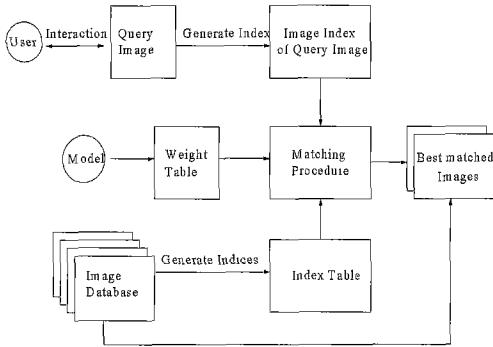


그림 7 영상검색 과정의 블록도

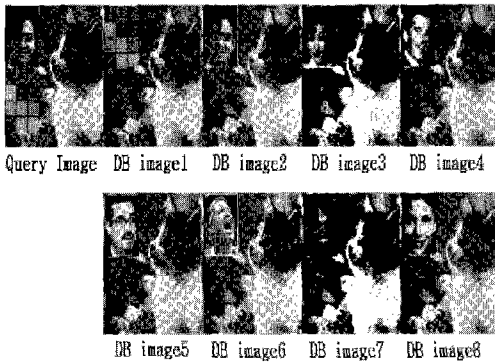


그림 8 가중 색 히스토그램의 성능 검증을 위한 영상 데이터베이스 영상

영상과 8장의 데이터베이스 영상을 나타했다. 검색 기법의 성능은 식 (15), (16), (17)에 나타낸 각각의 유사성에 대한 가중치를 변경하면서 얼굴을 포함하는 영상을 찾는 것으로 검증했다. 검색 결과를 전통적인 방법의 하나인 RGB 색 공간의 균등 분할에 따른 색 히스토그램 교차에 의한 검색 기법의 결과와 비교했다.

표 1과 표 3은 각각 다른 가중치를 사용하여 $L^*u^*v^*$ 색 공간에서의 가중 색 히스토그램을 사용한 검색 기법에 의해 결정되는 유사성 값과 그 유사성 값의 크기에 따라 순위(rank)를 매긴 두 실험 결과를 보여준다. 실험1에서는 $L^*u^*v^*$ 색 공간에 대해 밝기 L^* 에 대해 8 단계로, 색도 신호 u^*v^* 에 대해 16 x 16 단계의 1차원 +2차원 양자화가 적용되었고, RGB 색 공간에 대해서는 8 x 8 x 8의 3차원 양자화가 적용되었다. 결과의 빈 수는 RGB 색 공간의 경우, 512 개이고, $L^*u^*v^*$ 색 공간의 경우 RGB 색 공간에 비해 약 반 정도인 264개이다. 이러한 양자화 수준에서 색도의 가중치 $w_{ch}=0.7$ 로 밝기

의 가중치 $w_l=0.3$ 으로 고정하고, 얼굴색 영역의 가중치 w_k 와 얼굴색이 아닌 영역의 가중치 w_{nk} 를 변화시켜가면서 검색을 수행한 경우에 얻어지는 질의 영상과 데이터베이스 영상간의 유사성 결과를 보였다. 실험2에서는 양자화 수준은 실험1과 같은 조건으로 설정하였고, 얼굴색 영역의 가중치를 $w_k=0.3$, 얼굴색이 아닌 영역의 가중치를 $w_{nk}=0.7$ 로 설정한 다음 색도의 가중치 w_{ch} 와 밝기의 가중치 w_l 를 변화시켜가면서 유사성의 변화를 관찰하였다.

표 1에서 보는바와 같이 얼굴색 영역의 가중치를 0.1에서 0.5까지 점차 높임에 따라 얼굴을 포함하는 영상의 유사성은 점차 커지고, 그에 따라 색표를 포함하는 영상은 점차 유사성이 상대적으로 떨어진다 것을 알 수 있다. RGB 색 공간에서는 색표를 포함하는 영상이 질의 영상과 가장 큰 유사성을 가졌는데, 가중 색 히스토그램을 사용한 검색 기법의 경우, 기대했던 바 대로 얼굴색 영역의 가중치를 높임으로써 질의 영상내에 존재하는 얼굴과 다른 인종의 얼굴을 포함하는 영상이라도 색표를 포함하는 영상보다는 유사성이 높게 인식되는 결과를 보였다. 그림 9에 이러한 결과를 나타냈다.

또한 표 2에서는 실험 1에서 적용된 각 가중치의 결과로 얻어지는 유사성의 평균과 표준 편차를 보였다. 영상내에 얼굴이 존재하지 않는 데이터베이스 영상 1(IMG1)의 표준 편차가 6.96으로 얼굴이 포함된 영상 유사성 값중에서 가장 큰 표준편차를 가진 데이터베이스 영상 6(IMG6)의 표준편차 3.23의 2배 이상임을 알 수 있다. 영

표 1 가중 색 히스토그램 검색 실험 1의 유사성 순위와 유사성 값

w_k	w_{nk}	IMG 1	IMG 2	IMG 3	IMG 4	IMG 5	IMG 6	IMG 7	IMG 8
0.1	0.9	1	2	6	3	5	8	4	7
		90.4	88.0	82.2	84.8	83.8	81.6	84.6	82.0
0.3	0.7	5	1	6	2	3	8	4	7
		81.6	90.2	81.1	87.2	86.1	77.5	86.1	79.3
0.5	0.5	8	1	5	2	3	7	4	6
		72.8	92.4	80.0	89.7	88.5	73.4	87.6	76.5
RGB		1	2	5	3	4	8	6	7
8 x 8 x 8		88.0	87.2	81.6	82.7	81.9	79.1	81.4	80.1

표 2 검색 실험 1의 각 영상에 대한 유사성 평균과 표준편차

구분	IMG1	IMG2	IMG3	IMG4	IMG5	IMG6	IMG7	IMG8
평균	81.6	90.2	81.1	87.24	86.14	77.5	86.06	79.68
표준편차	6.96	1.74	0.89	1.94	1.85	3.23	1.19	2.04

표 3 가중 색 히스토그램 검색 실험 2의 유사성

w_{ch}	w_{lt}	IMG1	IMG2	IMG3	IMG4	IMG5	IMG6	IMG7	IMG8
0.6	0.4	5	1	6	2	3	8	4	7
		83.7	90.7	82.7	88.3	87.3	79.9	86.9	81.3
0.8	0.2	6	1	5	2	3	8	4	7
		79.47	89.8	79.47	86.2	85.2	75.0	85.3	77.3
1.0	0.0	6	1	5	2	4	8	3	7
		75.2	88.8	76.2	84.2	83.4	70.1	83.7	73.3
RGB		1	2	5	3	4	8	6	7
8x8x8		88.0	87.2	81.6	82.7	81.9	79.1	81.4	80.1

표 4 검색 실험 2의 각 영상에 대한 유사성 평균과 표준편차

구분	IMG1	IMG2	IMG3	IMG4	IMG5	IMG6	IMG7	IMG8
평균	79.46	89.76	79.45	86.22	85.26	75.02	85.3	77.3
표준편차	3.36	0.74	2.58	1.61	1.52	3.87	1.26	3.16

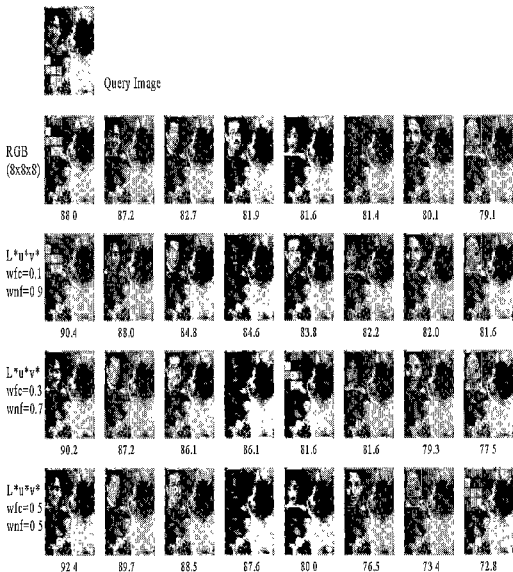


그림 9 가중 색 히스토그램 기법과 기존 색 히스토그램 기법에 의한 영상 검색 결과의 비교 (위쪽에서부터 유사성이 큰 순서대로 배열)

상내에 얼굴이 존재하지 않는 경우 가중치의 변화에 따라 그 정합 값의 변화가 크고, 영상내에 얼굴이 존재하는 경우는 그 변화가 작음을 알 수 있다. 이것으로 가중 색 히스토그램을 이용한 영상 검색 기법이 검색하고자하는 영상에서의 얼굴색의 존재 유무에 민감하게 작용함을 알 수 있다. 따라서, 가중 색 히스토그램을 이용한 영상 검색 기법으로 얼굴색을 포함하는 영상을 질의로 하여 검

색 하는 경우, 데이터베이스 영상에서 얼굴색을 포함하는 영상을 우선적으로 찾을 수 있다. 표 3은 얼굴색 영역의 가중치를 고정하는 경우, 색도도의 가중치와 밝기의 가중치의 변화에 따라 유사성 값 자체는 변하지만, 영상별 유사성의 등위는 크게 변하지 않음을 보여준다. 또한 표 4에서는 유사성이 작은 영상에 대해서 그 만큼 표준편차가 커지는 경향성을 보이지만, 얼굴색이 포함된 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 특별한 구별 요소를 제공하지는 못하고, 색도의 가중치와 밝기의 가중치가 변화하더라도 유사성의 변화는 그리 크지 않음을 보여준다. 다시말해, 색도의 가중치와 밝기의 가중치는 본 실험 영상에서 얼굴을 포함하는 영상을 찾는 데 크게 기여하지 않음을 의미하며, 색도의 가중치와 밝기의 가중치를 변화시켜가면서 실험 1과 동일한 실험을 반복적으로 수행할 필요가 없음을 의미한다.

지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 검색 실험에서는 그림 10에서 보여주는 바와 같이 몇 개의 지배적인 색(3색, 배경 흰색 제외)이 존재하는 영상을 임의로 생성하고, 이것을 질의 영상으로 하며, 질의 영상에 존재하는 색 영역의 공간 분포 변형과 색 변형을 통해 생성한 8개의 영상들을 데이터베이스 영상으로 하여 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 검색 기법의 결과를 보였다. 결과의 유사성과 등위를 표 5와 그림 11에서 보였다. w_c , w_s 의 변화에 대한 결과를 관찰했고, RGB 색 공간의 결과와 비교했다. 색에 대한 가중치는 $w_c=0.5$, $w_s=0.5$, $w_{ch}=0.7$, $w_{lt}=0.3$ 으로 고정하고 실험했다.

표 5에서 보는바와 같이 색상에만 가중치를 두고 공간 분포에 대한 가중치를 없앤 경우에는 RGB 색 공간에서 색 히스토그램 교차에 의한 검색 기법과 유사성 등위가 동일하게 나타남을 알 수 있다.

두 경우 모두 유사성의 절대값 크기는 다르지만, 각각 영상 2, 3에 대해 동일한 유사성을 영상 4, 5, 6에 대해 동일한 유사성을 보였다.

그림 11에서 보는바와 같이 동일한 유사성을 보이는 영상 2, 3 혹은 4, 5, 6의 공간분포는 다르지만, 색 히스토그램 만으로 이들의 차이를 구별할 수는 없다. 지배적인 색의 공간분포를 검색에 반영한 ($w_c=0.5, w_s=0.5$)의 경우나, ($w_c=0.0, w_s=1.0$)의 경우, 색 히스토그램만으로 판단할 때 유사성이 완전히 똑 같은 영상들도 서로 다른 유사성을 가지게 된다. 색과 함께 공간 분포의 유사성이 적절하게 반영됨을 알 수 있다.

특히 데이터베이스 영상 5(IMG5)의 경우 공간 분포의 특성이 크게 반영 될 수록 그 유사성이 점점 작아지는 것을 확연하게 볼 수 있다.

그림에서 질의 영상에 존재하는 지배적인 색의 분포와 비슷한 분포를 가진 데이터베이스 영상이 큰 유사성을 가졌음을 알 수 있고, 또한 분포가 비슷하더라도 지배적인 색의 색상이 서로 다른 경우에는 그 유사도가 낮게 나오는 결과를 볼 수 있다. 이러한 결과는 식 (20)에서 의도된 바와 같다.

표 5 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 검색 실험 결과: 유사성 순위와 유사성 값

w_c	w_s	IMG1	IMG2	IMG3	IMG4	IMG5	IMG6	IMG7	IMG8
0.0	1.	7	3	2	5	8	4	6	1
		50.1	66.7	72.3	54.2	44.2	55.8	51.1	75.1
0.5	0.5	8	2	1	6	7	5	4	3
		21.0	99.68	99.74	50.01	49.9	50.03	74.0	82.8
1.0	0.0	8	1	1	5	5	5	4	3
		20.8	100.0	100.0	50.0	50.0	50.0	74.2	82.8
RGB		8	1	1	5	5	5	4	3
8 x 8 x 8		80.6	100.0	100.0	87.8	87.8	87.8	92.2	94.9

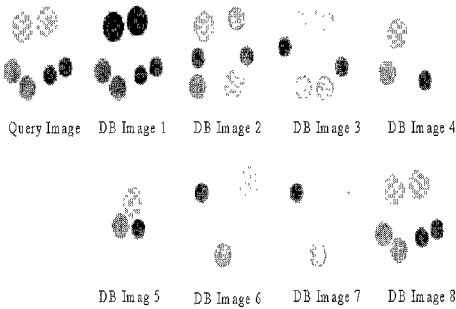


그림 10 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 영상 검색의 성능 검증을 위한 질의 영상과 데이터베이스 영상

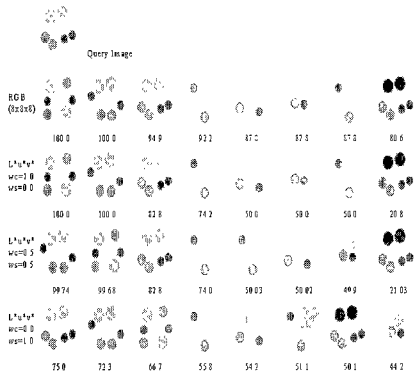


그림 11 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 이용한 영상 검색 결과의 비교 (왼쪽에서부터 유사성이 큰 순서대로 배열)

기본적으로 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 검색에 반영하는 것은 영상공간상에 존재하는 지배적인 색을 검색에서 유효한 정보로 활용하는데 의미가 있으며, 본 연구에서 주요 관심사로 다른 얼굴색이 존재하는 질의 영상에 대해 얼굴색을 포함하는 검색 결과를 얻는데 적용해 본다면, 다수의 얼굴이 존재하는 질의 영상의 검색에서 그 얼굴들의 공간 분포를 적절하게 반영하도록 하는데 적절하게 응용 가능할 것이다. 그림 12에서는 인터넷을 통해 얻은 102 영상에서 하나를 질의 영상으로 선택하고, 나머지를 데이터베이스 영상으로 하여 각 방법별 검색 결과를 보였다.

가중 색 히스토그램만을 이용하여 검색한 결과 (LUV-1)와 가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 함께 이용한 검색 결과(LUV-2)가 RGB 색 공간의 전통적인 색 히스토그램을 이용한 검색 결과와 비교되었고, 왼쪽에서부터 유사성이 큰 순서대로 놓여졌다. 두 가중 색 히스토그램 기법에 적용된 가중치는 LUV-1의 경우 $w_{ch}=0.7$, $w_{li}=0.3$, $w_{fc}=0.5$, $w_{rf}=0.5$, $w_c=1.0$, $w_s=0.0$ 이며, LUV-2의 경우 $w_{ch}=0.7$, $w_{li}=0.3$, $w_{fc}=0.2$, $w_{rf}=0.8$, $w_c=0.1$, $w_s=0.9$ 이다. LUV-1은 얼굴색에 큰 가중치(50%)를 두고, 지배적인 색의 공간 분포는 무시된 형태이며, LUV-2는 얼굴색에 대한 가중치를 조금 낮추었을 뿐만 아니라, 영상 전체에서 색 히스토그램의 유사성을 아주 낮추고(10%) 지배적인 색의 영상 공간분포 특성을 대부분(90%) 반영한 형태이다.

LUV-2의 검색 결과에서 보면 색이 많이 다른 영상이 나타나는데, 이것이 색 히스토그램의 영향을 낮춘 결과에서 비롯된 것으로 판단된다.

제안된 가중 색 히스토그램을 이용한 검색 기법은 색 히스토그램의 기본틀을 유지하면서 특정한 색에 가중치를 크게 하는 방법이므로, 세 방법에서 검색 결과의 전체적인 느낌은 큰 차이가 없으나, 개별적 영상의 유사성



그림 12 일반적인 영상 데이터베이스(102 영상)에 적용된 검색 실험 결과 1

표 6 일반 영상(102 영상)에 대한 실험 1: 검색 기법별 검색 효율

검색 기법	검색효율(실험 1)
RGB	0.9
LUV-1	1.0
LUV-2	1.0

의 절대치나 순서등이 다르며 특히, LUV-2의 경우는 다른 두 기법과 달리 아주 다른 내용물의 영상이 검색되기도 했다. 검색 기법의 성능은 흔히 다음과 같이 표현되는 검색 효율 η 로 나타낸다[24].

$$\eta = \begin{cases} \frac{n}{N} & \text{if } N \leq R \\ \frac{n}{R} & \text{if } N > R \end{cases} \quad (23)$$

여기에서 N 은 데이터베이스 내에 있는 영상중 질의 영상과 유사한 영상의 수이며, R 은 검색 결과 목록의 개수로 본 실험에서는 10의 값을 가지며, n 은 10개의 검색 결과 영상 중에서 질의 영상과 유사한 영상의 수이다. 만약 N 이 R 보다 작은 경우는 검색 효율이 이러한 상황을 반영하여 값이 얻어져야 하며, 그 값의 범위는 항상 0에서 1사이이다.

본 연구에서는 유사 영상 판단 기준을 질의 영상에 사람 얼굴이 있는 경우, 비교되는 영상에 사람 얼굴이 존재하는지 아닌지 만을 평가하여 정했다. 다시 말해, 질의 영상에 얼굴이 있으므로 데이터베이스 영상에서 사람의 얼굴이 있기만 하면 유사한 영상으로 간주한다.

이러한 방법으로 검색 효율을 얻은 결과를 표 6에 나타냈다.

그림 13과 14에는 또 다른 영상 데이터베이스에 대한 검색 결과를 보여준다. 사용된 데이터베이스 내에는 총 402개의 영상이 존재하며, 그 중 약 70여개의 영상은 만화 혹은 사진의 형태로 크고 작은 사람의 얼굴을 포함하고 있다. 두 그림 모두 왼쪽 상단에 있는 하나의 영상은 질의 영상이고, 질의 영상 오른쪽의 상단 5 영상은 RGB 색 공간의 전통적인 색 히스토그램을 이용한 검색 결과이며, 아래 두 줄의 영상은 각각 가중 색 히스토그램만을 이용하여 검색한 결과(LUV-Color)와 가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상공간 분포 특성을 함께 이용한 검색 결과(LUV-Spatial)를 보여준다.

세 방법 모두 왼쪽에서부터 오른쪽으로 유사성이 큰 순서로 영상이 배열되었다. 두 가중 색 히스토그램 기법에 적용된 가중치는 LUV-Color의 경우 $w_{ch}=0.7, w_l=0.3, w_{fc}=0.5, w_{nf}=0.5, w_c=1.0, w_s=0.0$ 이며, LUV-Spatial의 경우 $w_{ch}=0.7, w_l=0.3, w_{fc}=0.3, w_{nf}=0.7, w_c=0.2, w_s=0.8$

이다. LUV-Spatial의 경우, LUV-2의 경우와 약간 다른 가중치가 주어졌다. 검색 효율은 표 7에 나타났다.

검색 효율에 따른 검색 성능의 비교에서는 LUV-Color 방법이 가장 우수한 편이고 나머지는 들은 비슷한 결과를 냈다고 할 수 있겠다. 검색 기법의 성능을 평가하기 위해 검색 효율등 정량적 평가기준이 도입되고 있으나, 여전히 영상간의 유사성에 대한 판단은 사람에게 의해 주관적으로 이루어지며, 이것은 색과 마찬가지로 하나의 인식 문제로 볼 수 있고, 사람마다 서로 다른 판단 기준을 갖고 있을 수 있어 정량화하기 어려운 문제이다. 다만, 주관적이며, 직관적인 판단을 한다면, 검색 실험 2의 경우 LUV-Color가, 검색 실험 3의 경우 LUV-Spatial이 다른 두 방법보다 우수하다고 할 수 있겠다.



그림 13 일반적인 영상 데이터베이스(402 영상)에 적용된 검색 실험 결과 2



그림 14 일반적인 영상 데이터베이스(402 영상)에 적용된 검색 실험 결과 3

7. 결론

본 논문에서는 특정 객체에 대한 색 분포 특성을 히스토그램 정합에 적용하는 가중 색 히스토그램과 영상에서 나타나는 지배적인 색의 영상공간 분포를 영상의

표 7 일반 영상(402 영상)에 대한 실험 2,3: 검색 기법별 검색 효율

검색 기법	검색 효율(실험 2)	검색 효율(실험 3)
RGB	0.8	1.0
LUV-Color	1.0	1.0
LUV-Spatial	1.0	1.0

유사성 판단 기준으로 하는 영상 검색 기법을 제시했다.

특정 객체의 예로 사람 얼굴의 색 분포를 모델링하고, 이 정보로부터 양자화된 색 공간을 얼굴색 영역과 그 외의 영역으로 나누어 가중치를 할당하고, 또한 얼굴색 영역내의 각 빈은 포함되는 얼굴색 분포의 부피비에 따라 가중치를 할당하였다.

이와 같이 양자화된 색 공간의 각 빈에 특정한 가중치를 할당하여 히스토그램 정합을 수행함으로써 영상에 나타나는 얼굴색에 보다 민감하게 작용하는 검색 기법을 얻을 수 있음을 실험을 통해 보였다. 또한 양자화된 색 공간상에서 히스토그램이 큰 순서대로 정해진 수 만큼의 빈으로 정의되는 지배적인 색의 영상공간 분포의 분산 특성을 가중색 히스토그램과 함께 비교되는 영상간의 유사성 판단 기준으로 사용하여, 영상공간 분할등에 따르는 시간 소모없고, 영상 내용물의 회전이나 이동 등에 크게 영향받지 않으면서, 영상공간 분포 특성을 반영하는 영상검색 기법의 성능을 실험으로 보였다. 제안된 영상검색 방법은 특정 객체에 보다 민감하게 작용하는 검색 성능을 보일 뿐 아니라, 특정 객체별 가중치는 영상 데이터베이스와 독립적으로 구해지고 사용될 수 있어 영상 데이터베이스의 추가, 삭제에 따라 주석블이기의 완전한 갱신을 요구하지 않는 장점이 있다. 또한 가중 색 히스토그램과 지배적인 색의 영상공간 분포 특성에 대한 가중치 할당 방법은 영상 검색을 위한 시스템 설계 시점에서 검색 속도나, 검색 편의성 등을 고려하여 적절하게 조합된 형태로 사용될 수 있을 것이며, 얼굴색이 아닌 다른 객체들을 위한 가중치 테이블을 준비하여 사용자가 선택 가능하도록 한다면, 특정한 객체의 검색 목적을 위해 보다 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 예제의 질의 영상이 있는 경우에 대한 검색 기법에 관해 고찰했는데, 영상 검색 분야엔 이외에도 사용자 스케치에 따른 검색이나, 사용자 지정색과 공간분포에 대한 검색등의 보다 많은 연구 과제가 있고, 또한 효율적인 주석블이기 등도 주요한 연구 과제이다. 추후에는 특정한 객체(혹은 의미 있는 단어)에 대한 모델링을 이용하여 수동의 주석 블이기를 수행하지 않은 영상

데이터베이스에 대해 키워드와 이의 조합에 의한 검색이 가능한 영상 주석블이기와 질의 방법을 찾고자 한다.

참고 문헌

- [1] John R. Smith, "Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis and Compression," Columbia University, Ph.D. Dissertation, 1997.
- [2] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, P. Yanker, and C. Faloutsos, "The qbic project: Querying images by content using color, texture, and shape," In Storage and Retrieval for Image and Video Database(SPIE), vol. 1908, pp. 173-187, 1993.
- [3] J. R. Bach, C. Fuller, A. Gupta, A. Hampapur, B. Horowitz, R. Humphrey, R. C. Jain, and C. Shu, "Virage image search engine: an open framework for image management," In Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology - Storage and Retrieval for Image and Video Database(SPIE), vol. 2670, pp.76-87, 1996.
- [4] Hidenori Yamamoto, Hidehiko Iwasa, Naokazu Yokoya, Haruo Takemura, "Content-Based Similarity Retrieval of Images Based on Spatial Color Distributions," In ICIAP99, pp. 951-956, 1999.
- [5] A. Pentland, P. W. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Content-based manipulation of image databases," International Journal of Computer Vision, vol. 18, no. 3, pp.233-254, 1996.
- [6] 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," In International Conference on Computer Vision, 1998.
- [7] 유태용, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", 정보과학회논문지(B), 제 24 권 제 2 호, pp. 180-192, 1997.
- [8] Jie Yang, Weier Lu, and Alex Waibel, "Skin-colour modeling and adaptation," School of Computer Science, CMU, Technical Report CMU-CS-97-146, 1997.
- [9] Ming-Hsuan Yang and Narendra Ahuja, "Gaussian Mixture Modeling of Human Skin Color and Its Applications in Image and Video Databases," In Proceedings of SPIE/EIT Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE 99), 1999.
- [10] Ming-Hsuan Yang and Narendra Ahuja, "Detecting Human Faces in Color Images," In IEEE International Conference on Image Processing, vol. 1, pp. 127-130, 1998.
- [11] Douglas Chai and King N. Ngan, "Locating Facial

- Region of a Head-and-Shoulders Color Image," In 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition(FG'98), 1998.
- [12] Lifang Gu and Don Bone, Skin Colour Region Detection in MPEG Video Sequences, In 10th International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 898-903, 1999.
- [13] 김남호 김형곤 고성제, "색상 움직임을 이용한 얼굴 특징점 자동 추출", 전자공학회는문지(S), vol. 35, no. 8, pp. 55-67, 1998.
- [14] Jie Yang and Alex Waibel, "A Real-Time Face Tracker," In Proceedings of the Third IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 1996.
- [15] Douglas Chai and King N. Ngan, Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 9, no. 4, pp. 551-564, 1999.
- [16] 양애경 이근수 최형일, "동영상에서 예측된 얼굴 영역의 기울어짐 보상에 의한 얼굴 구성요소 추출", 정보과학회논문지(B) 제 26 권 제 11 호, pp. 1332-1341, 1999.
- [17] Michael J. Swain and Dana H. Ballard, "Color indexing," International Journal of Computer Vision, vol. 7, no. 1, pp. 11-32, 1991.
- [18] Xia Wan and C.-C. Jay Kuo, "Color distribution analysis and quantization for image retrieval," SPIE proceedings, vol. 2670, 1996.
- [19] Du-Sik Park, Jong-Seung Park, TaeYong Kim, and Joon Hee Han, Image Indexing Using Weighted Color Histogram, In 10th International Conference on Image Analysis and Processing(ICIAP'99), pp. 909-914, 1999.
- [20] 류명분 우석훈 박동권 원치선, "블록단위 특성분류를 이용한 컬러 영상의 검색", 전자공학회는문지(S), vol. 34, no. 12, pp. 81-89, 1997.
- [21] 강현인 백광렬, "가변 블록 크기와 블록 매칭 알고리즘의 조합에 의한 내용기반 화상 검색", 전자공학회는문지(S), vol. 35, no. 8, pp. 47-54, 1998.
- [22] K.C.Ravishankar, B.G. Prasad, S.K. Gupta, and K.K. Biswas, Dominant color region based indexing for cbir, In 10th International Conference on Image Analysis and Processing(ICIAP'99), pp. 887-892, 1999.
- [23] Hidenori Yamamoto, Hidehiko Iwasa, Naokazu Yokoya, and Haruo Takemura, Content-based similarity retrieval of images based on spatial color distributions, In 10th International Conference on Image Analysis and Processing(ICIAP'99), pp. 951-956, 1999.
- [24] Kankanhalli S. Mohan, Mehtre M. Babu, and Huang Hock Yung, "Color and spatial feature for content-based image retrieval," Pattern Recognition Letters, vol. 20, no 1, pp. 109-118, 1999.
- [25] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W. J. Zhu, and R. Zabih, "Image Indexing using color correlograms," CVPR, 1997.
- [26] Richard O. Duda and Peter E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, 1973
- [27] Alan Jennings, "Matrix Computation for Engineers and Scientists," John Wiley & Sons, pp. 235-241, 1978.
- [28] Chad Carson and Serge Belongie, "Region-Based Image Querying," IEEE Workshop on the Content-Based Access of Images and Video Libraries, 1997.
- [29] Kankanhalli S. Mohan, Mehtre M. Babu, and Huang Hock Yung, "Color and spatial feature for content-based image retrieval," Pattern Recognition Letters, vol. 20, no 1, pp. 109-118, 1999.



박 두 식

1991년 영남대학교 전자공학과 학사. 2000년 포항공과대학교 정보통신대학원 석사. 1991 ~ 현재 삼성종합기술원 신호처리 Lab. 전문연구원 연구. 관심분야는 컬러기 색보정, 색정합, 영상 검색, 영상에서 객체 추출

한 준 회

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제 28 권 제 2 호 참조