

# LBG 알고리즘 기반의 의상 색상 유사성 판별<sup>☆</sup>

## Distinction of Color Similarity for Clothes based on the LBG Algorithm

주형돈\* 홍민\*\* 조위덕\*\*\* 문남미\*\*\*\* 최유주\*\*\*\*\*  
Hyungdon Ju Min Hong We-Duke Cho Nammee Moon Yoo-Joo Choi

### 요약

본 논문은 LBG 알고리즘을 이용하여 다양한 조명에 노출된 의상들의 색상 유사성을 안정적으로 판단하는 방법을 제안한다. 색상 유사성 판별을 위하여 기존에 대표적으로 사용되어왔던 히스토그램 인터섹션이나 누적 히스토그램 방법은 조명 변화에 민감하게 반응하여, 동일한 의상 색상이라 할지라도 서로 다른 조명환경에서는 서로 상이한 색상 판별 결과를 나타낸다. 본 논문에서는 조명에 의한 영향을 줄이고, 색상 자체의 분포 특성을 분석하기 위하여 조명조건의 변화에도 일관된 특성을 유지하는 색조와 채도 컬러 성분에 대한 분포 특성을 분석한다. 색조와 채도에 의해 정의되는 2차원 공간에서 각 의상 영상에 대한 색상 분포를 분석하기 위하여 LBG 알고리즘에 의한 비모수적 클러스터링 기법을 적용하고, 클러스터링 결과 얻어진 두 영상의 클러스터 사이의 평균 유클리디안 거리값을 계산하여 이를 색상 유사성을 판단하는 유사값으로 정의한다. 제안 기법의 안정성을 입증하기 위하여 서로 다른 조명 환경에서 촬영된 12벌의 의상에 대하여 기존 히스토그램 분석 기법을 기반으로 한 색상 유사성 판별 결과와 제안 기법의 적용 결과를 비교하였다. 실험 결과 제안 기법은 동일한 의상 쌍과 상이한 의상 쌍에 대하여 구분을 지을 수 있는 객관적 기준 정의가 용이하였고, 기준에 따른 의상의 동일성 판별 실험에서 91.6%의 판별 성공률을 얻었다.

### Abstract

This paper proposes a stable and robust method to distinct the color similarity for clothes using the LBG algorithm under various light sources. Since the conventional methods, such as the histogram intersection and the accumulated histogram, are profoundly sensitive to the changing of light environments, the distinction of color similarity for the same cloth can be different due to the complicated light sources. To reduce the effects of the light sources, the properties of hue and saturation which consistently sustain the characteristic of the color under the various changes of light sources are analyzed to define the characteristic of the color distribution. In a two-dimensional space determined by the properties of hue and saturation, the LBG algorithm, a non-parametric clustering approach, is applied to examine the color distribution of images for each clothes. The color similarity of images is defined by the average of Euclidean distance between the mapping clusters which are calculated from the result of clustering of both images. To prove the stability of the proposed method, the results of the color similarity between our method and the traditional histogram analysis based methods are compared using a dozen of cloth examples that obtained under different light environments. Our method successively provides the classification between the same cloth image pair and the different cloth image pair and this classification of color similarity for clothe images obtains the 91.6% of success rate.

☞ keyword : Color Similarity, Color Histogram, Person Identification, Ubiquitous Computing

## 1. 서론

\* 준회원 : 순천향대학교 정보기술공학부  
zauber99@naver.com

\*\* 종신회원 : 순천향대학교 컴퓨터학부  
mhong@sch.ac.kr

\*\*\* 정회원 : 아주대학교 유비쿼터스시스템연구센터  
chowd@ajou.ac.kr

\*\*\*\* 정회원 : 호서대학교 IT응용학과  
mmm@hoseo.edu

\*\*\*\*\* 종신회원 : 서울벤처정보대학원대학교 컴퓨터응용  
기술학과 yjchoi@suv.ac.kr(교신저자)

[2008/05/09 투고 - 2008/06/09 1차 심사 - 2008/08/24 심사완료]

☆ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅네트워크원천기반기술개발사업의 08B3-O4-40S 과제로 지원된 것임

최근 디지털 카메라, 웹캠, 휴대폰 카메라 등의 영상장비가 보편화 되면서 다양한 종류의 다량의 영상 데이터들이 생성되고 있고, 이러한 다량의 영상 데이터들을 효율적으로 검색하기 위한 내용 기반 영상 검색 기술(Content-based image retrieval)에 대한 관심이 높아지고 있다. 주석이나 키워드에 의존하는 텍스트 기반 영상 검색(Text-based image retrieval)에 비해 내용기반 영상 검색은 영상의 색상(Color), 모양(Shape), 질감(Texture)등의 영상 특성을 기반으로 영상 검색을 수행한다. 내용기반 영상 검색은 색상 정보만을 기반으로 한 검색기법[1-8]과 색상 정보와 모양 정보 혹은 질감 정보를 결합한 검색기법[9-11]들로 분류되어 다양한 연구가 진행되어 왔다.

특히, 색상 분석기술은 내용기반 영상 검색 분야뿐만 아니라 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 지능형 감시 시스템 등의 분야에서 움직이는 객체의 실시간 추적을 위하여 활용되고 있다. 움직이는 객체의 실시간 위치 추적을 위하여 연속 프레임 영상에서 추출된 객체간의 최단 근사거리의 객체를 매핑시키는 방법들[12]이 적용되어 왔으나, 이 경우, 움직이는 객체들간 겹침 현상이 일어나는 상황에서는 객체의 정확한 추적이 불가능해진다. 객체간 겹침 현상이 일어났다가 다시 분리되는 상황에서도 안정적으로 객체를 추적할 수 있도록 하기 위하여 객체 추적시 객체간 거리와 함께 객체들이 지니는 색상 정보를 실시간으로 분석할 수 있는 접근 방법들이 요구되고 있다.

본 연구에서는 다중 카메라를 이용한 실시간 CCTV 영상 감시 시스템에서, 실시간으로 움직이는 객체를 추적하고, 서로 다른 카메라 영상을 기반으로 동일인을 식별하기 위한 목적으로, 주로 영상 검색 분야에서 관심을 모아 왔던 색상 유사성 판별 기법을 서로 다른 조건으로 촬영된 다중 카메라 영상에서 보행자의 의상 색상 유사성 분석에 활용하여 그 유용성을 관찰하고자 한다. 색상 분석 기법은 촬영 방향이 다양하게 변화할 수

있는 CCTV 영상 감시 환경에서 모양과 질감의 특성에 비해 보다 안정적인 분석 요소로 인식되고 있다.

영상 검색 분야에서 적용되어 온 가장 일반적이고 실시간처리가 가능한 색상 분석 기법으로 색상 히스토그램을 기반으로 한 히스토그램 인터섹션 기법(Histogram intersection)[8]과 누적 히스토그램(Accumulated histogram) 분석 기법[7] 등을 들 수 있다. 이와 같이 색상 히스토그램을 기반으로 한 기법들은 영상의 이동이나 회전에는 장점이 있지만, 조명이 변화한 영상간의 비교에서는 성능이 저하되는 단점이 있다. 또한, 영상내의 물체의 크기 차이에 따라 판별 결과가 민감하게 영향을 받을 수 있다. 그러나 일상생활의 보안 카메라나 공용 구역 감시 카메라 등을 통하여 촬영되는 영상에서 의상 영상들은 다양한 조명 효과에 노출되기 때문에 의미 있는 영상간 의상 색상 유사성 판별 결과를 얻기 위해서는 조명 변화에도 안정적인 색상 유사성 판별 기법에 대한 연구가 요구된다. 예를 들어, 어떤 사람이 서로 다른 위치에 설치된 두 카메라에 의해 비춰지는데 한 카메라는 실내에서 다른 카메라는 실외의 위치에서 같은 사람을 촬영하고 있다고 하면, 실내에 설치된 카메라는 실내조명에 의해 영향을 받게 되고, 실외에 설치된 카메라는 실외조명 또는 태양의 영향을 받게 되어 얻어진 두 이미지의 의상 색상은 많은 차이가 생기게 된다.

본 논문에서는 조명의 변화에도 일관된 특성을 유지하는 색조(Hue)와 채도(Saturation)를 이용하여 2차원 색상 공간을 정의하고 이를 기반으로 비모수적 클러스터링 기법을 적용하여 조명 변화에도 안정적인 색상 유사성 판별 기법을 제안한다. 본 제안 기법에서는 색조와 채도에 의해 정의되는 2차원 공간에서 각 의상 영상에 대한 색상 분포를 분석하기 위하여 k-means와 이진 분리 기법을 결합한 LBG 클러스터링 알고리즘을 적용하고, 클러스터링 결과 얻어진 두 영상의 클러스터에 대

하여 대응 관계를 찾아낸다. 대응되는 클러스터 간 평균 유클리디안 거리값을 계산하여, 이를 색상 유사성을 판단하는 기준값으로 정의한다. LBG 알고리즘은 H-S 2차원 공간상의 색상 분포의 특성을 클러스터의 집합으로 표현하는데 LBG 알고리즘의 경우, 이진 분리 기법에 따라 초기 클러스터 중심이 결정됨으로, 초기 중심들의 선택에 민감한 결과를 보이는 k-means 알고리즘의 단점을 극복할 수 있다.

제안 기법의 안정적 판별 효과를 입증하기 위하여 일반 옷에 특정 조명이 비추어진 상황과 조명이 없는 상황에서 의상을 촬영하여 기존에 많이 사용되어 왔던 히스토그램 분석 기반 색상 유사성 테스트 기법들과 본 논문에서 제안하는 방법을 적용하여 그 성능을 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 대표적인 기존 색상 유사성 판별 기법을 소개하고, 기존 기법의 문제점을 지적한다. 3장에서는 각 컬러 모델의 특성을 설명하고, 조명 변화에 따른 각 컬러 성분의 분포의 변화를 분석한다. 4장에서는 2차원 색상 공간을 기반으로 LBG 알고리즘을 적용하는 본 논문에서 제안한 색상 유사성 판별 기법에 대하여 설명하고, 5장에서는 12벌의 실험영상에 대하여 제안 기법과 기존 기법들의 적용 결과를 비교하여 분석한다. 6장에서 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

## 2. 관련연구

이미지들 간의 색상 비교에 대한 연구는 그동안 영상검색 및 컴퓨터 비전 등의 분야에서 꾸준히 연구되어 왔다. 최근에 몇 년간 색상 분포 정보에 화소간 공간 정보를 같이 기술하기 위하여 색상 동시 발생 히스토그램(Color co-occurrence histogram)이나 색상 코렐로그램(Color correlogram), 색상 구조 히스토그램(Color structure histogram), CLCM(Color Level Co-occurrence Matrix)등의 방법

들이 고안되고 있으나[1,2], 이러한 방법들은 계산량이 많아 실시간 영상처리 분야에는 적합하지 않다. 실시간 처리가 가능한 단순한 알고리즘으로 다량의 영상 데이터에 대한 색상 비교를 가능하게 한 대표적인 방법으로는 1차원적 색상 히스토그램(Color histogram)을 기반으로 한 방법들을 뽑을 수 있다. 색상 히스토그램을 기반으로 한 방법은 QBIC[13], Chabot[14], FINDIT[15]과 같은 다양한 영상 검색 시스템(Image retrieval system)에서 적용되고 있다. Swain[15]에 의해 제시된 FINDIT는 HVC(Hue-Value-Chroma) 색상 모델을 기본으로 하고 있으며 색상의 분포를 파악하기 위해서 Hue-Chroma 히스토그램을 사용하고 있다. 색상 히스토그램의 비교는 식 1과 같은 히스토그램 인터섹션을 사용하고 있다.

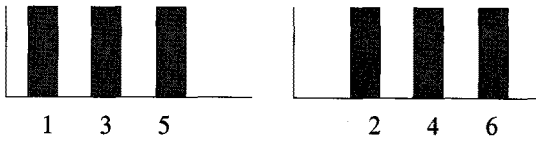
$$H(I, M) = \frac{\sum_{j=1}^m \min(I_j, M_j)}{\sum_{j=1}^m M_j} \quad (\text{식 1})$$

여기서  $I, M$ 은  $m$  등급으로 구분된 각각의 색상 히스토그램을 의미하며  $j$ 는 히스토그램의 구성 빈(bin)을 의미한다. 히스토그램  $I$ 와  $M$ 의 유사도를 측정하기 위해서 히스토그램 인터섹션 값인  $H(I, M)$ 을 구한다. 두 히스토그램의 유사도가 높을수록  $H(I, M)$ 의 값은 1에 가까운 값을 가진다. 이 방법은 두 이미지의 사이즈가 서로 다른 경우에는 정확한 유사성 판단이 어렵다. 만약 이미지의 사이즈가 틀리다면 히스토그램의 도수분포가 아무리 비슷하더라도 개체수의 차이가 커지기 때문이다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해서 변형 히스토그램 인터섹션(Modified histogram intersection)방법이 소개 되었다[2]. 이 방법은 두 영상의 사이즈가 서로 틀릴 경우 그 영상들을 식 2와 같이 정규화 시킨 후에 비교하는 방법이다.

$$SH(H_{query}, H_{ROI}) \quad (\text{식 2})$$

$$= \sum_{j=1}^m \min\left(\frac{H_{query^j}}{S_{query}}, \frac{H_{ROI^j}}{S_{ROI}}\right)$$

여기서  $H_{query}, H_{ROI}$ 는 쿼리 영상과 검색 영상의 관심영역(Region Of Interest)에 대한 색상 히스토그램을 의미하며,  $S_{query}$ 와  $S_{ROI}$ 는 각 영상영역의 크기 즉 전체 화소수를 의미한다. 비록 변형 히스토그램 인터섹션 방법이 히스토그램 인터섹션 알고리즘의 단점을 일부 보완하기는 하였지만, 히스토그램 기반 분석 방법이 가지는 취약점을 완전하게 해결할 수는 없다. 즉, 그림 1과 같이 조명 조건에 따라 전체적인 색상 특성이 히스토그램 상에서 약간씩 이동된 경우에도 대응되는 빈의 값의 차이가 크므로 서로 상이한 색상으로 판별하게 된다.

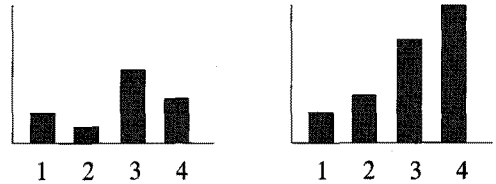


(그림 1) 유사 색상 영상의 색상 히스토그램 비교

그림 1은 결과값의 차이가 가장 크게 나는 것을 보여주는 한 예시인 방법으로 가장 큰 알고리즘의 오류를 나타내주는 예이다. 그림 1의 히스토그램은 비록 두 결과가 서로 많이 다르지만 실질적으로는 두 이미지는 서로 상당히 유사한 이미지이다. 하지만 히스토그램 인터섹션 기법에서는 이 두 이미지들을 서로 완전히 다른 이미지로 판단한다.

누적 히스토그램 기반 분석(Accumulated histogram)은 히스토그램 인터섹션 분석의 그림 1과 같은 경우인 실질적으로는 비슷하지만 알고리즘 상의 차이가 크게 판단될 수밖에 없는 단점을 보강하기 위해서 그림 2의 오른쪽과 같이 이미지에 있는 각 픽셀의 색상별 개수를 차례로 누적하여 계산하는 방법이다[7]. 하지만 이 방법도 기본

적으로 히스토그램 분석을 위하여 대응되는 빈 값의 차를 비교하고 있기 때문에 조명 조건 변화에 따라 민감하게 반응하게 된다.



(그림 2) 색상 히스토그램과 이에 대한 누적 히스토그램.  
(왼)색상 히스토그램 (오)누적 히스토그램

색상 분포 기반 분석(Color distribution)은 RGB의 컬러모델을 HSV의 컬러모델로 변환한 후에 그 데이터를 가지고 H와 S에 관한 분포도를 만들고 그 분포의 정도를 수치화하여 이미지의 유사성을 비교하는 방법이다[7,8].

$$E_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (\text{식 3})$$

$$\delta_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |P_{ij} - E_i|^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{식 4})$$

$$S_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |P_{ij} - E_i|^3\right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{식 5})$$

$$d_{mom}(H, I) \quad (\text{식 6})$$

$$= \sum_{i=1}^r (\omega_{i1}|E_i - F_i| + \omega_{i2}|\delta_i - \mu_i| + \omega_{i3}|S_i - \sigma_i|)$$

여기서  $E_i$ 와  $F_i$ 는 각 이미지의 전체 픽셀에 대한 평균값을 나타내며  $\delta_i, \mu_i$ 는 각 이미지의 분산값을 나타낸다.  $S_i, \sigma_i$ 는 분산값이 제곱에 1/2제곱을 하는 것과는 달리 3제곱에 1/3제곱을 해주는 방식의 값이다.  $N$ 은 총 픽셀의 개수를 나타낸다. 이와 같이 색상요소 각각에 대한 1차원적 통계분석 기법은 다양한 색상이 혼합되어 있는 경우에는 많은 판별 오차를 포함하게 된다.

### 3. 의상 색상 특징 분석

본 장에서는 조명 환경에 안정적인 의상 색상을 분석하기 위하여 우선 색상을 표현하는 다양한 컬러 모델의 특성을 분석하고, 이 중 조명변화에 일관적인 특성을 유지할 수 있는 컬러성분을 선별하여, 다른 조명에서 촬영된 동일 의상에서 그 특성이 유지됨을 실험을 통해 확인하고자 한다.

#### 3.1 컬러모델의 특성 비교

##### 3.1.1 RGB 모델

RGB 모델은 빨강, 초록, 파랑의 3가지 색을 3차원 X, Y, Z에 놓고 가중치에 따라서 색을 정의한다. RGB 모델은 모든 색을 길이 1인 정육면체 내부 좌표로 표시한다. 그림 3과 같이 RGB는 육면체의 각 모서리에 위치하게 되고 초록(Green)일 경우 Z축과 X축의 값이 0이고 Y축의 값만 1이므로 ( 0, 1, 0 )이라는 값이 된다. 또한 X, Y, Z축이 모두 같은 값인 경우는 흑백의 색상을 나타내게 된다. RGB는 빛의 삼원색을 서로 더해서 또 다른 색을 만들어 내어 색상을 표시하므로 더하기 3원색(Additive primaries)라고 표현하기도 한다 [16]. 하지만 RGB 모델은 RGB의 세가지 컬러요소 모두 조명에 의해 그 값이 크게 차이를 보일 수 있으므로 조명 조건이 변화 가능한 환경에서 색상 분석 성분으로 사용하기에는 부적절하다.

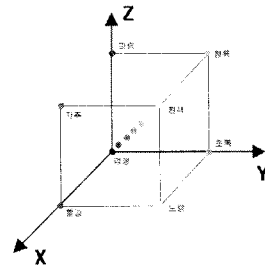
##### 3.1.2 정규화 RGB(Normalized RGB)

기존의 RGB값에 대한 정규화는 아래의 식 7에 의하여 구한다.

$$\begin{aligned} r &= R / (R + G + B) \\ g &= G / (R + G + B) \\ b &= B / (R + G + B) \end{aligned} \quad (\text{식 7})$$

정규화된 각 값의 합이 항상 1이기 때문에 세 번째 요소인 b는 생략이 가능하여 차원을 축소시

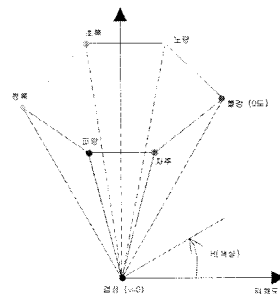
킬 수 있다. 남겨진 요소들은 정규화에 의해서 축소된 RGB 컬러 소스의 밝기 값에 대한 r과 g의 의존성으로 순수색으로 불리기도 한다. 주변광을 고려하지 않을 때, 무광택 표면에 대하여 정규화된 표현의 주목할 만한 특징은 광원에 대한 표면의 방향 변화를 최소화 시킨다는 것이다.



(그림 3) RGB 컬러 모델의 기본 구조

##### 3.1.3 HSV (Hue, Saturation, Value) 모델

HSV 컬러 모델은 색조(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)를 명시함으로써 색을 지정하는 방법이다. 색상을 그림 4와 같이 유각뿔 내부좌표로 표현하고, 상하 방향의 명도 축은 V=0인 흑색에서 V=1인 백색으로 진행하며 회색은 이 축 위에 분포한다. 명도 축 주위를 돌아가면서 색상이 달라지며 따라서 색조는 회전각에 의해 지정된다. 명도의 경우 조명의 변화에 크게 값이 변하는 반면, 색조 성분은 조명의 영향을 받지 않고 일관된 정보를 유지한다. 채도는 순색에 첨가된 백색광의 비율을 나타내며 0-1의 범위를 가진 반지름에 해당한다.

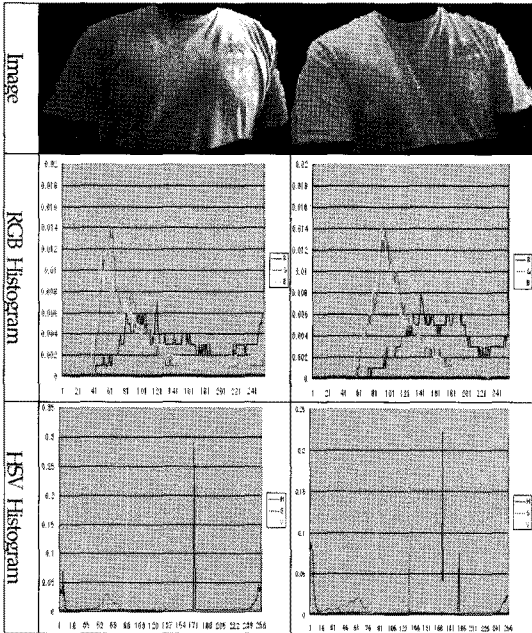


(그림 4) HSV 컬러모델의 기본 구조

### 3.2 다양한 조명 환경에서의 의상 색상 분포 특징

#### 3.2.1 RGB와 HSV에 대한 히스토그램 비교

RGB 모델은 HSV 모델에 비하여 빛에 의해 아주 큰 영향을 받는다. RGB 모델을 구성하는 빨강, 초록, 파랑의 요소는 각기 모두 명도의 영향을 직접적으로 받게 되는 형태이므로 그만큼 조명에 민감한 변화를 가져오는 반면, HSV 모델은 색상 자체의 정보와 명도 정보를 분리함으로써, 조명 변화에 의한 영향을 명도 요소에만 제한될 수 있도록 되어 있다.

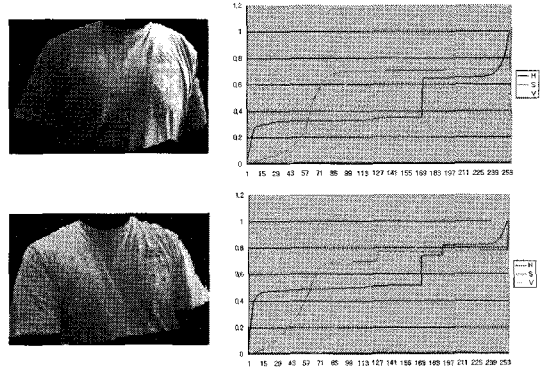


(그림 5) RGB와 HSV 컬러 모델의 히스토그램 비교

그림 5는 동일한 의상에 다른 조명 효과로 얻어진 영상에 대해서 RGB 모델과 HSV 모델에 대한 히스토그램을 표현한 것이다. RGB 모델과 HSV 모델을 기반으로 한 두 히스토그램 모두, 서로 다른 조명 아래에서 촬영된 동일 의상에 대하여 전반적인 분포 특성은 유사하나 대응 빈에 대한 빈도값은 상이함을 알 수 있다.

그림 6은 그림 5의 의상에 대한 누적 히스토그램을 보여 주고 있다.

그림 6에서 보듯이 명도를 나타내는 노란색 그래프는 다른 값들과는 달리 차이가 많이 보이는데 이것은 조명에 대해서 변화가 심하기 때문이다. 그러므로 명도를 제외시키고 비슷한 특징을 보여주는 있는 색조와 채도에 의한 분포도를 작성하면 3차원을 2차원으로 투영하여 동일 색상의 유사성 판단을 용이하게 할 수 있다.



(그림 6) HSV 컬러 모델을 사용한 누적 히스토그램

#### 3.2.2 H-S와 S-V 2차원 색상 공간에서의 분포 특징

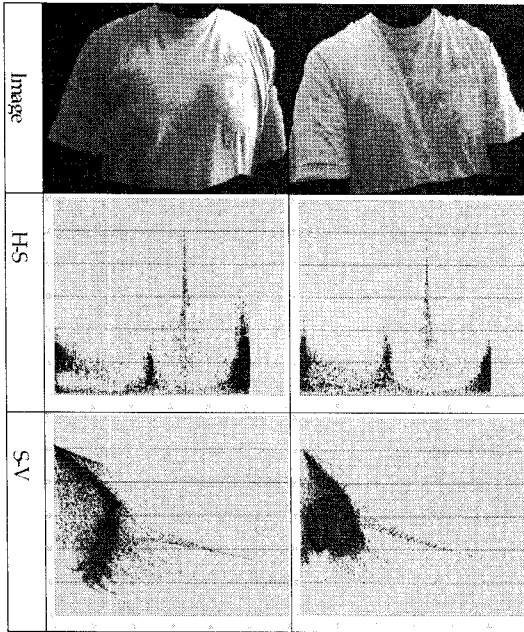
HSV 모델에서 색조와 채도에 의해 정의되는 2차원 색상 공간과, 채도와 명도에 의해 정의되는 2차원 색상 공간에서 조명 변화에 따른 색상 분포의 변화를 분석하기 위하여 서로 다른 조명 환경에서 촬영된 동일 의상에 대한 색상 정보를 그림 7과 같이 H-S와 S-V 공간에 표현하였다. 조명이 달라짐에 따라 H-S 공간의 분포는 옷의 주름 및 옷 무늬의 반사 영역에 의해 일부 지역적 분포의 형태가 변화되었으나 전반적인 형태는 유지됨을 알 수 있다. S-V 공간의 분포는 명도 축의 분포 변화가 나타나서 전체적인 분포의 형태가 변화가 생김을 관찰 할 수 있다.

## 4. 제안방법

### 4.1 색상 공간 정의

HSV 컬러 모델의 색상 성분은 밝기나 채도변

화에 관계없이 물체 고유의 컬러값을 나타낸 색상정보로서, 식 8에 의해 RGB 컬러모델로부터 변환될 수 있다[16].



(그림 7) 다른 조명 환경의 의상 영상에 대한 H-S와 S-V에 따른 분포도

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (\text{식 } 8)$$

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

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

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

RGB 컬러 모델로부터 변환된 (색조, 채도) 좌표들, 색조를 X 축으로 채도를 Y 축으로 하여 정의 되는 H-S 2차원 색상 공간에 표현한다.

#### 4.2 LBG 알고리즘 기반 색상 특성 정의

H-S 2차원 공간에 표현된 (H, S) 좌표점들에

대하여 비모수적 클러스터링을 수행함으로써, H-S 2차원 공간상에서의 분포 특성을 표현한다. 비모수적 클러스터링은 주어진 데이터에 대한 어떠한 가정도 하지 않고 정해진 수의 클러스터들로 데이터를 나누는 방법을 의미한다. 대표적인 비모수적 클러스터링 방법으로 k-means 알고리즘을 들 수 있다. k-means 알고리즘은 임의의 k개의 초기값에서부터 추정(Expectation)-최대화(Maximization) 과정을 수렴할 때까지 반복시키면서 중심을 찾는다. 즉, 추정 단계에서 중심으로부터 클러스터를 선택하여 결정하고, 최대화 단계에서 거꾸로 클러스터로부터 중심을 결정하는 과정을 반복하는 추정 알고리즘이다[17]. k-means 알고리즘은 임의로 주어지는 k 개의 초기값에 따라 최종으로 결정되는 클러스터의 결과가 달라 질 수 있고, 속도가 느린 단점이 있다. k-means 외의 또 다른 대표적인 비모수적 클러스터링 기법으로 비균일 이진 분할기법을 들 수 있다. 비균일 이진 분할법은 계층적 클러스터링 방법으로 순환적으로 데이터 집합을 클러스터와 부클러스터로 나누는 방법으로서 부분 최적화 방법이라고 할 수 있으며 속도면에서는 k-means 보다 훨씬 빠르다.

본 연구에서는 k-means와 이진 분리 기법을 결합하여 비모수적 클러스터링의 기능을 개선한 LBG 알고리즘[17]을 적용하여 H-S 2차원 공간상의 색상 분포의 특성을 표현하였다. Linde, Y., A Buzo, R. M. Gray 세 명의 연구자가 개발한 LBG 알고리즘은 이진 분리와 k-means를 결합함으로써 초기 중심들의 선택에 민감한 k-means 알고리즘의 단점을 극복한다. 즉, k-means의 초기값을 랜덤 데이터 점으로 하는 대신에 이진 분리로 구한 중심을 사용함으로써 일관성 있는 안정적 결과를 얻을 수 있도록 한다. 표 1에는 H-S 공간 분포를 분석하기 위해 적용한 LBG 알고리즘을 기술하였다. 줄 7 initPoints()에서는 k-means의 입력으로 사용할 초기값을 결정한다. 이때, 현재의 데이터 중심점을 기준으로 양분화된 2배 개수의 초기 입력 중심점을 구한다. 특히, initPoints()에서는 이전 단

계에서 구해진 클러스터에 포함된 데이터 개수를 체크하여 데이터의 개수가 0인 클러스터는 다음 단계에서는 이진화 시키지 않고, null 클러스터로 클러스터의 개수만 증가될 수 있도록 처리한다. 줄 9에서 볼 수 있듯이 k-means의 초기값을 initPoints()에 의해 구해진 초기 중심값 배열 x로 사용하고 있다.

(표 1) LBG 알고리즘

```

Algorithm : kmeanbg
Input : d: 데이터 벡터
       k: 중심개수
Output : x: k 개의 클러스터 중심 벡터
        esq: 평균 자승 오차(mean square error)
        j: 각 데이터 벡터가 어느 중심에 속하는가에 대한 색인

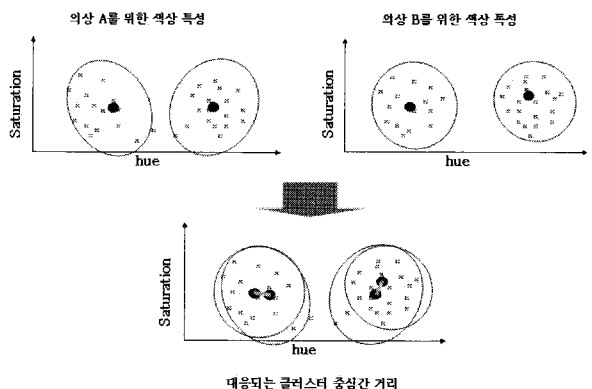
1.  nc = size(d, 2); // 분석 공간의 차원수
2.  [x, esq, j] = kmeans(d, 1); //전체 데이터 중심 x 구하기
3.  m = 1; //초기 클러스터 개수
4.  iter = 0;
5.  while m < k; //주어진 클러스터 개수가 안 될 때까지 반복
6.      iter = iter + 1;
7.      n = min(m, k-m);
8.      m = m+n;
9.      e = 1e - 4 * sqrt(esq) * random(1,nc);
10.     x = initPoints(x, e); //현재 초기값 x를 중심 //으로 x[+e, x]-e 로 양분화 // 된 m개의 초기 중심 벡터
11.     [x, esq, j] = kmeans(d, m, x); //d: 데이터, //m: 현재 분할 클러스터 수, //x: 클러스터 중심값
12.     display(m, d, j, x); //m개의 클러스터 데이터벡터와 클러스터 중심 //심 화면에 뿌리기
13. end
    
```



(그림 9) LBG 알고리즘으로 비모수적 클러스터링 된 H-S공간 분포도

### 4.3 색상 특성 기반 유사성 판별 방법

본 논문에서 제안하는 방법은 두 이미지의 유사성을 판단하기 위해 LBG 알고리즘을 적용하여 구한 클러스터들의 중심들끼리의 최소 거리의 합을 누적 계산하여 거리의 합이 적을수록 두 이미지의 색상 유사성이 높다고 판단 한다. 먼저 기준이 되는 이미지에서 구한 하나의 클러스터 중심에 대해서 비교될 다른 이미지의 클러스터 중심들 중 가장 가까운 중심을 찾아 그 두 중심 사이의 거리를 구한다. 이러한 계산을 기준이 되는 이미지에서 계산 된 모든 클러스터들의 중심들에 대해서 비교될 이미지의 클러스터 중심에서 아직 사용되지 않은 클러스터 중심들 중에서 가장 가까운 거리에 존재하는 클러스터의 중심을 찾아 그 거리를 계속 누적 한다. 두 이미지간의 유사성 판단은 이렇게 누적된 거리의 값이 작을수록 두 이미지가 서로 색상에 대한 유사성이 높다고 판단한다. 그림 10은 두 영상에 대한 대응 색상 클러스터 및 클러스터간 거리의 의미를 표현하고 있다. 클러스터 거리는 클러스터 중심간 녹색의 라인으로 표현하고 있다.



(그림 10) 대응 색상 클러스터 및 클러스터간 거리의 의미

### 5. 구현 및 실험 결과

본 논문의 실험환경은 VISUAL C++ 6.0 환경







에서 구현되었으며, Pentium-IV 3.0GHz CPU와 1GB RAM의 Windows XP 시스템에서 실험하였다. 실험영상 획득을 위한 카메라로는 PC용 카메라인 로지텍 킷캠셋을 사용하여 320 x 240의 24 bit RGB 모델로 다양한 의상 영상을 촬영하였다. 제안 기법이 조명 변화에 안정적으로 결과를 제공하는 지 여부를 관찰하기 위하여 보조 스탠드를 이용하여 보조 조명을 추가한 영상과 추가하지 않은 영상으로 구분하여 동일 의상에 대하여 두 번의 촬영을 수행하였다. 그리고 의상 부위에 대한 색상 분포만을 분석하기 위하여 배경 부분은 색상 분포에 포함시키지 않았다.

### 5.1 유사 조명 환경에서의 색상 비교

우선, 조명 변화가 없는 환경에서 촬영 각도에 다소 차이를 가지고 동일 의상을 촬영하여 기존 색상 비교법들과 제안 기법을 적용하여 그 결과를 비교해 보았다. 히스토그램 인터섹션 기반 기법들은 1에 가까운 값일수록 색상 유사성이 높은 것을 의미하고, 누적 히스토그램 기반 기법일 경우 각 bin의 차이가 적을수록 유사성이 높기 때문에 0에 가까운 값이 나올수록 색상 유사성이 높은 것으로 해석한다. 1차원 공간 기반 통계적 분석 기법과 제안 기법은 중심값의 거리가 적을수록 색상이 유사한 것으로 판단한다. 단, 기준으로 하는 공간이 1차원 공간과 2차원 공간으로 차이가 있으므로 두 기법에서 나오는 거리값이 동일한 수치라 하여 같은 의미를 가지는 것은 아니다.

그림 11의 H는 색조의 결과를 나타낸 값이며, S는 채도를 이용하여 결과를 낸 값이다. A는 H와 S의 값에 대한 평균 수치이다. 유사한 조명에서의 두 이미지는 그림 11의 결과와 같이 본 논문에서 제안한 기법과 마찬가지로 대부분의 기존의 방법들도 색상에 대한 유사성이 높게 판단되는 좋은 결과를 나타내고 있다. 조명이 일정하여 색상 특성이 유지되기 때문에 전체적으로 좋은 값들이 형성되었다.

	영상A와 영상B	영상C와 영상D
조명변화가 없는 동일 의상간 색상 판별 결과		
		
히스토그램 인터섹션	H : 0.932 S : 0.851 A : 0.891	H : 0.863 S : 0.885 A : 0.874
개선된 히스토그램 인터섹션	H : 0.881 S : 0.797 A : 0.839	H : 0.869 S : 0.892 A : 0.880
누적 히스토그램 기반 기법	H : 3.517 S : 9.636 A : 6.576	H : 3.016 S : 4.919 A : 3.968
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 10.508 S : 17.927 A : 14.218	H : 6.462 S : 10.692 A : 8.577
제안기법	A : 11.838	A : 10.611

(그림 11) 동일 조명에 동일 의상 유사성 판별 수치

### 5.2 상이한 조명 환경에서의 색상비교

보조 조명을 통하여 상이한 조명 환경을 임의로 만들어 전체 12 벌의 의상에 대하여 서로 다른 조명 환경에서 두 번씩 촬영하고, 촬영한 동일 의상 영상에 대하여 기존 기법과 제안 기법을 적용하여 그림 12-그림 14와 같이 색상 유사도값을 계산하였다. 기존 기법들은 조명이 변화됨에 따라 색상의 유사도 값이 현저하게 변화가 생겨서 상이한 의상을 비교하였을 때와 비슷한 판별값을 보여 주고 있다. 히스토그램 인터섹션의 경우 동일 의상임에도 평균 0.5-0.7대의 유사도 즉 50-70% 정도의 유사성을 보여주었다. 제안 기법의 경우에는 채도가 0인 무채색의 의상 즉 흰색에 가까운 의상간 비교시 채도 공간에 대한 값이 제대로 비교되지 않아 높은 거리차이를 보임이 관찰되었다. 그 외의 유채색의 의상일 경우 동일 색상 의상의 비교시 판별값 25 미만의 값들로 계산되었다.

	Beige(L)	Black(L)	Gray(L)	White(L)
보조조명 포함				
보조조명 미포함				
히스토그램 인터색선	H : 0.385 S : 0.799 A : 0.592	H : 0.746 S : 0.609 A : 0.677	H : 0.489 S : 0.679 A : 0.584	H : 0.281 S : 0.808 A : 0.545
개선된 히스토그램 인터색선	H : 0.380 S : 0.787 A : 0.583	H : 0.738 S : 0.605 A : 0.671	H : 0.491 S : 0.681 A : 0.586	H : 0.274 S : 0.795 A : 0.535
누적 히스토그램	H : 63.482 S : 2.913 A : 33.197	H : 29.210 S : 65.049 A : 47.129	H : 39.308 S : 8.558 A : 23.933	H : 80.408 S : 5.894 A : 43.151
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 95.447 S : 4.012 A : 49.730	H : 49.755 S : 103.156 A : 76.456	H : 65.992 S : 21.944 A : 43.968	H : 137.559 S : 12.989 A : 75.274
제안기법	A : 65.224	A : 22.765	A : 10.161	A : 74.439

(그림 12) 다른 조명의 유사 색상 판별 (1)

	Green(L)	Red(L)	Check(L)	Red2(L)
보조조명 포함				
보조조명 미포함				
히스토그램 인터색선	H : 0.753 S : 0.816 A : 0.784	H : 0.853 S : 0.795 A : 0.824	H : 0.622 S : 0.776 A : 0.699	H : 0.727 S : 0.808 A : 0.767
개선된 히스토그램 인터색선	H : 0.718 S : 0.771 A : 0.744	H : 0.842 S : 0.784 A : 0.813	H : 0.640 S : 0.816 A : 0.728	H : 0.685 S : 0.766 A : 0.726
누적 히스토그램	H : 4.282 S : 9.152 A : 6.717	H : 2.061 S : 16.690 A : 9.376	H : 15.853 S : 8.710 A : 12.282	H : 68.303 S : 7.805 A : 33.054
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 8.580 S : 11.884 A : 10.232	H : 9.255 S : 25.749 A : 17.502	H : 39.269 S : 64.739 A : 52.004	H : 127.137 S : 10.305 A : 68.721
제안기법	A : 17.751	A : 5.546	A : 16.735	A : 13.474

(그림 13) 다른 조명의 유사 색상 판별 (2)

	Yellow(L)	Green(3)	Red(3)	Yellow(3)
보조조명 포함				
보조조명 미포함				
히스토그램 인터색선	H : 0.565 S : 0.662 A : 0.613	H : 0.512 S : 0.610 A : 0.561	H : 0.809 S : 0.781 A : 0.795	H : 0.779 S : 0.872 A : 0.825
개선된 히스토그램 인터색선	H : 0.560 S : 0.656 A : 0.608	H : 0.486 S : 0.585 A : 0.536	H : 0.827 S : 0.796 A : 0.812	H : 0.780 S : 0.874 A : 0.827
누적 히스토그램	H : 6.578 S : 12.290 A : 9.434	H : 11.955 S : 12.700 A : 12.328	H : 2.618 S : 5.739 A : 4.176	H : 3.810 S : 2.278 A : 3.044
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 12.023 S : 21.014 A : 16.519	H : 29.288 S : 18.649 A : 23.969	H : 6.746 S : 10.683 A : 8.715	H : 7.723 S : 5.116 A : 6.420
제안기법	A : 12.165	A : 20.460	A : 11.488	A : 3.884

(그림 14) 다른 조명의 유사 색상 판별 (3)

### 5.3 상이한 의상 색상비교

상이한 색상의 의상에 대하여 각 색상 비교법을 적용하여 그림 15에서 그림 17과 같은 유사도 판별값을 얻었다. 히스토그램 인터색선 기반 기법들은 0.5점대 이하의 판별값을 보여 주었고, 20 거리에서 59 거리 때까지 넓은 판별값 분포를 보여 주고 있다. 1차원 공간에서의 통계적 방법의 경우에도 32에서 103까지의 넓은 범위의 판별값을 보여 주었다. 제안 기법은 32에서 87의 판별값 범위를 나타내었다. 상이한 의상 영상 비교시에도 무채색에 의한 판별 오류가 나타남을 관찰 할 수 있었다.

	Gray - White	Black - Beige	Beige - Gray	White - Green
의상 영상				
히스토그램 인터색선	H : 0.629 S : 0.498 A : 0.563	H : 0.754 S : 0.473 A : 0.614	H : 0.137 S : 0.276 A : 0.206	H : 0.229 S : 0.203 A : 0.216
개선된 히스토그램 인터색선	H : 0.563 S : 0.433 A : 0.498	H : 0.612 S : 0.399 A : 0.505	H : 0.164 S : 0.343 A : 0.254	H : 0.138 S : 0.091 A : 0.115
누적 히스토그램	H : 19.727 S : 14.456 A : 17.091	H : 24.219 S : 35.015 A : 29.617	H : 60.084 S : 17.721 A : 42.902	H : 49.817 S : 53.621 A : 51.719
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 43.005 S : 22.677 A : 32.841	H : 29.917 S : 85.571 A : 57.744	H : 113.357 S : 24.020 A : 68.689	H : 114.252 S : 62.719 A : 88.485
제안기법	A : 66.519	A : 85.478	A : 83.143	A : 51.475

(그림 15) 상이한 색상 판별 (1)

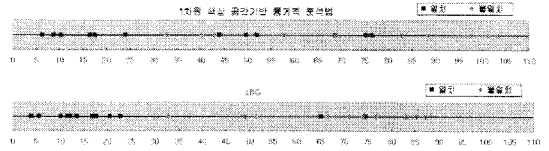
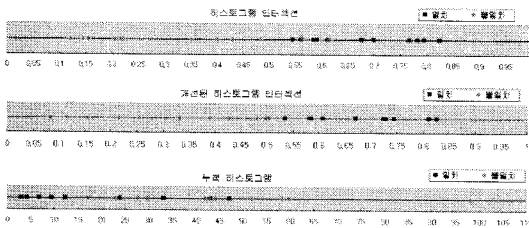
	Black-White	Red-Green	Green-Beige	Black-Gray
의상 영상				
히스토그램 인터색선	H : 0.427 S : 0.433 A : 0.430	H : 0.045 S : 0.198 A : 0.122	H : 0.183 S : 0.107 A : 0.145	H : 0.567 S : 0.402 A : 0.485
개선된 히스토그램 인터색선	H : 0.488 S : 0.473 A : 0.481	H : 0.043 S : 0.187 A : 0.115	H : 0.115 S : 0.051 A : 0.083	H : 0.588 S : 0.421 A : 0.504
누적 히스토그램	H : 52.126 S : 31.758 A : 41.942	H : 133.344 S : 62.796 A : 98.070	H : 51.727 S : 64.970 A : 58.348	H : 34.013 S : 85.323 A : 59.668
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 81.351 S : 84.228 A : 82.790	H : 212.753 S : 101.748 A : 157.251	H : 117.229 S : 77.918 A : 97.574	H : 58.259 S : 148.731 A : 103.495
제안기법	A : 70.962	A : 87.295	A : 76.720	A : 32.808

(그림 16) 상이한 색상판별 (2)

	Red-Check	Green-Black	White-Red	Beige-Check
의상 영상				
히스토그램 인터섹션	H : 0.197 S : 0.247 A : 0.222	H : 0.125 S : 0.185 A : 0.155	H : 0.337 S : 0.368 A : 0.352	H : 0.185 S : 0.615 A : 0.400
개선된 히스토그램 인터섹션	H : 0.190 S : 0.242 A : 0.216	H : 0.360 S : 0.495 A : 0.428	H : 0.315 S : 0.348 A : 0.332	H : 0.167 S : 0.611 A : 0.389
누적 히스토그램	H : 47.068 S : 38.289 A : 42.678	H : 43.386 S : 44.685 A : 44.036	H : 25.083 S : 30.169 A : 27.626	H : 37.179 S : 8.489 A : 22.834
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석	H : 96.800 S : 54.926 A : 75.863	H : 108.364 S : 94.227 A : 101.295	H : 41.072 S : 39.366 A : 40.219	H : 70.145 S : 15.561 A : 42.853
제안기법	A : 85.195	A : 87.239	A : 74.103	A : 48.984

(그림 17) 상이한 색상 판별 (3)

기존 기법과 제안 기법을 적용하여 측정된 색상 유사도 수치값에 대한 분포를 보다 쉽게 확인하기 위하여 동일 의상 간 비교와 상이한 의상 간 비교로 구분하여 그림 18과 같이 1차원 그래프로 나타내었다. 기존 알고리즘들은 색상의 유사, 상이를 비교함에도 정확한 분포가 없이 분포도가 넓게 퍼져 있어 동일한 의상과 상이한 의상 두 그룹으로 구분 짓기 위한 기준을 설정하기가 어려웠다. 전체적인 분포도가 유사한 경우와 상이한 경우의 구분이 확실하게 관찰된 경우로 개선된 히스토그램 인터섹션 기법과 제안 기법을 들 수 있는데 제안 기법이 개선된 히스토그램 인터섹션의 경우보다 동일 의상군과 상이한 의상군에 해당하는 클러스터의 응집력(Cohesion)이 높게 나타났다. 즉, 무채색의 경우 외에는 유사 색상과 상이한 색상을 구분하기 위한 선형 분리가 유리함을 알 수 있다.



(그림 18) 알고리즘에 따른 색상 유사도 수치 분포 현황

각 방법들로 관측된 유사도 값에 대하여 동일 의상 그룹과 상이한 의상 그룹에 대하여 각 그룹별로 6개의 영상을 선별하여 식 9와 같은 가우시안 확률 밀도 함수값을 구하고 입력되는 각 영상에 대하여 식 10와 같은 우도비(Likelihood ratio) 테스트를 통하여 동일 의상과 상이한 의상 그룹을 판별하였다. 이 때, 각 기법에 대한 실험 결과 및 판별 성공률은 표 2와 표 3과 같다.

$$P_{w1}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{식 } 9)$$

$$\Lambda(x) = \begin{cases} P_{w1} > w2 \\ P_{w2} < w1 \end{cases} 1 \quad (\text{식 } 10)$$

식 9와 식 10에서  $\mu$  는 각 그룹  $\omega_1$ 과  $\omega_2$ 의 평균값을 의미하고,  $\sigma$ 는 분산을 의미한다.

(표 2) 알고리즘 분류에 따른 실험 결과

	동일의상 판별실험	상이한 의상 판별실험	계
실험수	12	12	24
히스토그램 인터섹션 성공수	7	12	19
개선된 히스토그램 인터섹션 성공수	8	12	20
누적 히스토그램 성공수	10	8	18
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석 성공수	9	8	17
제안기법 성공수	10	12	22

(표 3) 알고리즘 분류에 따른 판별 성공률 비교

	동일의상 판별실험	상이한 의상 판별실험	계
히스토그램 인터섹션 성공률(%)	58.33	100	79.16
개선된 히스토그램 인터섹션 성공률(%)	66.66	100	83.33
누적 히스토그램 성공률(%)	83.33	66.66	74.99
1차원 색상 공간 기반 통계적 분석 성공률(%)	75	66.66	70.83
제안기법 성공률(%)	83.33	100	91.66

표 2은 서로 다른 조명에서 동일한 의상과 조명과는 관계없는 상이한 의상에 대해 각 알고리즘의 방법을 적용하여 얻은 결과의 판단 성공 횟수를 표 3은 성공률을 보여주고 있다. 식 9와 식 10에 정의 된 우도비 테스트에 따라 의상별 24쌍에 대한 실험 결과 제안 LBG 기반 기법은 91.6%의 판단 성공률을 보여주었다. 비록 LBG 알고리즘이 동일 의상에 대한 판단에서 2번의 판단 실패를 얻었으나 다른 기존의 방법들 역시 성공률이 떨어지고 상이한 의상에서도 제대로 판단하지 못하는 것에 비해 LBG 알고리즘은 기존의 색상 유사성 판별 알고리즘보다 조명 변화에 안정적으로 수행됨을 알 수 있었다.

## 6. 결론

본 논문에서는 다중 카메라를 이용한 실시간 CCTV 영상 감시 시스템에서, 서로 다른 카메라 영상을 기반으로 동일인을 식별하기 위한 목적으로, 실시간 처리가 가능한 색상 분석 기법들을 비교하였고, 조명의 변화에도 일관된 특성을 유지하는 색조(Hue)과 채도(Saturation) 2차원 색상 공

간을 기반으로 비모수적 클러스터링 기법을 적용하는 조명 변화에 안정적인 색상 유사성 판별 기법을 제안하였다. 서로 다른 조명 환경에서 촬영된 다양한 색상의 의상 영상들을 실험 영상으로 하여 제안 기법과 대표적인 기존 색상 유사성 판별 기법들의 성능을 비교한 결과 제안 기법이 다른 기존 방법들에 비해, 동일의상과 상이한 의상을 구분하기 위한 선형분리에 유리하였고, 보다 높은 판별 성공률을 보여 주었다. 그러나 제안 기법의 제약점으로 무채색 의상 간 비교일 경우 판별 오류가 심해짐을 알 수 있었다. 이는 무채색 의상일 경우 H-S 2차원 공간에서 의미없는 색조 값을 포함하게 되기 때문이다.

향후 연구로서, H-S 2차원 공간 분석을 수행하기 전 무채색( $s=0$ )의 비율이 일정 범위를 넘는 경우를 선별하여 색조와 명도의 공간 정보를 병행하여 활용함으로써 무채색 의상에 대한 판별 오류를 줄이고자 한다. 또한, 색상 유사성 뿐 아니라 질감, 형태 등의 의상 특성을 분석하는 기술을 연구하여 보다 정확하게 의상 유사성 판별을 시도하고자 한다. 최종적으로 목표 기술을 최근에 관심을 모으고 있는 지능형 감시 시스템에서 서로 다른 위치에 설치되어 서로 다른 관찰 각도로 촬영되는 다중 카메라 영상에서의 동일인 식별을 위한 분석 요소로 활용하고자 한다.

## 참고 문헌

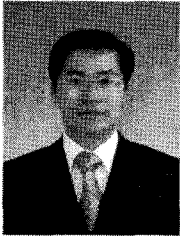
- [1] 안명석, 조석제, “칼라 영역의 크기와 뭉침을 기술하는 칼라 동시발생 히스토그램을 이용한 영상검색”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제13-B권, 제3호, pp. 275-282, 2006.
- [2] 이형진, 박기태, 문영식, “컬러 인접성과 클러스터링 기법을 이용한 객체 기반 영상 검색”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제12-B권, 제1호, pp. 31-38, 2005.
- [3] 최영관, 최철, 박장춘, “이미지 검색을 위한

- 색상 성분 분석”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제11-B권, 제4호, pp. 403-410, 2004.
- [4] 류은주, 송영준, 박원배, 안재형, “중앙 영역의 컬러 특징과 최적화된 빈 수를 이용한 내용기반 영상 검색”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제11-B권, 제5호, pp. 581-586, 2004.
- [5] 박한수, 유현우, 장동식, “주요 색상의 분포 블록기호를 이용한 영상검색과 유사도 피드백을 통한 이미지 검색”, 한국정보과학회 논문지 B-소프트웨어 및 응용, 제31권, 제2호, pp. 126-136, 2004.
- [6] 이효종, “히스토그램 보간에 의한 영상 검색”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제9-B권, 제5호, pp. 701-706, 2002.
- [7] Stricker, M., and Orengo, M., “Similarity of Color Images”, Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE), Vol. 2420, pp. 381-392, 1995.
- [8] Swain, M. J., “Color Indexing”, International Journal of Computer Vision, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [9] 하정요, 최미영, 최형일, “색상과 형태를 이용한 내용 기반 영상 검색”, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제13권, 제1호, pp. 117-123, 2008.
- [10] 조정현, “공간적 상관관계에서 칼라정보와 수정된 체인코드를 이용한 모양 추출에 대한 성능평가”, 한국정보과학회 논문지 T-기술교육, 제1권, 제1호, pp. 33-39, 2004.
- [11] 박종현, 박순영, 조완현, 오일석, “색상특징과 웨이블릿 기반의 질감특징을 이용한 영상 검색”, 한국정보과학회 논문지 D-데이터베이스, 제30권, 제2호, pp. 125-133, 2003.
- [12] 우성현, 전현식, 김기환, 박현주, “유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 실내 위치 추적 시스템의 설계”, 한국인터넷정보학회 논문지, 제7권, 제3호, pp. 71-82, 2006.
- [13] Flickner, M., Sawhney, H., Niblack, W., Sahley, J., Huang, Q., Dom, B., Gorkani, M., Hafner, J., Lee, D., Petkovic, D., Steele, D., and Yanker, P., “Query by Image and Video Content: The QBIC system”, IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, pp. 23-32, 1995.
- [14] Ogle, V., and Stonebraker, M., “Chabot: Retrieval from a relational database of images”, IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, pp. 40-48, 1995.
- [15] Swain, M., “Interactive indexing into image databases”, Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE), Vol. 1908, pp. 95-103, 1993.
- [16] 강동중, 하종은, “Visual C++을 이용한 디지털 영상처리”, 사이텍미디어, 경기, 2003.
- [17] 한학용, “패턴인식 개론”, 한빛미디어, 서울, 2005.

● 저자 소개 ●



**주 형 돈(Ju, Hyung-don)**  
2008년 순천향대학교 정보기술공학부(공학사)  
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 네트워크  
E-mail : zauber99@naver.com



**홍 민(Min, Hong)**  
1995년 순천향대학교 전산학과(공학사)  
2001년 콜로라도대학교 대학원 컴퓨터공학(공학석사)  
2005년 콜로라도대학교 대학원 바이오인포메틱스(공학박사)  
2006년~현재 순천향대학교 컴퓨터학부 교수  
관심분야 : 바이오 인포메틱스, 컴퓨터 시뮬레이션, u-Healthcare  
E-mail : mhong@sch.ac.kr



**조 위 덕(Cho, We-Duke)**  
1981년 서강대학교 전자공학과(공학사)  
1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)  
1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)  
2004년~현재 아주대학교 전자공학부 교수  
현재 유비쿼터스컨버전스연구소장  
2003년~현재 유비쿼터스컴퓨팅(UCN)사업단장  
관심분야 : 유비쿼터스 서비스 Biz Model 설계, 스마트 오브젝트 디자인, 유비쿼터스 컴퓨팅  
인프라 시스템(u-Home, u-City 등) 설계  
E-mail : wdukecho@gmail.com



**문 남 미(Moon, Nam-mee)**  
1985년 이화여자대학교대학교 전자계산학과(이학사)  
1987년 이화여자대학교대학원 전자계산학과(이학석사)  
1998년 이화여자대학교대학원 컴퓨터학과(이학박사)  
1998년 아주대학교 미디어학과 조교수대우  
1999년~2002년 이화여자대학교 정보통신연구소 연구교수, 인터넷멀티미디어연구센터장  
정보통신교육원 부원장  
2003년~2007년 서울벤처정보대학원대학교 디지털미디어학과 교수  
2008년~현재 호서대학교 벤처전문대학원 IT응용기술학과 교수  
관심분야 : 디지털양방향 방송, HCI, 이러닝, 양방향서비스 등  
E-mail : mnm@hoseo.edu



**최 유 주(Choi, Yoo-Joo)**  
1989년 이화여자대학교대학교 전자계산학과(이학사)  
1991년 이화여자대학교대학원 전자계산학과(이학석사)  
2005년 이화여자대학교대학원 컴퓨터학과(공학박사)  
1991년~1993년 한국컴퓨터주식회사 기술연구소 주임연구원  
1994년~1999년 포스데이터주식회사 기술연구소 주임연구원  
2005년~현재 서울벤처정보대학원대학교 컴퓨터응용기술학과 교수  
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 컴퓨터비전, 의료영상처리 등  
E-mail : yjchoi@suv.ac.kr