

# 광원에 독립적인 피부색 복원을 위한 색 항등성 기법 분석

정회원 이우람\*, 황동국\*, 종신회원 전병민\*\*°

## Analysis of Color Constancy Methods for Recovering Skin Color Independent of Illuminants

Woo-Ram Lee\*, Dong-Guk Hwang\* *Regular Members*

Byoung-Min Jun\*\*° *Lifelong Member*

### 요약

영상에서 피부색은 얼굴 영상 기반의 검출 및 인식 시스템에서 중요한 단서로 사용되지만 영상 획득시의 광원에 따라 상이하게 표현되기 때문에 사용의 어려움이 있다. 이러한 문제를 위해 본 논문에서는 Retinex, Gray World, White Patch, Simplified Horn, Shades of grey, 그리고 Edge-Based color constancy 색 항등성 기법을 대상으로 피부색 복원에 관한 성능을 비교하고, 자연 영상을 이용하여 피부색 검출 성능을 평가한다. 이를 위해 Caltech Face Database의 영상들에 유색 광원의 효과를 부가하여 생성된 실험 영상을 생성했다. 이후 각 기법에 따른 피부색 복원의 일관성을 수치적으로 평가하기 위하여 Cb-Cr 히스토그램을 기반으로 결과 영상들의 표준편차를 계산하였으며, 피부색 검출 성능 실험을 위해서 YCbCr과 RGB 기반의 검출 기법을 사용하였다. 실험 결과 Gray World 기법은 타 기법에 비해 높은 성능을 나타냈으며, 색 항등성 기법의 적용을 통해 광원의 영향을 받은 피부색을 색 공간내의 일정한 범위로 복원하는 것이 가능하였다.

**Key Words** : Skin color, Color constancy, Illuminant, Face, Color space

### ABSTRACT

The skin color has been used as important cues in the systems for detecting or recognizing the face. However, the color difference in images under different illuminants makes it difficult to find out the skin in these systems. For solving the problem, this paper proposes a method of recovering skin colors based on well-known color constancy approaches, such as Retinex, Gray World, White Patch, and Simplified Horn. To acquire experimental images under the colored scene illumination, the effects of colored illuminants were added to source images. Next, result images, having the corrected skin color by the constancy methods, were derived from the source images. The experiment results showed that most of the skin colors in our experiments were recovered into some steady range in the color space, and that Gray World had higher performance than the other methods compared.

### I. 서론

컴퓨터 비전 기술의 발달과 이를 수용할 수 있는

고성능 하드웨어의 등장은 다양한 생체 인식 분야의 활용을 증대시켰다. 그 중에서 얼굴 영상을 입력으로 하는 시스템들은 효율성과 비강제성 측면에서 다른

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0026305)

\* 충북대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터비전 연구실(ninayosi@nate.com), \*\* 충북대학교 컴퓨터공학과(bmjun@cbnu.ac.kr), (° : 교신저자)  
논문번호 : KICS2011-04-173, 접수일자 : 2011년 4월 8일, 최종논문접수일자 : 2011년 9월 16일

생체 인식 분야보다 유리하여 높은 활용성을 가진다. 이러한 시스템들에서 얼굴 영역 추출의 정확성은 본질적으로 시스템의 성능과 직결되기 때문에 이를 위한 다양한 연구가 수행되었다.

컬러 영상 기반의 얼굴 검출 및 인식 연구<sup>1-3)</sup>에서 중요하게 사용되는 정보 중 하나가 피부색이다. 피부색 정보는 얼굴 후보영역을 추출하기 위하여 이용되며, 이후 추출된 후보들을 바탕으로 얼굴을 검출하는 과정이 수반된다. 하지만 얼굴을 비롯하여 팔, 다리와 같은 피부색 영역은 카메라의 각도나 포즈, 그리고 유색 광원(illuminant)과 그에 따른 조명 환경의 영향으로 인해 영상에서 상이한 색으로 나타나기 때문에 검출의 어려움이 존재한다. 이러한 요인들 중, 유색 광원의 영향은 다른 요인들에 비해 피부 영역의 색차를 빈번하고 크게 발생시키기 때문에 얼굴 검출 및 인식 분야에서 고려되어야 할 중요한 문제이다.

이러한 문제를 해결할 수 있는 방안 중의 하나가 색 항등성 기법이다. 색 항등성 기법은 컴퓨터 비전 및 영상 처리 분야에서 장면(scene)에 대한 다양한 가정을 바탕으로 물체의 고유색을 찾는 것을 목적으로 하기 때문에 조명의 영향을 받지 않는 물체의 색을 계산 할 수 있다. 이러한 이유로 본 논문에서는 다양한 색 항등성 기법들을 실험 영상들에 적용하고 그에 따른 결과를 분석하여 피부색 복원 및 검출 결과에 대한 성능을 평가한다.

2장에서는 광원에 따른 피부색 검출의 문제점을 살펴 보며, 3장에서 피부색 복원의 성능 평가를 위해 선정한 색 항등성 기법을 소개한다. 4장에서는 성능 평가 요소 및 실험 결과를, 결론 및 향후 연구는 5장에 기술한다.

## II. 광원의 변화에 따른 피부색 픽셀 검출

영상에서 피부 영역은 유색 광원과 그에 따른 조명의 영향을 받아 다양한 색으로 표현되지만, 이러한 광원의 영향은 영상의 모든 채널에 포함되기 때문에 RGB 공간에서 광원에 독립적인 피부색의 범위를 정의하기는 불가능하다. 이러한 이유로 인해 많은 피부색 및 얼굴 영역 검출 연구에서는 밝기(brightness)와 색도(chrominance)성분이 분리되어 있는 YCbCr이나 HSI와 같은 색 공간에서 조명 성분을 제외한 색도 성분들의 범위를 제한하여 광원과 조명 환경에 독립적으로 피부색을 검출하는 방법을 사용하였다. 하지만 이러한 기법은 밝기 차이만 존재하는 회색(gray)계열의 광원에는 적용이 가능하지만 유색 광원으로 인해 피부의 색도가 달라지는 경우에는 피부가 가지는 속성을 색 공간에 반영시키지 못하는 문제점을 갖는다.

그림 1은 Caltech Face Database내의 영상에 다양한 유색 광원의 효과를 부여한 후, RGB 공간에서 나타나는 색 분포와 G. Francesca의 피부색 검출 연구<sup>4)</sup>

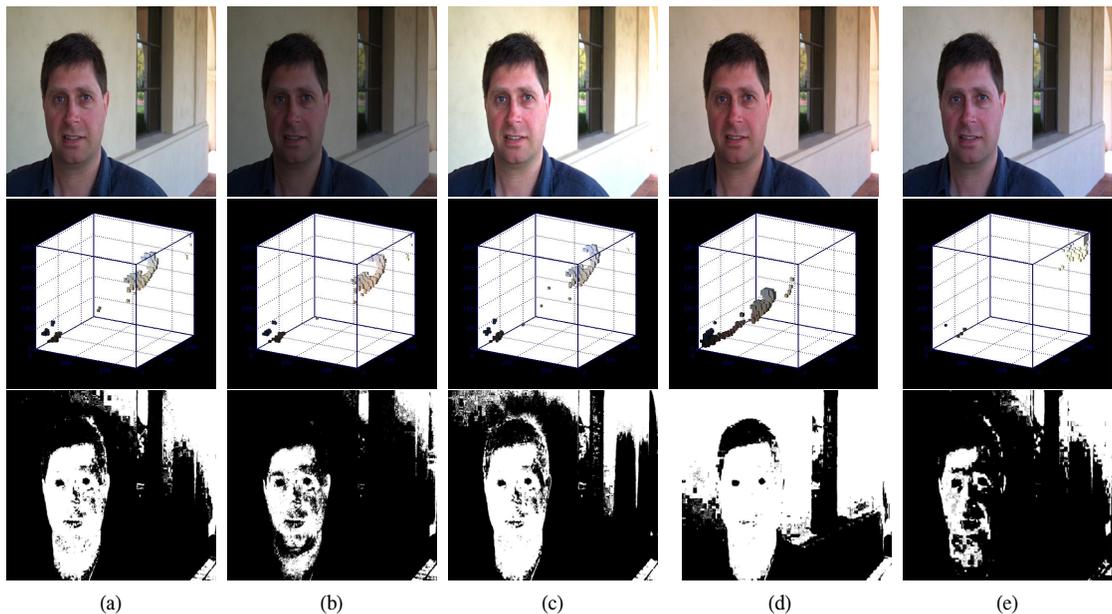


그림 1. (a) 원본 영상의 RGB 분포와 피부색 픽셀 검출 결과, (b)(c) 강도가 조절된 영상의 RGB 분포와 피부색 픽셀 검출 결과, (d)(e) 유색 광원의 효과가 부여된 영상의 RGB 분포와 피부색 픽셀 검출 결과

에서 사용된 Cb, Cr 범위를 이용하여 피부색 픽셀을 검출한 결과이다. 그림 1의 (a)는 원본 영상과 이를 대상으로 피부색 픽셀을 검출한 결과로 실제 피부 영역을 대부분 포함하였다. 원본 영상을 대상으로 광원의 강도만을 조절한 후 피부색 픽셀을 검출한 (b)와 (c)는 (a)와 마찬가지로 대부분의 피부 영역을 포함한다. 광원의 명도 조절을 이용해서 만든 이들 세 영상은 RGB 색 공간에서 비슷한 분포로 나타나기 때문에, 유사한 Cb, Cr 값으로 계산된다. 이로 인하여 동일한 Cb, Cr 범위를 이용하여 피부색 픽셀을 검출할 수 있다.

하지만 원본 영상에 적색 광원의 효과가 부가된 영상에 대한 검출 결과 (d)에는 실제 피부색 영역뿐만 아니라 대부분의 배경 영역이 포함되는 문제점이 발생했으며, 청색 광원의 영향을 받은 영상에 대한 검출 결과 (e)에서는 실제 피부색 영역들 중 대부분을 검출할 수 없었다. RGB 색 공간상에서 이 두 영상은 원본 영상과 다른 분포를 가지기 때문에 Cb, Cr 값 역시 상이하게 계산된다. 그림 1을 통해 유색 광원의 영향은 피부 영역의 색을 예측 불가능한 패턴으로 나타나게 만들고, YCbCr과 같은 특정 색 공간에서 미리 정해진 임계 범위를 통해 피부색을 검출하는 것이 항상 효율적인 해법이 될 수 없음을 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 3장에서는 영상 합성(image formation) 식을 기반으로 광원에 따라 발생하는 색차의 원인을 분석하고, 광원의 차이로 인하여 발생하는 색차를 줄일 수 있는 색 항등성 기법들을 대략적으로 살펴본다.

### III. 색 항등성 기법

일반적으로 영상 획득 장치를 사용해 획득한 영상은 다음과 같이 모델링된다<sup>5)</sup>.

$$C_i(x, y) = G(x, y)R_i(x, y)L_i(x, y) \quad (1)$$

$C_i(x, y)$ 는 영상에서  $(x, y)$  위치의 픽셀이 가지는 채널  $i$ 의 값이며,  $G(x, y)$ 는 영상 획득시 장면의 기하학 요소 즉, 피사체가 기울어진 정도를 나타낸다.  $R_i(x, y)$ 는 물체 표면이 가지는 고유의 반사계수(reflectance)이며,  $L_i(x, y)$ 는 영상의 위치에 따른 광원의 채널 값을 의미한다. 식 1에 따르면, 획득된 물체의 색  $C_i(x, y)$ 은  $L_i(x, y)$ 의 영향으로 동일한 피사체  $R_i(x, y)$ 일지라도 다르게 계산될 수 있다. 그림 2는 Kobus Barnard가 제공한 데이터 셋<sup>5)</sup>의 영상 중 일부와 그에 따른 RGB 히스토그램을 나타낸다. 두 영상은 동일 장면에서 획득

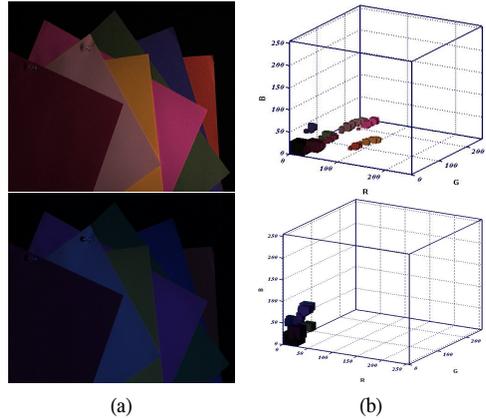


그림 2. (a) Barnard set의 영상 중 일부 (b) 영상에 따른 RGB 히스토그램

되었지만 상이한 광원의 영향으로 인해 다른 색으로 계산되며, 이러한 색차는 RGB 히스토그램을 통해 확인할 수 있다.

이러한 색차를 줄이기 위한 해법 중 하나가 색 항등성 기법이다. 색 항등성 연구는 영상 내의 여러 정보들과 영상 획득시의 장면에 대한 다양한 가정을 기반으로  $L_i(x, y)$ 를 추정하고, 이를 이용하여 백색 광원 하에서 나타나는  $R_i(x, y)$ 를 계산하는 것을 목적으로 한다. 모든 가시광선 주파수를 포함하고 있는 백색 광원 하에서 물체의 색을 측정할 경우, 물체가 가지는 반사 특성에 따라 색이 계산되기 때문에  $R_i(x, y)$ 는 광원의 영향을 받지 않는 물체의 색을 의미한다.

본 논문은 Gray World(GW), White Patch(WP), Simplified Horn(SH), Retinex와 같은 대표적인 색 항등성 기법과 Edge-Based Method(EB)와 Shades of Grey Method (SG)와 같은 최신 색 항등성 기법을 대상으로 피부색 복원에 대한 실험 및 성능 평가를 수행한다.

Buchsbaum이 제안한 GW 기법<sup>6)</sup>은 장면 내에 존재하는 다양한 반사계수를 가지는 물체가 장면 안에 동일한 비율로 존재하여 각 채널별 밝기 평균은 1/2 즉, gray라고 가정한다. 이러한 가정을 바탕으로 식 2 - 4와 같이 출력 영상을 계산한다.  $O_i(x, y)$ 는 입력 영상  $C_i(x, y)$ 을 이용하여 생성된 출력 영상이며,  $a_i$ 는 채널별 평균 밝기 그리고  $E[G]$ 는 기하학 요소의 기대치이다.  $R_i$ 의 기대치는 균일한 분포로 인해 1/2이 된다.

$$O_i(x, y) = \frac{C_i(x, y)}{L_i} \approx \frac{C_i(x, y)}{fa_i} \quad (2)$$

$$E[GR_i] = E[G]E[R_i] = E[G] \left( \int_0^1 x dx \right) = E[G] \frac{1}{2} \quad (3)$$

$$a_i = L_i \frac{1}{n} \sum_{x,y} G(x,y)R(x,y) \approx L_i E[GR_i] = L_i E[G] \frac{1}{2} \quad (4)$$

WP 기법<sup>[7]</sup>은 Retinex 기법의 단순 버전으로 균일 조명을 대상으로 하며, 많은 연구자들에 의해 이용되었다. WP 기법에서는 채널별 최대값  $Max_i$ 를 장면 내에 존재하는 백색 영역으로 가정한다. 이러한 백색 영역은 반사계수가 1이므로 조명의 특성을 그대로 영상에 반영한다. 따라서 조명의 효과가 제거된 영상  $O_i(x,y)$ 를 얻기 위하여 식 5와 같이 영상의 각 채널을  $Max_i$ 로 나누는 과정이 필요하다.

$$Max_i = \max [C_i(x,y)] \quad (5)$$

$$O_i(x,y) = \frac{C_i(x,y)}{Max_i} = G(x,y)R_i(x,y) \quad (6)$$

SH 기법<sup>[8]</sup>은 Horn이 제안한 비균일 색 항등성 기법의 변형된 버전으로 로그 연산과 정규화를 기반으로 한다. SH 기법에서는 식 7과 같이 양변에 로그를 취하여  $R$ 과  $L$ 성분을 분리한다. 이후 장면 내 존재하는 백색 패치를 기준으로 영상내의 모든 픽셀을 대상으로 정규화를 수행한다. 영상의 백색 패치는 조명의 색을 반영하기 때문에 정규화 과정을 통해 모든 픽셀에 동일한 영향을 주는 균일 조명 성분  $L$ 의 효과를 제거할 수 있다.

$$\log(C_i(x,y)) = \log(R_i(x,y)) + \log L_i \quad (7)$$

$$O_i(x,y) = \exp(Nor(\log(R_i(x,y)) + \log L_i)) \quad (8)$$

Retinex 기법은 색 항등성 연구의 선구자인 Land와 McCann에 의해 개발되었다. Land는 특정 픽셀을 주위 픽셀들의 평균 밝기로 나누어 조명의 효과를 제거하였다. 또한 영상 내의 국부적인 밝기를 계산하기 위하여 조명의 민감도 패턴을 이용하였으며, 국부 밝기와 입력 영상의 픽셀 값의 차이를 식 9와 같이 로그 함수를 이용하여 계산하였다<sup>[9]</sup>.

$$O_i(x,y) = \log C_i(x,y) - \log \left( C_i \otimes \frac{1}{r^2} \right) \quad (9)$$

SG는 Finlayson et al.이 제안한 장면 조명 추정 기법이다<sup>[10]</sup>. Finlayson은 그의 연구<sup>[2]</sup>에서 아래와 같은 Minkowski norm의  $p$ 를 이용하여 GW와 WP 기법이 표현할 수 있다고 언급하였다.

$$\left( \frac{\int (f(x))^p dx}{\int dx} \right)^{\frac{1}{p}} = ke \quad (10)$$

Minkowski norm에서  $p$ 가 1이면 GW 기법과 동일하며,  $p$ 가 무한대로 수렴할수록 WP 기법과 동일한 결과값을 도출한다. SG는 GW와 WP를 통합한 기법으로  $p$ 가 5로 결정된다. 이 기법은 Simon Fraser University Database를 기반으로 평가되었다.

EB는 J. van de Weijer et al. 이 제안한 기법으로 GW와는 달리 장면내의 물체가 가지는 반사계수 차이들의 평균은 1/2 즉 gray라고 가정하였다<sup>[11]</sup>. 이에 따라 장면의 광원은 영상 내 색들의 도함수 (color derivative)를 이용하여 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\frac{\int |f_X(X)| dx}{\int dx} = \frac{1}{\int dx} \int \int_w e(\lambda) |s_X(\lambda, X)| c(\lambda) d\lambda dX \quad (11)$$

여기서  $e(\lambda)$ 는 광원의 분광 분포이며  $c(\lambda)$ 는 카메라 센서의 반응 함수를 나타낸다.  $s_X(\lambda, X)$ 는 가정에 따라 상수로 표현되기 때문에 식 11을 통하여 광원의 정보를 얻을 수 있다.

그림 3은 그림 2의 영상들을 대상으로 앞서 소개한 여섯 가지의 색 항등성 기법을 적용하여 계산된 결과 영상을 보여준다. 결과 영상들은 각 색 항등성 기법이 사용한 가정과 특성에 따른 색차가 존재하였다. 하지만 하나의 기법에 따른 결과 영상들을 고려할 경우, 조명의 효과가 제거되어 입력 영상들과는 달리 유사한 색으로 계산되는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 실험 및 성능 평가

##### 4.1 실험 영상

본 논문에서는 앞에서 소개한 색 항등성 기법들

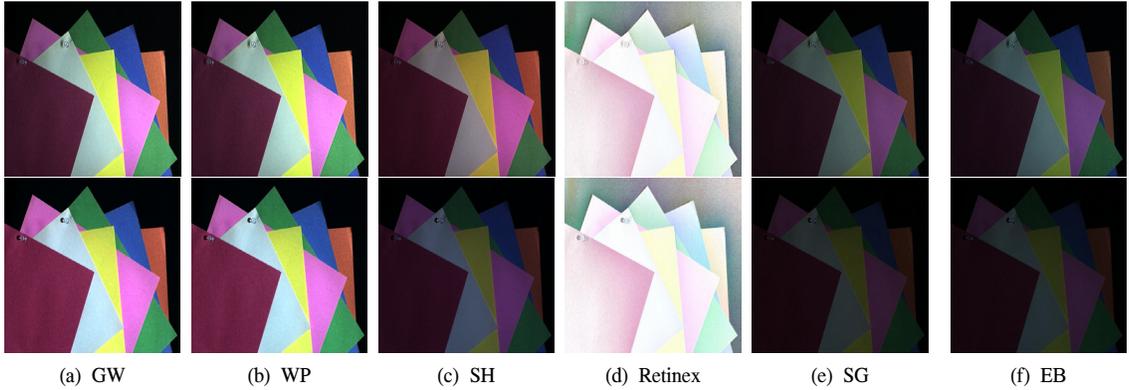


그림 3. 색 항등성 기법을 적용하여 계산된 결과 영상

의 피부색 복원 성능을 분석하기 위하여 Caltech Face Database(CFD)를 사용하였다. 하지만 CFD에서 실제 인물이 포함되어 있지 않은 영상들은 제외되었다. 이후, CFD의 각 영상에 식 12와 같이 Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow 등의 유색 광원의 효과  $E_i$ 를 단계별로 추가하여 유색 광원의 영향을 받은 실험 영상들을 생성하였다.  $E_i$ 는 영상의 채널별로 다르게 추가되며, 영상 형성 과정을 반영하기 위하여 곱셈의 형태가 되어 실험 영상  $C'_i(x,y)$ 를 생성했다.

$$C'_i(x,y) = C_i(x,y) \times E_i \quad (12)$$

그림 4는 CFD 내의 한 영상을 대상으로 생성된 실험 영상들 중 일부를 보여준다. 실험 영상에서 피부색은  $E_i$ 에 따라 다양하게 표현된다.



그림 4. CFD를 기반으로 생성된 실험 영상 중 일부

#### 4.2 성능 평가 요소

색 항등성 기법이 이상적으로 동작한다면 서로 다른 광원의 영향을 받은 동일 장면의 영상들을 대상으로 일정한 결과 영상이 생성되어야 하지만 실제로 결

과 영상은 그림 3과 같이 상이하게 나타난다. 이는 영상 획득시의 환경이 색 항등성 기법의 가정과 다르기 때문이다. 하지만 각 기법이 사용하는 장면과 영상에 대한 가정은 수치적으로 평가될 수 없는 부분이며, 절대적인 비교가 불가능하므로 색 항등성 기법을 비교하기 위한 방법론의 연구는 현재까지 확립되어 있지 않다.

본 논문에서 생성된 실험 영상들에 대해 색 항등성 기법이 이상적으로 동작한다면, 광원의 영향에 관계없이 결과 영상과 그에 따른 Cb-Cr 히스토그램은 모두 동일해야 한다. 그러나 이전 문단에 언급된 색 항등성 기법의 가정과 영상 획득 환경의 차이로 인하여 상이한 분포를 갖는다. 본 논문에서는 이러한 현상을 고려하여 피부색 복원에 관련된 각 색 항등성 기법의 성능 평가를 위한 요소로 Cb-Cr 히스토그램간의 표준 편차를 선정하였다. 표준 편차는 색 항등성 기법이 생성하는 결과 영상에 대한 히스토그램의 유사성을 수치적으로 계산하기 위하여 사용한다. 히스토그램간의 표준 편차  $\sigma$ 는 식 13 - 16과 같이 계산된다.

$$avg(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_i(x,y)) \quad (13)$$

$$\sigma(x,y) =$$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_i(x,y) - avg(x,y))^2 \quad (14)$$

$$\sigma = \frac{1}{K} \sum_{x,y} \sigma(x,y) \quad (15)$$

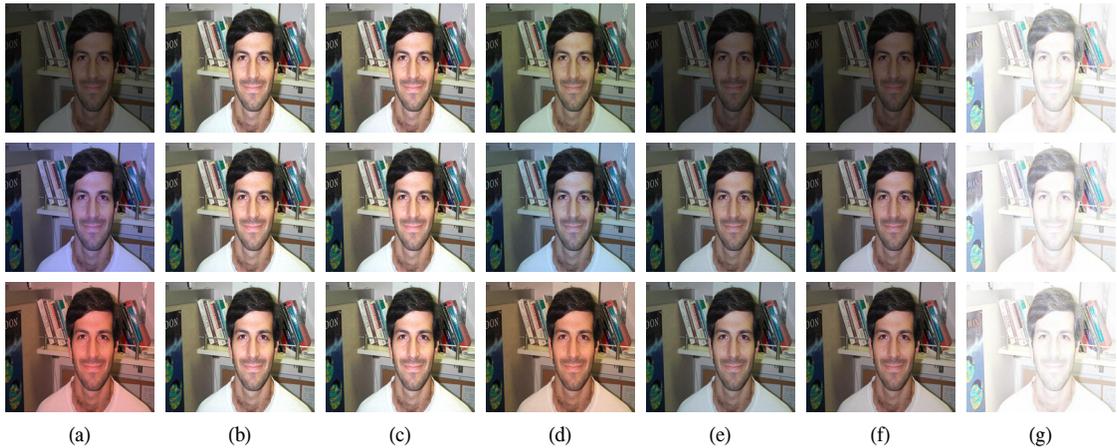


그림 5. (a) 유색 광원의 영향을 받은 입력 영상들 (b) GW를 적용한 결과 영상들 (c) WP를 적용한 결과 영상들 (d) SH를 적용한 결과 영상들 (e) SG를 적용한 결과 영상 (f) EB를 적용한 결과 영상 (g) Retinex를 적용한 결과 영상

$$\sigma' = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \sigma_i \quad (16)$$

식 13에서  $N$ 은 히스토그램 개수,  $h_i(x,y)$ 는  $i$ 번째 영상의 히스토그램을 의미하기 때문에,  $avg(x,y)$ 은 히스토그램의 bin에 따른 평균을 나타낸다. 식 12의  $\sigma(x,y)$ 는 히스토그램들의 bin에 따른 표준편차이다. 이후에  $\sigma(x,y)$ 안에 존재하는  $K$ 개 bin을 대상으로 평균 표준편차  $\sigma_i$ 를 계산하고, 실험에 사용된 모든 장면에 대한 평균 표준편차  $\sigma'$ 를 식 14와 같이 계산한다. 여기서  $S'$ 는 실험 영상이 가지는 장면의 수를 나타낸다. 계산된  $\sigma'$ 가 작을수록 색 항등성 기법이 실험 영상들을 히스토그램에서 유사한 패턴으로 생성함을 의미하며, 이는 곧 상이하게 나타나는 피부색 영역을 Cb-Cr 색 공간에서 일정한 범위로 복원할 수 있음을 나타낸다. 일반적으로 복원 성능은 결과 영상과 원영상의 오차로써 평가되지만, 본 논문에서 결과 영상들이 색 공간에서 나타나는 패턴의 유사성을 평가요소로 사용하는 이유는 CFD내의 영상들을 획득할 때 사용된 광원의 정보가 주어지지 않아 Ground True Data를 계산할 수 없기 때문이다.

두번째 성능 평가는 자연 영상을 대상으로 피부색 픽셀을 검출 할때 색 항등성 기법이 미치는 영향을 평가한다. 이를 위해 식 12와 같이 유색 광원의 효과가 부가되지 않은 CFD의 원본 영상들 중 조명의 영향으로 인하여 피부색 픽셀 검출이 불가능한 영상을 선택하였다.

성능 평가는 이러한 실험 영상들을 대상으로 피부색 픽셀을 검출하기 위하여 Peer P. et al의 연구에서

사용된 RGB 기반의 기법<sup>[12]</sup>과 2장에서 언급한 Francesca G. et al이 사용한 YCbCr 기반의 기법을 적용하여 검출된 얼굴 영역과 실험 영상에 각각의 색 항등성 기법을 적용하여 얻은 결과영상을 대상으로 동일한 검출 기법을 적용하여 검출된 얼굴 영역을 비교하여 수행된다. 또한 정량적인 비교를 위해 실험 영상에서 피부색 영역만을 추출한 영상을 GTD로 사용한다. 성능 평가 요소로는 표 1에 나타난 TP, FP, FN을 사용한다. 성능 평가 요소들은 각각 GTD의 피부색 영역들의 크기에 따른 백분율로 계산된다. 색 항등성 기법이 다양하게 나타나는 실험 영상 내의 피부색 픽셀을 올바르게 보정한다면 색 항등성 기법이 적용된 영상에서는 높은 TP와 낮은 FP 그리고 FN을 나타낼 것이다.

표 1. 피부색 픽셀 검출 성능 평가 요소

평가 요소	영역	검출 여부	비고
TP	피부색 영역	검출	검출영역 / 전체 피부색 영역
FP	비 피부색 영역	검출	오검출 영역 / 전체 피부색 영역
FN	피부색 영역	미검출	미검출 영역 / 전체 피부색 영역

### 4.3 실험 환경 및 성능 평가

피부색 복원에 대한 색 항등성 기법의 성능 평가를 위해 CFD에서 임의로 10개의 영상을 선택하고 앞서 소개한 방법으로 유색 광원 효과가 부가된 640장의 실험 영상을 생성하였다. 이후 실험 영상에 색 항등성 기법들을 적용하여 생성된 결과 영상을 대상으로  $\sigma'$

를 계산하여 성능 비교를 수행하였다. 실험 결과의 신뢰성을 위하여 실험은 10회 반복되었으며, 각 수행별 색 항등성 기법의 성능이 그림 6에 나타난다.

실험 결과 모든 수행에서 SH 기법으로 생성된 결과 영상들의  $\sigma'$ 가 가장 크게 나타났다. SH 기법은 그림 5에서처럼 타 기법에 비해 색의 편차가 큰 결과를 만들기 때문에 피부색 복원 측면에서 낮은 효율성을 갖는다. Retinex 기법은 전체적으로 낮은  $\sigma'$ 를 나타냈지만 그림 6에서와 같이 결과 영상의 채널별 픽셀 값이 모든 채널에서 크게 계산되었다. 이러한 현상으로 인해 결과 영상의 색을 구별하기 어려워졌으며, 임계 범위를 설정하여 피부색을 검출하는 것이 불가능한 문제점이 발생했다. GW 기법이 모든 수행에서 가장 작은  $\sigma'$ 를 보였고, 결과 영상들의 픽셀들도 유사한 컬러로 계산되었다.

피부색 픽셀 검출에 관한 색 항등성 기법들의 성능은 표 2에 나타나며 그림 7에 실험 결과 중 일부가 도시된다. 성능 평가 요소들은 실험 영상들 전체에 대한 평균치로 계산되었다. 실험 결과 색 항등성 기법을 적용한 실험 영상을 대상으로 계산된 TP는 색 항등성 기법이 적용되지 않은 실험 영상에 비해 상대적으로

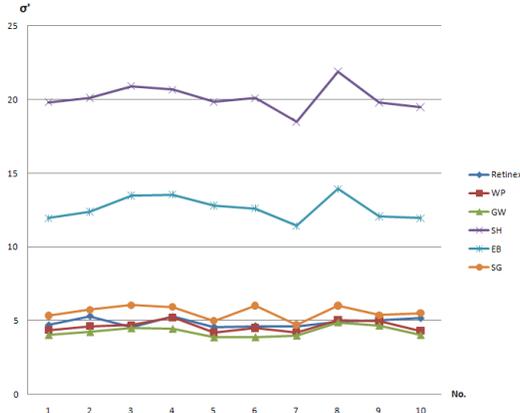


그림 6. 각 색항등성 기법의 성능

표 2. 피부색 검출 기법에 따른 색 항등성 기법의 성능

검출기법	원본 영상			GW			WP			VH		
	TP	FP	FN	TP	FP	FN	TP	FP	FN	TP	FP	FN
YCbCr(%)	25.9	74.0	1317	35.8	64.2	270	38.5	61.4	264	25.9	74.0	112
RGB(%)	41.8	58.1	433	51.8	48.1	225	50.5	49.4	253	42.5	57.4	350
검출기법	Retinex			SG			EB					
	TP	FP	FN	TP	FP	FN	TP	FP	FN			
YCbCr(%)	29.2	70.7	1256	39.4	60.5	352	28.3	71.6	241			
RGB(%)	35.4	64.5	1472	52.5	47.4	287	53.8	46.1	198			

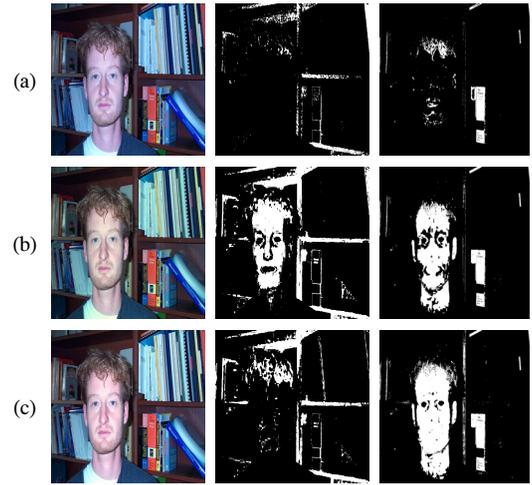


그림 7. (a) 실험 영상과 YCbCr, RGB 기반의 검출 기법을 적용한 결과 (b) SG 기법을 적용한 실험 영상과 검출 결과 (c) GW 기법을 적용한 실험 영상과 검출 결과

높게 나타났으며, FP와 FN은 낮게 나타났다. 색 항등성 기법의 적용은 실험 영상에 전체적으로 영향을 미치는 유색 광원의 효과를 감소시키기 때문에 얼굴 검출 성능을 향상시킬 수 있다. 여러 색 항등성 기법 중 GW와 SG를 적용했을 때 피부색 픽셀 검출 성능이 가장 높아졌다.

## V. 결 론

본 논문은 광원의 영향으로 인해 다양하게 표현되는 피부색을 색 공간에서 일정한 범위로 복원하는 기법을 찾기 위해 색 항등성 기법 중 GW, WP, SH, Retinex, SG, 그리고 EB 기법의 성능을 비교하였다. 이를 위해 CFD의 영상을 기반으로 유색 광원의 효과가 부가된 실험 영상을 생성하였고, 색 항등성 기법을 적용하여 얻은 결과 영상들을 대상으로 Cb-Cr 히스토그램 공간상의 표준편차를 계산하였다. 또한 자연 영상에서 색 항등성 기법이 얼굴 검출 과정에 미치는 영향을 분석하기 위하여 YCbCr과 RGB 색공간을 이용하는 피부색 픽셀 검출 기법을 이용하였다.

GW 기법은 두 가지 성능 평가에서 가장 좋은 성능을 나타냈다. GW를 적용한 결과영상들은 실험 영상들에 비해 색 분포 측면에서 높은 일관성을 나타냈으며, 실제 자연 영상을 기반으로 한 성능 평가에서도 GW의 적용은 기존의 피부색 검출의 효율성을 높일 수 있고, 얼굴 검출 및 인식 시스템의 효율성을 향상시킬 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

[1] Son Lam Phung, Bouzerdoum A., and Chai, D., "A novel skin color model in YCbCr color space and its application to human face detection," Proceedings of Image Processing, 2002, Vol.1, pp.289-292, 2002

[2] Jianke Li, Baojun Zhao, Hui Zhang, and Jichao Jiao, "Dual-Space Skin-Color Cue Based Face Detection for Eye Location," International Conference on Information Engineering and Computer Science, 2009, pp.1-4, 2009..

[3] Vladimir Vezhnevets, Vassili Sazonov, and Alla Andreeva, "A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques," In Proceedings of the GraphiCon 2003, pp.85-92, 2003.

[4] Francesca Gasparini, and Raimondo Schettini, "Skin segmentation using multiple thresholding," Proceedings of Internet Imaging VII, Vol.6061, Jan. 2006

[5] Marc Ebner, Color Constancy, Wiley, 2007

[6] Buchsbaum G., "A spatial processor model for object colour perception," Journal of the Franklin Institute, Vol.310, pp.337-350, 1980.

[7] Funt B., Barnard K. and Martin L., "Is machine colour constancy good enough?," In Fifth European Conference on Computer Vision, pp. 445-459, 1998.

[8] Berthold Klaus Paul Horn, Robot Vision, The MIT press, 1986.

[9] Land E. H., "An alternative technique for the computation of the designator in the retinex theory of color vision," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol.83, pp.3078-3080, 1986.

[10] G. D. Finlayson and E. Trezzi, "Shades of grey and colour constancy," Twelfth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, and Applications, pp. 37-41, 2004

[11] J. van de Weijer, Th. Gevers and A. Gijsenij "Edge-Based Color Constancy," IEEE Trans. Image Processing (TIP), Vol. 16, pp. 2207-2214, 2007

[12] Peer. P., Kovac J. and Solina F., "Human skin

colour clustering for face detection," EUROCON 2003. Computer as a Tool, Vol. 2, pp. 144-148, 2003

이 우 람 (Woo-dong Kim)

정회원



2003년 2월 충북대학교 컴퓨터 공학과 학사  
2005년 2월 충북대학교 컴퓨터 공학과 석사  
2006년 3월~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
<관심분야> 색 일관성, 얼굴 검출, 컴퓨터비전 등

황 동 국 (Dong-Guk Hwang)

정회원



1998년 2월 충북대학교 컴퓨터 공학과 학사  
2000년 2월 충북대학교 컴퓨터 공학과 석사  
2010년 2월 충북대학교 컴퓨터 공학과 박사  
<관심분야> 색 일관성, 시각시 스템, 객체 인식 등

전 병 민 (Byoung-Min Jun)

종신회원



1976년 한국항공대학교 전자공학과 학사  
1979년 연세대학교 전자공학과 석사  
1988년 연세대학교 전자공학과 박사  
1986년~현재 충북대학교 전기 전자컴퓨터공학부 교수  
<관심분야> 디지털신호처리, 영상처리, 컴퓨터비전