

## 조명 변화에 강건한

## 피부색 영역 검출을 위한 혼합 컬러 모델<sup>+</sup>

문규형<sup>0,1</sup> 최유주<sup>2</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 벤처전문대학원

<sup>2</sup>서울벤처정보대학원대학교

<sup>0</sup>ansrbgud@paran.com, yjchoi@suv.ac.kr

### Hybrid Color Model for Robust Detection of Skin Color

under the Illumination Variance

Kyu hyung Moon<sup>0,1</sup> Yoo-Joo Choi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Hoseo Graduate School of Venture

<sup>2</sup>Seoul University of Venture & Information

#### 요 약

본 논문에서는 얼굴영상 인식의 전처리 단계인 피부 영역 자동 검출시 적용 가능하며 조명변화에 강건한 피부 영역 검출을 위한 혼합 컬러모델을 제시한다. 또한, 사용자별로 차이를 보이는 다양한 피부색을 자동으로 인식하고 사용자에 적합한 피부색 영역을 결정하기 위하여 제시한 컬러 모델을 기반으로 한 피부색 영역 모델링 전처리 단계를 제시한다. 우선, 사용자 및 사용 카메라에 따라 차이를 보이는 피부색에 대한 영역 모델을 구축하기 위하여 화면상의 가운데에 손이나 얼굴 영역이 위치하도록 하고 일정 프레임의 화면 정보를 취득한다. 취득 화면 정보로서 각 픽셀에 대한 정규화된 RGB 성분 및 H 성분, V 성분 정보를 추출하고 이에 대한 평균화된 혼합 컬러 모델을 구축한다. H성분으로 피부색과 비슷한 배경을 제거하고 여기에 YUV 성분 중 적색에서 밝기 값을 뺀 성분인 V 값을 한 번 더 사용하여 밝기 값을 제거한 보다 뚜렷한 얼굴영역을 검출한다.

#### 1. 서 론

사람의 얼굴 표정을 카메라를 이용해서 받아들이고 이를 분석해서 사용자의 의도를 알아내는 연구 분야가 얼굴 및 표정인식 분야이다. 얼굴을 인식하는 컴퓨터 응용은 범죄 수사(얼굴 판독), 보안 시스템, 이미지 처리 그리고 HCI 등을 포함해서 다양한 문제에 적용될 수 있다. 이런 응용 분야에 적용되는 시스템 대부분이 주로 사용되는 장소와 시간대의 변화가 다양하고 서로 다른 특성을 지니는 사용자를 상대로 하는 것이기 때문에 많은 예외 상황에 따라 일관된 결과를 얻지 못하는 문제가 자주 발생한다. 이에 따른 문제 중 조명변화와 각기 다른 사람의 피부색으로 인한 사용자 자동 검출의 오류가 가장 빈번히 발생하는 중요 문제로 지적되고 있다.

이에 본 논문에서는 보편적으로 보급되어 있는 가정용 PC카메라를 이용하여 사용자 및 조명의 변화가 발생하는 환경에서도 사용자별 피부 특성에 적합한 피부영역 검출을 위한 혼합 컬러 모델을 제시하고, 제시한 컬러 모델을 기반으로 피부색 영역 모델링 전처리 단계를 제시한다. 실험결과로서 단일 컬러 모델을 적용하여 피부영역을 검출한 기존 연구와 비교하여 본 논문에서 제시한 혼합 컬러 모델의 피부 영역 검출 기능의 향상된 결과를 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 인식과 관련한 기존 연구에서 얼굴영역 전처리의 내용을 정리하고 3장에서는 각 컬러 모델의 장단점을 분석하여 제안 혼합 컬러 모델의 내용을 설명한다. 4장에서는 혼합 컬러 모델을 기반으로 한 사용자별 피부색 영역 전처리의 내용을 기술한다. 5장에서는 구현 및 실험 결과를 보이고 6장에서 결론을 논한다.

<sup>+</sup> 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임

2. 관련 연구

초기 얼굴인식과 표정에 대한 연구는 조명이 고정적이고 배경이 단순하다는 가정 하에 진행되어져 왔으나 최근 연구에서는 가변적인 환경과 여러 사람을 대상으로 하는 방향으로 발전되고 있다. 가변적인 주위 환경으로부터 사용자의 움직임을 추적하기 위한 기반 연구로서 조명의 영향을 최소화하기 위한 전처리 기법 등이 연구되어 왔다. 조명의 밝기와 방향도 고려하여 전처리로 질감특징에 대한 지역적 밝기 차이를 이용한 필터를 사용한 연구[1]와 PCA 및 LDA를 이용한 실시간 얼굴 검출로서 최소-최대 히스토그램 정규화 방법을 적용하여 전처리 과정을 수행한 연구[2]가 발표되었으나 어두운 영역이나 밝은 영역에서는 효과적인 결과를 얻지 못하였다. 또한, 얼굴의 색상과 모양정보를 이용한 조명 변화에 강인한 얼굴 추적 시스템으로 정규화 된 피부색만을 이용 후 CONDENSATION 알고리즘을 사용하여 얼굴을 추적 하는 연구가 발표되었다[3]. 얼굴 인식을 위한 얼굴 특징점 추출의 내용으로서는 RGB의 색 공간을 YUV로 변환하여 Y성분의 히스토그램 평활화와 변형된 V성분을 사용하여 피부색을 추출한 연구가 발표되었고[4], 조명 변화와 검침에 강건한 적응적 모델 기반 다중객체 추적에서는 YUV 모델을 기반으로 매 프레임마다 조명 영상을 적응적으로 갱신하도록 한 방법이 있었다[5]. [6]의 연구에서는 피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 기법도 선 보였는데, 이 기법에서는 HSI 칼라 좌표계상의 얼굴 피부색 정보와 에지 정보를 함께 이용하였다. [7]의 논문에서는 컬러와 에지 정보를 결합한 조명변화에 강인한 얼굴영역 검출 방법으로 RGB, YIQ 정보와 에지정보를 결합 후 중심영역 샘플링을 이용한 얼굴 검출 방법을 개발하였다. [8]은 동영상에서 HSI컬러 모델과 YIQ 컬러 모델의 H(hue)와 I(in-phase)를 이용하여 얼굴영역의 추출 성능을 각각 비교 하였다. [9]의 연구에서는 컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법으로 RGB모델과 정규화된 RGB컬러모델을 이용하고 있다.

기존의 분석 관련 연구들은 대부분의 내용이 단일 컬러모델을 이용하거나 두 모델을 각각 사용하여 장단점을 비교하고 있다. 본 논문에서는 각 모델 중 정규화 된 RGB모델과 H성분, V성분을 결합한 혼합 컬러 모델을 이용한 피부영역 검출 기법을 제시하고 실험 결과를 통하여 입력 조명 변화가 심한 저가형 pc용 웹캠에서 사용자의 피부영역이 강건하게 추출됨을 보인다.

3. 혼합 컬러 모델

컬러 영상을 표현하는 컬러 모델은 RGB 모델, YUV 모델, HSI 모델등 표현하고자 하는 컬러의 특성에 따라 구분되어 사용되고 있다. RGB는 컬러의 성분을 적색,

녹색, 청색의 기본 요소로 구분하여 표현하고자 하는 색상 별로 기본 성분의 혼합 비율을 지정한 것으로 색상정보와 밝기 정보가 혼합되어 있는 모델이다. YUV는 밝기 정보와 색차신호를 구분하여 표현하는 모델이고, HSI모델은 인간의 색인지에 기반을 둔 사용자 지향성 모델이다.

색상정보를 이용한 기존의 얼굴영역 추출 방법은 피부 성분의 각 컬러의 값을 구하여 임계치를 주어 추출하고 있다. RGB 표현방법은 컬러정보뿐만 아니라 밝기 정보까지 포함하므로 조명 변화에 민감한 결과를 보인다. 밝기 정보는 조명조건에 따라서 쉽게 바뀌기 때문에 정규화된 R,G,B 공간을 적용하는 것이 보다 조명에 안정적인 결과를 보이고 있다. 정규화된 R,G,B 모델은 조명에 따라 색의 변화를 최소화 한 모델로 각 화소의 RGB 정보를 식 (1)과 같이 보정하여 표현된다.

$$\begin{aligned} r &= \frac{R}{R+G+B} \\ g &= \frac{G}{R+G+B} \\ b &= \frac{B}{R+G+B} \end{aligned} \quad (1)$$

HSI 모델의 H성분은 밝기 요소를 줄인 색상 정보로서 색을 구별하기 위해 사용되는 축으로 0~360°의 범위를 가진 각도 값으로 표현된다. 하지만 실험결과 H성분 역시 밝기의 영향에 민감하게 변화됨을 알 수 있었다. HSI 모델은 식 (2)에 의해 RGB로부터 변환될 수 있다.

$$\begin{aligned} H &= \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \\ S &= 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \\ I &= \frac{1}{3} (R+G+B) \end{aligned} \quad (2)$$

YUV는 색상신호가 아니라 휘도(Luminance) Y와 색차신호 U, V에 기반한 색 표현 방식이다. 인간의 눈이 색상보다 밝기에 더 민감하기 때문에 색차신호를 이용해서 처리하는 것이 효과적이다. 식 (3)은 RGB를 YUV 모델로 바꾸는 변환식이다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.3R+0.59G+0.11B \\ U &= (B-Y) \times 0.493 \\ V &= (R-Y) \times 0.877 \end{aligned} \quad (3)$$

실험을 통하여, YUV의 V 성분은 피부색에 많이 포함되어 있는 R값과 밝기 값의 차로 이루어진 성분으로 조명

의 변화에 따른 피부색의 변화에 안정적으로 표현됨을 알 수 있었다.

본 연구에서는 실험을 통하여 정규화된 RGB 요소와 HSI컬러 모델에서의 H요소, YUV 모델에서의 V요소가 조명의 변화에도 안정적인 피부색의 성질을 유지함을 확인하고 5가지 컬러채널 요소를 사용하여 피부색 정보를 정의하도록 하였다. 그리고 실험에서 평균화된 RGB, H, V 요소 각각을 사용한 피부색 영역 추적과 이들 5가지 컬러 채널 정보 모두를 이용한 피부색 영역 추적의 결과를 비교하였다. 실험결과 5 가지 정보를 모두 사용한 경우, 유사한 색상의 배경 정보를 제거하고 사용자의 피부 영역만을 추출 하는데 보다 향상된 결과를 보여 주었다.

4. 사용자별 피부영역 평균 모델 생성

얼굴인식 시스템이나 제스처 인터랙션 등의 시스템에서 사용자의 피부색은 사용자 별로 큰 차이를 보인다. 또한, 사용하는 카메라의 특성에 따라 동일 사용자라 할지라도 입력되는 사용자 피부 영역의 색상 범위는 큰 차이를 가진다. 그러므로 얼굴인식 시스템에서 사용자의 얼굴 특성 정보로 사용자의 피부색 영역에 대한 평균화된 모델 정보를 활용하거나, 제스처 기반 인터랙션 시스템 등에서 인터랙션 시작 전 수 초 동안 입력되는 초기 영상에서 사용자의 피부색의 범위를 미리 분석하고, 이를 기반으로 피부색 영역 추적시 활용함으로써 얼굴인식의 정확도 및 인터랙션의 정확도를 높일 수 있다.

본 연구에서는 피부영역 추적을 위한 전처리 단계로 사용자가 화면의 중간 부분에 얼굴의 중심이나, 손바닥 영역을 놓게 하고, 화면 중심으로부터 25개의 화소를 샘플링하여 수 초 동안 입력되는 입력 컬러 채널의 변화를 추적하여 각 샘플링 화소에 대한 평균 화소 정보 즉, 정규화된 RGB 요소와 HSI컬러 모델에서의 H요소, YUV 모델에서의 V 요소 각각에 대한 평균값을 계산하였다. 그리고, 이들 25개의 샘플링 화소 중에 각 컬러 채널 성분에 대한 최소, 최대값을 구하여 이를 피부 영역 추적을 위한 임계치 지정시 활용하였다.

5. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 사용된 실험환경은 VISUAL C++ 6.0으로 구현되었으며 강한 형광등 빛과 살색이 포함된 배경을 바탕으로 Pentium-IV 3.0G인 CPU와 512MB 메모리 사양인 WINDOWS XP 환경에서 실험 하였다. 사용된 카메라는 LEBECA WEB CAM과 로지텍 콰캠 쉿, PCI DVR용인 WDVR-430B을 사용하여 320 X 240의 24bit RGB모델로 입력 받았다. 캡처된 영상 중심의 일정영역을 30프레임동안 저장 후 빛의 밝기에 따른 색 정보가 아닌 정규화된 RGB 공간으로 변환한다. 저장된 각 화소 평균값의 최소, 최대값으로 임계치를 결정한다.

$$\left(\frac{r}{r+g+b} * 100, \frac{g}{r+g+b} * 100, \frac{b}{r+g+b} * 100\right) \quad (4)$$

위 식에서 임계치의 변화량이 작기 때문에 4%의 오차값을 주었다. H,V의 임계치의 오차는 3%를 주었다.



(a) 실험 원영상



(b) RGB 기반 이진화



(c) 정규화 RGB 기반 이진화



(d) H 성분 기반 이진화



(e) V 성분 기반 이진화



(f) 정규화된 RGB, H, V 성분 결합에 의한 이진화  
그림 1. 실험 원영상과 컬러 성분 기반 피부색 추적 결과

그림 1은 원 영상의 중심부분에서 입력받은 RGB, H, V 값 각각 성분의 피부 영역의 임계치를 주어 생성한 이진화 결과와 이들 5 가지 컬러 채널 정보를 결합한 정보를 기반으로 한 이진화 결과 영상을 보여 주고 있다. 정규화된 RGB 성분에 의해 배경에 포함된 살색과 유사한 부분까지 추출되고, H 및 V 성분을 기반으로 배경 부분의 유사 색상 영역이 제거됨을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제시한 정규화된 RGB, H, V 컬러 정보기반 이진화 결과가 배경의 유사 색상을 최대한 제거하고 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 보편적으로 보급되어 있는 가정용 PC 카메라를 이용하여 사용자 및 조명의 변화가 발생하는 환경에서도 사용자별 피부 특성에 적합한 피부영역 검출을 위한 혼합 컬러 모델을 제시하고, 제시한 컬러 모델을 기반으로 하는 피부색 영역 모델링 전처리 단계를 제시하였다.

5가지 컬러 성분의 임계치 내에 해당되는 화소만을 추출해 본 결과 형광등의 빛을 직접 영향 받고 피부색과 비슷한 배경에서도 배경 정보를 최대한 제거하고 얼굴과 손 영역을 추출할 수 있었다. 이를 바탕으로 수축, 팽창 연산 및 작은 고립영역을 제거하여 배경의 작은 잡음을 제거하고 얼굴 및 손영역만을 보다 정확히 추출 할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 박현남, 조형제, "조명의 영향을 최소화하기 위한 전처리 기법이 적용된 얼굴인식" 정보처리학회논문지 v.7 no.3, 2000.03
- [2] 홍은혜, 고병철, 변혜란, "PCA와 LDA를 이용한 실시간 얼굴 검출 및 검증 기법" 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용 v.31 no.2 2004.02
- [3] 이형수, "얼굴의 색상과 모양정보를 이용한 조명 변화에 강한 얼굴 추적 시스템 구현" 정보처리학회 논문지B v.10-B no.6 2003.10
- [4] 양홍, 채덕재, 이상범, "얼굴인식을 위한 얼굴 특징점 추출" 한국컴퓨터산업교육학회 논문지 v.3 no.12 2002.12
- [5] 이경미, 이윤미, "조명변화와 겹침에 강건한 적응적 모델기반 자동객체 추적" 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용 v.32 no.5 2005.05
- [6] 김영일, 이웅주, "얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 및 인식시스템" 정보처리학회 논문지B v.9-B no.4 2002.08
- [7] 지은미, 윤호섭, 이상호, "컬러와 에지정보를 결합한 조명변화에 강한 얼굴영역 검출방법" 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용 v.29 no.11 2002.12
- [8] 박형철, 전병환, "동영상에서 최적의 얼굴색 정보와 움직임정보에 기반한 얼굴 영역 추출" 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용 v.27 no.2 2000.02
- [9] 홍동표, 우운택, "컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경 분리 기법" 한국신호처리학회 논문지 v.15 no.1 2002