

## 색공간에서 피부색과 조명보정을 이용한 실시간 얼굴 영역 검출

송상근<sup>o</sup> 김수형  
전남대학교 전산학과  
song<sup>o</sup>@iip.chonnam.ac.kr

Real-Time Face Detection based on Skin-Color and Lighting Compensation

Sang-Geun Song<sup>o</sup> Soo-Hyung Kim  
Dept. of Computer Science, Chonnam National University

### 요 약

본 논문에서는 실시간 영상을 대상으로 조명변화에 강인한 얼굴 영역 자동 검출 방법을 제안한다. 실시간 영상에서 가장 효율적이고 컴퓨터의 계산량을 줄일 수 있는 색상 정보를 이용하여 얼굴 영역을 추출함에 있어 색상 정보사용 시 단점인 외부 조명의 영향을 줄여주는 효과적인 조명 보정 방법을 제시하고, 조명 보정에 의해 평활화된 영상에서 YCbCr 색상모델을 적용하여 얼굴 후보 영역을 검출하는 방법을 제시한다. 실험 결과 조명의 영향을 많이 받는 실시간 영상에서 적응적 조명 보정 방법으로 영상을 향상시킨 뒤 Cb, Cr 그리고 Y를 이용함으로써 기존의 방법보다 얼굴 영역을 보다 정확하게 검출할 수 있음을 볼 수 있었다.

### 1. 서 론

일반적으로 신원을 확인한다는 것은 사용자가 소지하고 있는 도장, 열쇠, 신분증 등과 같은 물건을 이용하는 방법과 암호, 사원번호, 주민번호 등과 같은 사용자 자신의 기억으로부터 수나 문자를 표현하는 방법으로 확인할 수 있었다. 그러나 개인이 소지한 물건 또는 기억은 소실, 망각, 도난, 도용 등의 단점을 가지고 있었다. 이와 같은 단점을 극복하기 위하여 사용자 자신이 유일하게 보유한 생물학적 특징을 사용하는 생체정보 패턴을 사용자 신원 확인의 한 방법으로 연구하기 시작하게 되었다. 그 결과 얼굴, 지문, 홍채 등의 정보를 이용하는 생체인식이 개발되었다. 이러한 생체 정보에 있어서 가장 매력적인 분야중의 하나가 바로 얼굴 인식이라고 할 수 있다[1].

얼굴인식은 지문인식이나 홍채 인식에 비하여 개인마다 지닌 유일성이 낮다. 특히, 이란성 쌍둥이가 존재하며, 사람의 눈으로 이들을 구별한다는 것은 쉽지 않다. 그렇지만 지문인식이나 홍채 인식에 비하여, 사용자가 특별한 기계와의 접촉 행위에 대한 요구 없이 보다 편리하고 친근한 이용 방법을 제공한다는 것이 큰 장점이다[2].

본 논문에서는 실시간 얼굴 영역 검출 방법으로 조명 보정과 색상 정보를 이용한 방법을 제시한다. 영상에서 얻을 수 있는 정보 중 가장 빠르고 쉽게 얻을 수 있는 정보가 색상 정보이다. 또한 어떤 사물을 판단함에 있어서 가장 효율적이면서 컴퓨터의 계산량을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 색상 정보를 이용할 경우, 조명에 상당한 영향을 받기 때문에 검출하기 어려울 뿐만 아니라 일괄적인 외부 조건을 설정했다 하더라도 피부색과 유사한 색을 갖는 다른 물질이 있는 경우 잘못 판단하는 경우가 발생한다[3]. 따라서 본 논문에서는 외부 조명의 영향을 효과적으로 대응하면서 얼굴 대상영역을 검출하는 기법을 제시한다. 서론에 이어 2장에서는 조명 변화를 해결하기 위한 적응적 조명보정[4]을 설명하고, 3장에서는 색상 기반의 얼굴 검출 방법[5,6]을 설명한 뒤, 4장에서는 제안된 방법을 이용한 실험 결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 제시한다.

### 2. 적응적 조명 보정

색상 분석을 통한 얼굴 영역 검출 방법은 얼굴의 크기와 방향 등에 좋은 성능을 보이지만, 조명에 큰 영향을 받는 단점을 가지고 있으며, 얼굴과 같은 색이 있을 경우 검출의 정확성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 조명의 영향으로 인해 피부 색상이 변화하거나 주변 배경이 피부색과 비슷하게 변화하여 얼굴영역을 피부색으로 검출하는데 힘들었던 점을 극복하기 위해 적응적인 조명 보정을 통해 영상을 향상시켜 얼굴 영역의 검출을 개선하였다.

본 논문에서는 조명 보정 알고리즘의 기초로서 Grey World 알고리즘을 이용하였으며, 표준 GW 알고리즘은 다음과 같이 정의되어진다.

$$S_c = \frac{C_{std}}{C_{avg}} \quad c = r, g, b$$

여기에서  $S_c$ 는 R, G 또는 B 하나의 특정 채널에 대한 scale factor를 의미한다.  $C_{std}$ 와  $C_{avg}$ 는 각각 평균 그레이 값 (standard mean gray value)과 특정 채널의 평균 값(mean value of the specific channel)을 나타내며,  $C_{std}$ 값은 다음과 같이 계산되어진다.

$$C_{std} = \frac{\sum_1^m [\max(N_r, N_g, N_b) + \min(N_r, N_g, N_b)]}{2 \times n}$$

$$n = m - \sum_1^m (N_r = N_g = N_b = 0)$$

$m$ 은 전체 이미지 픽셀들의 수를 의미하고,  $n$ 은 전체 이미지 안에서 검정색을 제외한 픽셀들의 수를 나타낸다. 이것은 저역에 짙은 사진과 같은 어두운 배경을 가진 이미지에 대해서 초과된 보정 문제를 해결할 수 있게 한다. 한편, 최대와 최소 채널 비율의 평균을 계산함으로써, 전체 이미지의 적응적인 평균

그레이 값을 얻을 수 있게 된다.  $C_{avg}$ 는 각 채널에서 검정색을 지닌 픽셀들을 제외한 픽셀들의 평균이다.

$$N_c = \frac{C}{R+G+B} \quad c = r, g, b$$

정규화된 RGB 칼라공간은 RGB 칼라 공간 안에서 절대적인 값 대신에 각 채널의 비율을 의미한다. 따라서 조명의 변화에 보다 일정한 값을 가질 수 있다[4].

Hsu et al.[5]의 조명 보정 기법은 저녁이나 주변이 어두운 조도를 가진 이미지에 대해서 주위에 비해 얼굴부분이 밝은 영역이 될 수 있으므로 조명 보정 시 실패할 수 있으며, 진짜 흰색의 배경을 둔 이미지에 대해서는 어떠한 보정도 하지 않게 된다. 따라서 본 논문에 적용된 알고리즘은 Hsu의 알고리즘보다도 자연스럽게 보정된 이미지를 얻을 수 있었다[4]. 이와 같은 영상 보정 과정을 통하여 외부 조명의 영향에 따라 잘못 분류 될 수 있는 영역의 오류를 어느 정도 보정할 수 있었다.



그림 1. 조명 보정 후 영상(우측)



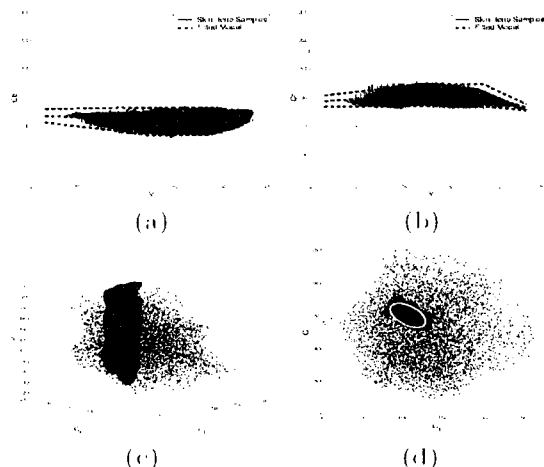
그림 2. 원영상의 이진화 영상(좌측)과 조명보정 후 이진화 영상(우측)

### 3. 얼굴 영역 검출

#### 3.1 YCbCr 색상 공간

과거 많은 색공간들이 피부색 검출에 사용되어왔다. 몇몇 색 분류의 경우에는 휘도 성분을 제거할 경우 조명 변화에 어느 정도 강건하게 되기 때문에 휘도 성분을 제외한 색차 정보만을 이용하였다. 하지만, Phung et al.[7]의 실험결과에서 볼 수 있듯이 휘도 성분을 제외한 Cb와 Cr 성분만을 이용한 방법보다 Y, Cb 그리고 Cr을 모두 이용할 경우 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 따라서, 본 논문도 Y, Cb 그리고 Cr 성분 모두를 이용한 방법을 이용하였다.

Hsu[5]는 YCbCr 색공간에서 휘도성분인 Y의 함수로써 Cb 그리고 Cr을 이용하였다. 이때 피부색 모델은 중점( $\bar{C}_b(Y)$ 와  $\bar{C}_r(Y)$ )과 클러스터의 폭( $W_{cb}(Y)$ 과  $W_{cr}(Y)$ )으로 기술되고, 이 중점과 클러스터의 폭은 변환된 색도( $C'_b(Y)$ 와  $C'_r(Y)$ )를 계산하기 위해 사용되어진다. 언급되어진 식은 다음과 같다[6].



(a) YCb subspace (b) YCr subspace  
(c) 변환된 YCbCr 색공간  
(d) 변환된 CbCr subspace

그림 3. YCbCr의 비선형 변환

$$C'_i(Y) = \begin{cases} (C_i(Y) - \bar{C}_i(Y)) \cdot \frac{W_{ci}}{W_{ci}(Y)} + \bar{C}_i(K_i) & \text{if } Y < K_i \text{ or } K_h < Y \\ C_i(Y) & \text{if } Y \in [K_h, K_h] \end{cases}$$

$$W_{ci}(Y) = \begin{cases} WL_{ci} + \frac{(Y - Y_{min}) \cdot (W_{ci} - WL_{ci})}{K_i - Y_{min}} & \text{if } Y < K_i \\ WH_{ci} + \frac{(Y_{max} - Y) \cdot (W_{ci} - WH_{ci})}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \\ W_{ci} & \text{else} \end{cases}$$

$$\bar{C}_b(Y) = \begin{cases} 108 + \frac{(K_i - Y) \cdot (118 - 108)}{K_i - Y_{min}} & \text{if } Y < K_i \\ 108 + \frac{(Y - K_h) \cdot (118 - 108)}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \\ 108 & \text{else} \end{cases}$$

$$\bar{C}_r(Y) = \begin{cases} 154 - \frac{(K_i - Y) \cdot (154 - 144)}{K_i - Y_{min}} & \text{if } Y < K_i \\ 154 + \frac{(Y - K_h) \cdot (154 - 132)}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \\ 108 & \text{else} \end{cases}$$

위의 비선형 변환(nonlinear transformation)후 Cb와 Cr은 다음과 같은 조건식에 만족하여야 한다[6].

$$\bar{C}_b(Y) - aW_{cb}(Y) < C'_b < \bar{C}_b(Y) + aW_{cb}(Y)$$

$$\bar{C}_r(Y) - aW_{cr}(Y) < C'_r < \bar{C}_r(Y) + aW_{cr}(Y)$$



그림 4. 비선형 변환 후 이진화된 영상

YCbCr 칼라 공간의 비선형 변환 후 그림3의 (d)에서 볼 수 있듯이 변환된 C'bC'공간 안에서 피부색을 위한 타원형 모델은 다음과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다. 변환된 공간은 어둡거나 밝은 피부색의 검출에 보다 강건하게 된다.

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1,$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'_b - c_x \\ C'_r - c_y \end{bmatrix}$$

해당 상수는 [5]의 Appendix A에 기재 되어 있다.



그림 5. 변환된 C'bC'공간의 타원형 모델에 의해 이진화된 영상

### 3.2 얼굴 후보영역 특징값 계산

피부색으로 분할된 이진 영상에는 많은 잡음 요소가 포함되어 있다. 이는 배경에 포함된 일부 피부색의 물질들 때문이다. 따라서 모폴로지 기법의 확장 연산과 수축 연산의 적절한 선택에 의해 효율적으로 잡음을 제거할 수 있었다[8].

영상 내의 피부색으로 분리된 영역을 모두 얼굴 영역으로 간주할 수는 없다. 그러므로 피부색 영역들 중 얼굴 영역이 아닌 부분은 제거해야 한다. 본 논문에서는 전체 영상크기에서 일정 면적의 미만이 객체는 배경잡음으로 인정하여 제거하였다. 특히 배경의 작은 피부색 영역들이 이 과정에서 제거되었다. 또한, 레이블링 과정을 통해 각 객체의 사각형 영역을 만든 후 영역의 가로, 세로의 비율과 사각형 속의 객체의 면적을 통해 얼굴이 존재할 조건을 만족하지 못하는 객체는 제거되었다[9].

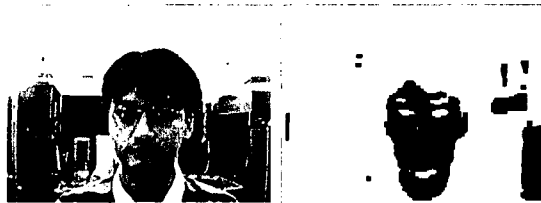


그림 6. 모폴로지 후 이진화 영상

## 4. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 색상 분석을 통한 피부색 영역의 검출

시 단점이었던 조명의 영향을 개선하기위해 적응적 조명 보정 기법을 사용하였고, 이를 통해 실시간으로 얼굴 영역을 보다 정확하게 검출할 수 있음을 볼 수 있었다.



그림 7. 얼굴 후보 영역 검출

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 Pentium4 2.80GHz의 PC에 Windows XP 운영체제 환경에서 진행이 되었고, 알고리즘의 구현은 Visual C++ 언어를 사용하였다. 입력영상은 초당 15Frame의 Web Camera에서 320×240 영상을 통해 실시간으로 테스트가 이루어졌다.

## 5. 결론

본 논문에서는 실시간으로 얼굴 영역을 검출하는데 있어 색상 분석의 큰 단점인 조명에 대한 영향을 최소화하는데 중점을 두었다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 조명 보정을 이용하지 않고 YCbCr 색공간을 이용하여 피부색을 검출하였을 때보다 검출되지 못했던 피부색 영역을 보다 많이 검출 할 수 있었다. 하지만, 실험 결과에서도 볼 수 있듯이, 조명 보정을 통해 피부색과 비슷한 배경과 잡음이 조금 더 검출되었다. 앞으로의 과제는 보다 정확하게 검출되는 피부색 영역에서 최적화된 얼굴영역을 검출해 내기 위한 방법과 실시간으로 얼굴 영역을 추적하는데 있어 피부색의 물체에 영향을 받지 않는 방법에 대한 연구가 계속 이루어져야 한다.

### 참고문헌

- [1] 이필규, "영상처리 및 생체인식", 홍릉과학출판사, 2005.
- [2] 송영기, 강환일, "생체인식의 길", 인더비전, 2004.
- [3] 민경필, 전준철, 박구락, "스킨 컬러와 변형 모델에 기반한 컬러영상으로 부터의 얼굴 및 얼굴 특성영역 추출", 한국 인터넷 정보학회 3권 6호, 2002.
- [4] P. Chen, C. Grecos, "A Fast Skin Region Detector", ESC Division Research 2005, pp.35-38, Jan. 2005.
- [5] R. Hsu, M.Abdel-Mottaleb, A.K. Jain, "Face Detection in Color Images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, pp.696-706, May 2002.
- [6] J. Kovac, P. Peer, F. Solina, "Human Skin Colour Clustering for Face Detection", EUROCON 2003, Computer as a Tool, The IEEE Region 8, Vol. 2, pp.144-148, Sept. 2003.
- [7] S.L. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, "Skin Segmentation Using Color Pixel Classification: Analysis and Comparison", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 1, Jan. 2005.
- [8] 권혁봉, 권동진, 장언동, 윤영복, 안재형, "YCbCr 색공간에서 피부색과 윤곽선 정보를 이용한 얼굴 영역 검출", 멀티미디어학회 논문지 제7권 제1호, pp.27-34, Jan. 2004.
- [9] 선영범, 김진태, 김동욱, 이원형, "객체 단위 방법을 사용한 얼굴 영역 추출", 멀티미디어학회 논문지 제6권 제6호, pp.953-961, Oct. 2003.