

YCbCr 공간에서 눈 영역의 피부색을 이용한 피부영역 검출 기법

(Extraction Method of Skin Region using Skin Color of Eye Zone in YCbCr Color Space)

박 영 재 [†] 김 계 영 ^{**}
(YoungJae Park) (GyeYoung Kim)

최 형 일 ^{***}
(HyungIl Choi)

요 약 입력된 영상을 유해영상인지 아닌지 판단하기 위해 여러 가지 방법이 사용 될 수 있다. 현재, 대부분의 유해영상검출에 대한 연구는 피부색상이 전체영상에서 차지하는 비율에 기반하고 있다. 본 논문에서는 YCbCr에서 피부영역을 검출 하는 기법을 제안한다. 피부영역은 YCbCr에서 특징적인 분포를 나타내는데 이를 이용하여 배경영역과 피부영역을 분리하고자 한다. 먼저 Eye-Map을 이용하여 눈의 영역을 찾은 후 그 주변 영역의 색상을 이용해 피부영역의 색상값 분포를 찾고, 전체 영상에서 그 분포와 근 거리에 있는 영역들을 피부영역으로 검출하는 방식이 된다.

키워드 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 성인영상, 피부 영역, HCI

Abstract There are many ways to judge whether the input image is adult-image or not. Until now, adult-

- 본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10581C093113)의 지원으로 이루어졌습니다.
- 이 논문은 제35회 추계학술대회에서 'YCbCr 공간에서 눈과 입술영역의 피부색을 이용한 피부영역 검출 기법에 관한 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 숭실대학교 컴퓨터학과
webmaster@kuly.org

^{**} 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학과 교수
gykim11@ssu.ac.kr

^{***} 종신회원 : 숭실대학교 글로벌미디어학과 교수
hic@ssu.ac.kr

논문접수 : 2008년 12월 19일

심사완료 : 2009년 5월 12일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제15권 제7호(2009.7)

image detection has been examined by the ratio of skin area in full image. In this paper, we propose a method to extract skin region in YCbCr. Skin region shows unique distribution in YCbCr, and we will separate the skin region from background using the distribution. First, we are going to find Eye zone using Eye-Map. Then we will find out the color value for the distribution of skin region using the color of Eye zone. Next, we will find the distribution of the area through the skin region in full-image.

Key words : Computer Vision, Pattern Recognition, Adult-Image, Skin region, HCI

1. 서론

인터넷이 발전해 감에 따라 많은 정보가 사용자 간에 서로 공유되고 배포되어 유해영상에 대한 문제가 사회적으로 크게 대두되고 있다. 유해영상을 찾고자 하여 최근에 피부영역에 대한 검출 기법은 색상 공간에서의 분포를 이용하여 찾는 방식이 많이 사용되고 있다.

Jiann-Shu Lee[1]에는 피부 영역 추출을 위해 RGB 모델의 영상을 YCbCr 모델로 변형시키고 Cb와 Cr의 분포에 대한 히스토그램을 작성하고 이를 병합하여 피부 색상 모델을 만들어 피부영역을 찾는 방법을 사용 하였다. 영상전체의 밝기 및 색상에 따라 피부영역이 다르게 나타나는 문제를 해결하기 위해 분류를 하여 몇 개의 피부 색상 모델을 만들었다. 조경민, 장정훈과 홍기상은[2] 이러한 문제를 해결하는 방법으로 HSV 공간을 이용하여 어떠한 정해진 값을 기준으로 영상 전체의 밝기 및 색상에 따라 정해진 값을 이동시켜 얼굴 영역을 찾는 방법을 제안하였다. 이 외에 YCbCr 공간에서 임계값을 이용하여 피부영역을 검출하는 방법, 윤곽선을 이용한 피부영역 검출 방법 등의 연구가 진행 되고 있다[2-6].

피부영역을 추출하는데 있어서 가장 큰 문제는 영상 전체의 밝기 값에 따라 피부색상의 분포가 달라지며 개인의 피부색의 차이에 따라 피부색상의 분포가 달라진다는 점이다. 따라서 한 영상에 대해서 피부색상의 분포는 일정하지만 위에서 말한 문제로 피부영역의 검출이 힘들어지는 것이다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 입력 영상을 먼저 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정에서 히스토그램 평활화를 수행하여 영상의 대비를 높이는 작업을 수행한다. 그 다음 전체 영상에서 눈 영역을 찾고, 그 눈 주변 영역에서 배경과 피부색을 분리하는 작업을 한 후 피부색상모델을 만들고 이 모델을 바탕으로 전체 영상에서 피부영역을 추출한다. 눈을 검출하여 눈 주위의 피부색을 기반으로 색상모델을 만들기 때문에 영상전체의 밝기 값이나 개인의 피부색 차이 등에서 보다 강건한 결과를 얻을 수 있다.

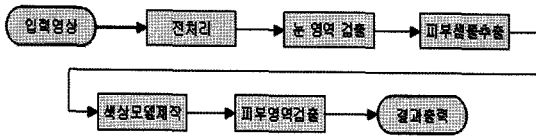


그림 1 시스템 개요도

2. 눈 영역 검출 기법

눈을 검출하기 위한 방법으로는 Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb과 Anil K. Jain[3]이 제안한 방법인 Eye Map을 사용한다. Eye Map은 두 개의 방법으로 만들어지는데 하나는 색상값을 이용하는 방법(EyeMapC)이다. 이것 역시 YCbCr 색상 공간에서 산출하게 된다. EyeMapC는 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$EyeMapC = \frac{1}{3} \{ (C_b^e)^2 + (\bar{C}_r)^2 + (C_r/C_r) \} \quad (1)$$

$C_b^e, (\bar{C}_r), C_r/C_r$ 은 0에서 255사이의 값으로 정규화되어 있으며, C_b, C_r 은 각각 YCbCr의 Cb와 Cr값이며 (\bar{C}_r) 은 역변환된 Cr값이다. 피부영역의 색상은 대체적으로 Cb의 값이 Cr의 값보다 높다는 점에서 착안한 방법이다. 또 하나의 방법으로 명암의 대비를 이용하여 구하는 방법(EyeMapL)이 있는데 이것은 식 (2)와 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$EyeMapL = \frac{Y(x,y) \oplus g_r(x,y)}{Y(x,y) \ominus g_r(x,y) + 1} \quad (2)$$

흑백영상을 이용하여 팽창과 침식을 하여 명암대비를 이용한 EyeMapL을 구한다. \oplus 는 팽창, \ominus 는 침식을 하는 것이고, $g(x, y)$ 는 흑백영상의 명암값이다. 구해진 두 개의 값을 이용하여 EyeMap을 식 (3)과 같이 만든다.

$$EyeMap = (EyeMapC) \text{ and } (EyeMapL) \quad (3)$$

이렇게 구해진 EyeMap을 임계값을 사용하여 이진화 하여 눈의 후보 영역을 추출한다. 그림 2는 EyeMap을 사용하여 구한 실험 결과인데, 눈 영역만 추출되는 것은 아니다. 눈 이외에 다른 결과가 섞여 나올 수도 있는데 이 문제는 추후 해결해야할 과제이다.



그림 2 EyeMap 결과영상

3. 피부 색상 모델

눈 주변의 영역은 일반적으로 피부가 위치하게 된다. 물론 피부 이외에 안경 또는 배경 등의 영역이 존재 할 수도 있다. 따라서 피부영역과 배경영역으로 영역을 분할할 필요성이 있다.

3.1 피부와 배경의 영역 분리

위에서 말한 바와 같이 눈 주변은 피부라고 했을 때 눈의 후보로 추출된 영역 주위영상을 이용하여 색상 모델을 만든다. 눈의 주변 영역에는 피부와 배경이 함께 존재하는데 이를 분리하는 작업이 필요하다. 일반적으로 알려진 값을 이용하여 그 값과의 거리를 이용하여 분리한다. 본 논문에서는 C_r 값을 이용하였으며 F_{Cr} 은 일반적으로 알려진 피부 색상으로 145를 사용하였다.

$$SkinMap = 255 - \frac{|F_{Cr} - C_r|}{F_{Cr}} \quad (4)$$

그림 3은 식 (4)를 바탕으로 눈 주위 영역의 SkinMap을 작성한 결과이다. 이렇게 만들어진 SkinMap을 Otsu[7]가 제안한 식 (5), (6)의 방법으로 이진화한다.

$$\lambda = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_W^2}, \quad \eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2}, \quad k = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_W^2} \quad (5)$$

$$t^* = Arg \min_{t \in G} \eta \quad (6)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=0}^{l-1} (i - \eta_T)^2 P_i, \quad \mu_T = \sum_{i=0}^{l-1} i P_i$$

$$\sigma_W^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_1 \mu_0)^2, \quad \omega_0 = \sum_{i=0}^t P_i$$

$$\omega_1 = 1 - \omega_0, \quad \mu_1 = \frac{\mu_T - \mu_0}{1 - \omega_0}, \quad \mu_0 = \frac{\mu_0}{\omega_0}$$

$$\mu_t = \sum_{i=0}^t i P_i$$

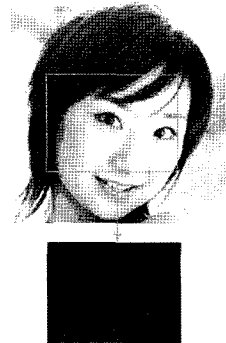


그림 3 SkinMap의 결과

SkinMap의 히스토그램을 작성하여 Otsu가 제안한 방법으로 이진화를 하면 그림 4와 같이 나타나며 피부가 아닌 영역은 검정색으로 처리하였다.

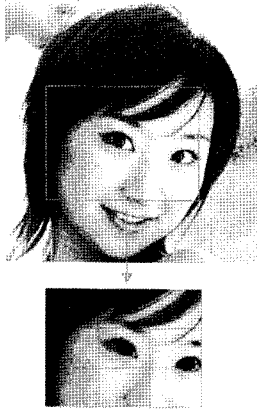


그림 4 피부 영역 분리 결과

3.2 피부 영역으로부터 색상 모델 추출

피부영역으로 판별된 눈 주위의 피부로부터 색상 모델을 만든다. 색상모델은 그림 4의 오른쪽 영상에서 YCbCr공간의 Cb와 Cr을 사용하여 식 (7)과 같이 만들어진다.

$$C'_b = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n C_{b_i}, \quad C'_r = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n C_{r_i} \quad (7)$$

4. 피부 영역 검출

앞서 만들어진 색상 모델을 이용하여 전체 영상에서 피부 영역을 검출한다. Cb/Cr 공간에서 피부 색상 모델을 만들다 보면 그림 5와 같이 색의 분포가 어떠한 기준점으로부터 타원의 형태로 분포 하는 것을 알 수 있다. 따라서 타원을 이용하여 식 (8), (9)와 같이 피부 영역을 검출한다.

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1 \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_b - C'_b \\ C_r - C'_r \end{bmatrix} \quad (9)$$

C'_b, C'_r 은 앞서 구한 색상 모델의 결과 값이며 $\theta = 2.53$ (in radian), $ec_x = 1.60, ec_y = 2.41, a = 25.39, b = 14.03$ 의 값을 이용하였다.

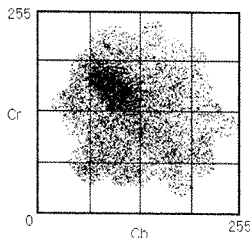


그림 5 피부 영역의 Cb/Cr 분포도

5. 실험 결과

본 실험을 위해 사용한 컴퓨터는 Intel Pentium-4 3.0Ghz CPU와 1.00GB RAM을 사용하였고, VGA카드 는 Nvidia Geforce 6600, 운영체제는 WindowsXP SP2, 사용언어는 Microsoft Visual Studio C++ 6.0을 사용하였다. 사용 영상은 인터넷에 배포되어 있는 성인용 상업 영상들을 모아 자체적으로 구축한 데이터베이스를 사용하였다. 이 데이터베이스는 유해영상 1200장, 인물영상 600장, 일반영상 700장으로 구성되어 있다.

그림 6부터 그림 8은 Rein-Lien Hsu가 제안한 방법과 Jiann-Shu Lee의 방법과 본 논문에서 제안된 방법을 각각 실험한 결과이다. Hsu 방법의 경우 임계값의 설정에 따라 결과가 다르게 나오며, Lee 방법의 경우 학습된 피부영역의 패턴이 많으면 많을수록 피부 영역은 잘 검출하나 피부영역이 아닌 영역도 피부영역으로 검출하는 경우가 많아진다. 표 1을 보면 Hsu 방법의 경우 배경영역의 탐지결과는 좋으나 피부영역의 탐지결과는 매우 좋지 않다. 위에서 말한 바와 같이 임계값에 종속되는 문제점을 보이고 있다. Lee 방법의 경우 피부 영역

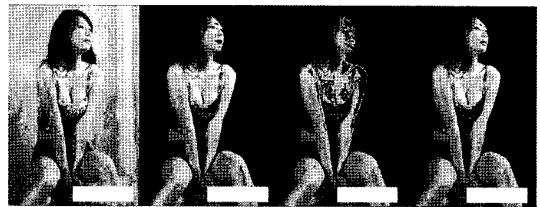


그림 6 좌측부터 원본영상, Rein-Lien Hsu의 방법, Jiann-Shu Lee의 방법, 제안된 방법



그림 7 좌측부터 원본영상, Rein-Lien Hsu의 방법, Jiann-Shu Lee의 방법, 제안된 방법



그림 8 좌측부터 원본영상, Rein-Lien Hsu의 방법, Jiann-Shu Lee의 방법, 제안된 방법

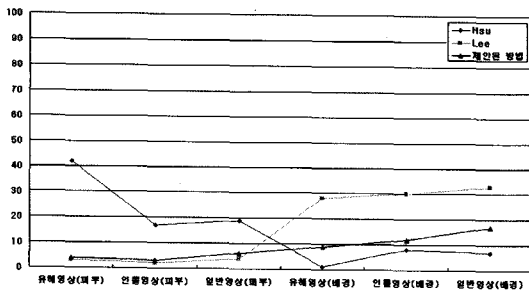


그림 9 RMSE를 이용한 오차율

표 1 Rein-Lien Hsu의 방법, Jiann-Shu Lee의 방법, 제안된 방법의 실험 결과 비교(척도 : RMSE, 단위 : %)

		Hsu 방법	Lee 방법	제안된 방법
유해영상	피부	42	3	4
	배경	1	28	9
인물영상	피부	17	2	3
	배경	8	30	12
일반영상	피부	19	4	6
	배경	7	33	17

은 비교적 잘 탐지하고 있으나 피부와 배경을 구분하지 못하는 단점이 있다. 제안된 방법의 경우 위 두 가지의 문제점을 개선한 형태의 결과를 보이고 있으며 그 이유로 학습에 관계가 없고 임계값에 종속적이지 않기 때문에 어떠한 영상이나 고른 결과를 얻을 수 있었다. 그림 9는 Hsu의 방법, Lee의 방법과 제안된 방법을 RMSE를 이용한 오차율 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

6. 결론

피부영역을 찾는다는 문제는 기본적으로 두 가지 정도의 어려운 점이 있다. 하나는 사람마다 피부색의 차이가 있는 것과, 영상전체적인 밝기에 따라 같은 사람의 피부색도 차이가 생긴다는 점이다. 따라서 피부색상모델의 범위를 넓히면 넓힐수록 피부영역은 잘 탐지하는데 반해 배경영역까지 피부영역으로 검출하는 오작동이 발생하며, 범위를 줄이게 되면 피부영역 자체의 탐지가 어렵다는 점이다.

따라서 이러한 문제점을 개선하고자 본 논문에서는 개인의 피부색의 차이와 영상전체의 밝기 등에 따라 변화하는 피부색을 찾기 위해 눈을 찾아 같은 영상의 피부 샘플을 이용하는 방법을 제안하였다. 지금까지 제안된 방법들보다 좋은 결과를 얻을 수 있었다. Hsu가 제안한 EyeMap의 경우 앞서 말한 대로 여러 가지 문제점이 있기 때문에 이 부분에 대한 보완이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Jiann-Shu Lee, Yung-Ming Kuo, Pau-Choo Chung, E-Liang Chen, "Naked image detection based on adaptive and extensible skin color model," *Pattern Recognition Society*, vol.40, pp.2261-2270, 2007.
- [2] Kyung-Min Cho, Jeong-Hun Jang, Ki-Sang Hong, "Adaptive skin-color filter," *Pattern Recognition Society*, vol.34, pp.1067-1073, 2001.
- [3] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb, Anil K. Jain, "Face Detection in Color Images," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.24, no.5, pp.696-706, May 2002.
- [4] Kyoung-Mi Lee, "Component-based detection and verification," *Pattern Recognition Letters*, vol.29, pp.200-214, 2008.
- [5] LIN Chiunhsion, "Face Detection in complicated backgrounds and different illumination conditions by using YCbCr color space and neural network," *Pattern Recognition Letters*, vol.28, pp.2190-2200, 2007.
- [6] Jau-Ling Shih, Chang-Hsing Lee, Chang-Shen Yang, "An adult images identification system employing image retrieval technique," *Pattern Recognition Letters*, vol.28, pp.2367-2374, 2007.
- [7] N. Otus, "A threshold selection method from gray-level histogram," *IEEE Trans. Systems Man Cybernet. SMC-8*, pp.62-66, 1978.