

논문 2011-48SP-4-3

Mean Shift 알고리즘 기반의 히스토그램 근사화를 이용한 피부 영역 검출

(Skin Region Detection Using Histogram Approximation Based Mean Shift Algorithm)

변기원*, 주재흠**, 남기곤*

(Ki-Won Byun, Jae-Heum Joo, and Ki-Gon Nam)

요약

사전에 정의된 피부 색상 정보를 이용한 기존 피부 검출 방법들은 배경과 피부 영역을 분할하는 단계에서 사용되는 임계값을 실험을 통하여 주관적 관점에서 결정하였다. 또한 기존 방법들은 배경 환경과 조명 환경에 따라 각각 다른 임계값을 설정하였다. 이러한 기존 방법들은 반복 실험을 통하여 추정된 임계값에 따라 성능이 좌우되는 단점이 제시되었다. 제시된 기존 방법들의 단점을 극복하기 위하여 본 논문은 mean shift 알고리즘 기반의 히스토그램 근사화를 이용한 피부 영역 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 CbCr 컬러공간에서의 표준 피부색상과 유사도를 비교하여 생성된 입력 영상의 피부맵(skin-map)의 히스토그램에서 mean shift 방법을 이용하여 각각 밝기 영역별로 수렴하는 극대점을 능동적으로 찾아서 배경 영역과 피부 영역으로 분할한다. 히스토그램은 픽셀의 명도값에 따라 누적되는 불연속 함수의 형태를 가지므로 베이지 곡선(Bezier curve) 기법을 이용하여 연속 가우시안 함수로 근사화된다. 따라서 제안하는 방법은 기존 방법에서처럼 수동적으로 임계값을 설정하는 방법을 사용하지 않고 mean shift 기법을 이용하여 능동적으로 영역 분할점인 극대점을 찾아서 피부 영역을 검출한다. 제안된 방법은 실험을 통하여 강인하고 효율적으로 피부 영역을 검출하였다.

Abstract

At existing skin detection methods using skin color information defined based on the prior knowledge, threshold value to be used at the stage of dividing the background and the skin region was decided on a subjective point of view through experiments. Also, threshold value was selected in a passive manner according to their background and illumination environments in these existing methods. These existing methods displayed a drawback in that their performance was fully influenced by the threshold value estimated through repetitive experiments. To overcome the drawback of existing methods, this paper propose a skin region detection method using a histogram approximation based on the mean shift algorithm. The proposed method is to divide the background region and the skin region by using the mean shift method at the histogram of the skin-map of the input image generated by the comparison of the similarity with the standard skin color at the CbCr color space and actively finding the maximum value converged by brightness level. Since the histogram has a form of discontinuous function accumulated according to the brightness value of the pixel, it gets approximated as a Gaussian Mixture Model (GMM) using the Bezier Curve method. Thus, the proposed method detects the skin region by using the mean shift method and actively finding the maximum value which eventually becomes the dividing point, not by using the manually selected threshold value unlike other existing methods. This method detects the skin region high performance effectively through experiments.

Keywords : skinmap, Bezier curve, skin color, mean shift.

* 정회원, 부산대학교 전자전기공학과
(School of Electronics Eng., Pusan National University)

** 정회원, 부산 가톨릭대학교 멀티미디어 공학과
(School of Multimedia Eng., Pusan Catholic University)

접수일자: 2010년11월11일, 수정완료일: 2011년5월9일

I. 서 론

피부 검출은 얼굴 검출, 얼굴 추적, 내용기반 영상 정보 검색 시스템 그리고 체스처 분석 등에 이르기까지 다양한 인간 컴퓨터 상호작용 분야에서 중요한 역할을 한다. 최근 피부 색상 정보에 기초한 피부 검출 방법은 대상 영역의 회전, 크기 그리고 부분 폐색 등에 계산적으로 강인한 효율성을 가지기 때문에 많은 관심을 받고 있다. 피부 색상은 정확한 얼굴 검출 시스템 설계에 있어서 모양, 기하학 같은 특징들과 함께 상호 보완적 정보로써 사용되었다^[1~4]. 이러한 피부 색상을 이용한 피부 검출은 얼굴 검출 및 얼굴 인식에 있어서 중요한 전처리 단계로써 이용된다.

피부 검출에 관한 연구들은 가시 스펙트럼 영상(visible spectrum image)에서 수행되었다. 가시 스펙트럼 영상에서의 피부 검출은 조명 환경, 카메라 특성, 인종, 개인적 특성에 따라 성능이 제한적이었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 적외선 영상 등, 비가시 스펙트럼 영상을 이용한 방법들이 고려되었으나, 하드웨어 장비가 고가이거나 사용 환경이 극히 제한적이었다^[5~9].

분류 관점에서, 피부 검출은 피부 영역, 비피부 영역 등 2개의 분류문제로 고려된다. 색상 정보를 이용한 피부 검출은 (1) 적합한 컬러 모델 선택, (2) 피부 픽셀, 비피부 픽셀들을 모델링하기 위한 적합한 분포선택, (3) 모델링된 분포들을 효율적으로 분류하기 위한 방법들이 고려되어야 한다. 적합한 컬러 모델 선택은 고려되는 피부 색상 분포를 얼마나 효율적으로 모델링 할 수 있는지를 결정한다. 피부 색상 분포는 일반적으로 히스토그램 모델이나 가우시안 모델로 모델링 되어진다. 분류 방법은 단순하게 피부색상 룩업테이블 접근부터 복잡한 패턴인식 접근까지 다양하게 연구되었다.

일반적으로 기존 피부색 검출연구는 외부 조명의 영향을 배제하기 위하여 RGB 영상을 명암도와 색도 부분으로 나눌 수 있는 컬러공간으로 변환하는 방법을 많이 이용한다. 주로 많이 연구되는 컬러공간은 TSL, NCC, HSV, YCbCr 등이 있다. 컬러공간 변환방법은 RGB에서 선형 변환 방법과 비선형 변환 방법이 있다. 선형 변환 방법은 YIQ, YYUV, YCbCr 등이 있고, 비선형 변환 방법은 NCC, HSV, HSL 등이 있다^[10~13]. 최근에 연구되는 방법들은 시스템 계산 시간을 고려하여 고차원 컬러공간에서 저차원 컬러공간으로 이용하는 방법이 많

이 사용되고 있다^[14~15].

사전에 정의된 피부 색상 정보를 이용하여 검출하는 기존 연구 방법은 배경 영역과 피부 영역으로 분할하는 피부 유사도 임계값을 반복 실험을 통하여 결정하였다^[16]. 이러한 방법들은 실험 환경과 피부 색상 정보에 따라 각각 다르게 임계값이 설정되는 단점이 제시되었다. 또한 획득한 임계값은 객관적으로 정형화된 것이 아니라, 사용자의 주관적 개념이 포함되었다.

따라서, 기존 방법의 단점들을 극복하기 위하여 본 논문은 저차원 컬러공간에서 mean shift 알고리즘 기반의 히스토그램 정보를 이용한 피부색 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기존 방법과는 달리 임계값을 사용하지 않고, mean shift 기법을 이용하여 능동적으로 분할점인 극대점을 찾아 피부 영역을 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 연구를 설명하고 III에서는 제안하는 피부 영역 검출 방법을 설명한다. IV장에서는 제안 방법의 실험을 통하여 개선된 결과들을 보여주고, V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

피부 색상 검출 방법은 물리적 특성에 기반한 방법과 통계적 특성에 기반한 방법으로 분류된다. 통계적 특성에 기반한 방법은 다시 매개 변수 접근 방법^[17~19]과 비매개 변수 접근 방식^[20~22]으로 소분류된다. 일반적으로 통계적 특성에 기반한 방법들은 조명 환경의 영향을 감소하기 위해 저차원 컬러 공간에서 피부 영역을 검출한다.

매개 변수 통계적 접근 방법에서 사용하는 피부 색상 분포 형태는 단일 가우시안 모델보다는 혼합 가우시안 모델 형태로 나타낸다^[18~19, 23]. 따라서 매개 변수 통계 방법을 이용한 피부 검출 연구 방법들은 혼합 가우시안 모델을 이용한 방법들이 많이 제안되었다^[18~19, 23]. 이러한 방법들을 연구함에 있어서 제시되는 주요 문제점은 모델 차원 선택이다. 차원 선택은 대부분 사전 환경 정보에 따라 귀납적으로 결정된다. 또한 이러한 방법에서 사용되는 피부 색상 분포의 매개 변수들은 인종과 조명 환경에 따라 다양하게 설정된다. 최근에 혼합 가우시안 모델의 매개 변수를 추정하는데 있어서 많이 사용되는 응용 기법은 EM(Expectation-Maximization) 알고리즘이다^[24]. EM 알고리즘은 확률 밀도 함수를 사용하여 조

명 환경 및 인종에 따라 피부 색상 분포의 매개 변수들을 귀납적으로 추정하여 결정한다.

비매개 변수 접근 방식은 매개 변수 접근 방식보다 수월하게 일반적인 형태의 피부 색상 분포 형태를 표현하는 모델을 사용한다^[21~22]. 이러한 방법은 컬러 공간에서 피부 색상 분포 특성을 표현하는데 있어서 히스토그램을 주로 사용한다. 히스토그램의 주요 이점은 피부 색상 분포가 복잡하더라도 확률 밀도 함수가 양자화 레벨 개수에 따라 정량적으로 계산되는 점이다.

통계적 접근 방법과 달리 물리적 특성에 기반한 피부 검출 방법은 직접적인 고유 피부 색상의 물리적인 모델을 이용한다. 이러한 물리적인 모델은 배경에 따른 조명 환경의 변화를 무시하고 피부 색상의 영속성 특징을 사용하여 피부 영역을 검출하는 연구 방법에 사용된다.

III. 제안하는 피부 영역 검출방법

3.1 제안방법의 전체 블록도

제안하는 피부영역 검출의 전체 블록도는 그림 3.1과 같다. 제안하는 방법은 컬러변환, 피부맵 히스토그램 생성, 히스토그램 근사화, 그리고 mean shift 기법을 이용한 피부 영역 검출 과정으로 구성된다. 컬러변환에서는 입력영상을 RGB 컬러공간에서 컬러변환 공식을 이용하여 YCbCr 컬러공간으로 변환한다. 피부맵 히스토그램 생성은 CbCr 컬러공간의 피부색상 특성을 이용한 사전 정의된 표준 피부 색상표와 유사도를 계산하여 피부영역 분포를 밝기값으로 나타낸다. 히스토그램 근사화는 불연속 함수 형태인 히스토그램을 베이지 곡선정리를 이용하여 연속 가우시안 함수로 근사화한다. 마지막 단계는 가우시안 함수 형태의 히스토그램에서 mean

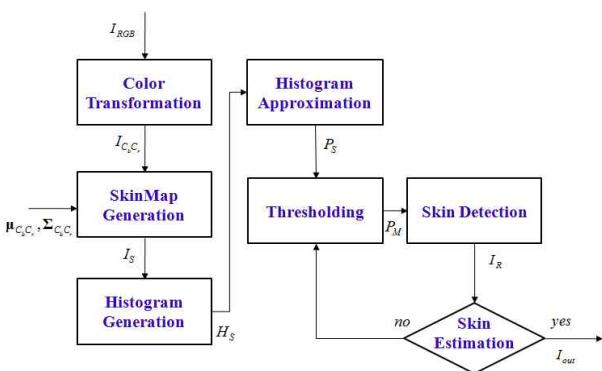


그림 3.1 제안하는 피부색 영역검출 방법 블록도
Fig. 3.1 Block diagram of proposed skin region detection method.

shift 기법을 이용하여 유사한 밝기 분포를 가지는 일정 영역의 가우시안 극대점을 찾아 해당 영역 픽셀의 밝기 값을 극대점으로 균일화 하고, 최대 밝기값을 가지는 영역을 영역 채움을 이용하여 피부영역으로 검출한다.

3.2 피부색 분석

컬러공간에서 피부색 영역은 특정한 영역에서 나타난다. 이러한 특성은 영상에서 피부색과 기타 배경을 효과적으로 구분할 수 있도록 한다. 피부색 영역은 여러 종류의 컬러공간에 따라 다양하게 분포한다. 따라서 어떤 컬러공간을 선택하느냐에 따라 검출 성능에 영향을 미친다^[16]. 일반적으로 YCbCr 컬러공간은 밝기 값을 나타내는 Y성분과 색차를 나타내는 Cb, Cr 성분으로 구성된다. Y성분을 제외한 CbCr 컬러공간의 픽셀은 색상 정보만을 가지므로 조명의 영향을 덜 받게 된다. 이러한 이유로 CbCr 컬러공간에서의 피부색 영역은 밝기에 따른 색상값의 변화가 심하지 않아 다른 컬러공간에 비해 다른 조명환경에서도 효과적이다.

피부색 영역 검출의 첫 번째 순서는 먼저 피부색 영역의 정의이다. 피부색 영역의 정의는 다양한 조명환경에서 여러 사람의 얼굴로부터 획득한 피부 영역 이미지를 이용하여 사전 피부색 영역 이미지를 만드는 단계이다. 피부색 영역 검출에서 고려해야 할 조건은 조명영향이다. 본 논문은 조명영향을 최소화하기 위해 저차원 CbCr 컬러공간을 사용한다^[14~15].

그림 3.2는 CbCr 컬러공간에서의 표준 피부 색상표의 분포 영역을 나타낸 것이다. 본 논문은 다양한 피부색 이미지를 획득하고 실험을 통하여 조사한 결과, 피부 색상 Cb 컬러값은 102~118, Cr 컬러값은 137~152

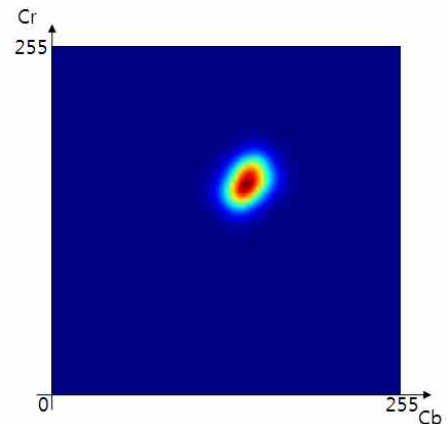


그림 3.2. CbCr 컬러공간에서의 피부색 분석
Fig. 3.2. Analysis of skin color in the CbCr color space.

에서 많이 분포하고 있음을 확인하였다. 여기에 사용한 표준 피부 색상표는 일반 건물 안의 형광등 조명 환경에서 한국 성인 남녀 100명을 기준으로 만든 것이다. 기존 얼굴검출 연구결과에 따르면, 피부색상 분포는 가우시안 분포와 유사한 형태를 가진다. 따라서 피부색상 분포는 2D 가우시안 $G(\boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r}, \boldsymbol{\Sigma}_{c_b, c_r})$ 로 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{x}_i = \begin{bmatrix} c_b \\ c_r \end{bmatrix}, \quad i=1, 2, \dots, L, N \quad (1)$$

$$\bar{c}_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_{b_i} \quad (2)$$

$$\bar{c}_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_{r_i} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r} = \begin{bmatrix} \bar{c}_b \\ \bar{c}_r \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{c_b, c_r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r})(\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r})^t \quad (5)$$

여기서, c_b 와 c_r 는 각각 픽셀 컬러값, \bar{c}_b 와 \bar{c}_r 는 각각 가우시안 평균 컬러값을 나타낸다. $\boldsymbol{\Sigma}_{c_b, c_r}$ 는 2D 가우시안 공분산 행렬을 나타낸다.

3.3 피부맵 생성

본 논문에서 사용한 피부맵(skin-map)은 표준 피부 색상표와 입력 영상의 피부 영역 유사도(similarity)를 계산하고 0~255 밝기값으로 정규화한 것이다. 피부맵은 사전 정의된 피부색 이미지의 가우시안 평균과 공분산에 대한 마하라노비스 거리(mahalanobis distance)를 이용하여 생성된다.

$$d_i = (\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r})^t \boldsymbol{\Sigma}_{c_b, c_r}^{-1} (\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_{c_b, c_r}), \quad i=1, 2, \dots, L, N \quad (6)$$

식 (6)은 마하라노비스 거리 계산식이며, $\boldsymbol{\Sigma}_{c_b, c_r}^{-1}$ 는 2D 가우시안 공분산 역행렬을 의미한다. N 은 입력 영상의 총 픽셀개수를 의미한다. 식 (6)의 결과값들은 피부 영역의 유사도 거리 척도를 나타내며, 명암도 영상으로 표현하기 위해서는 0~255 범위의 정규화 과정이

필요하다. 식 (7)은 식 (6)에 대한 정규화 계산식이며, 피부 영역에 대한 유사도가 클수록 255에 가까운 밝기값을 나타낸다.

$$I_{S_i} = 255 \times e^{(-d_i/256)}, \quad i=1, 2, \dots, L, N \quad (7)$$

여기서, d_i 는 마하라노비스 거리를 나타내며, e 는 자연로그 지수함수를 의미한다.

3.4 히스토그램 근사화를 이용한 피부영역 검출

제안된 방법은 다양한 조명환경과 복잡한 환경에서도 강인하고 효율적으로 피부 영역을 검출하기 위하여 피부맵 히스토그램 근사화를 이용한다. 히스토그램 근사화를 이용한 피부색 검출방법은 3단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 불연속 함수 형태인 피부맵 히스토그램을 베이지 곡선 정리를 이용하여 연속 함수 가우시안 함수로 근사화한다. 두 번째 단계는 mean shift 기법을 이용하여 유사한 밝기 분포를 가지는 일정 영역의 가우시안 극대점을 찾아 해당 영역의 픽셀들의 밝기값을 극대점으로 균일화한다. 세 번째 단계는 균일화된 각 영역의 밝기값을 조사하여 가장 높은 밝기값을 가지는 영역을 영역 채움(region growing)을 이용하여 검출한다.

3.4.1 베이지 곡선을 이용한 히스토그램 근사화.

일반적으로 히스토그램은 픽셀의 밝기값에 따라 누적되는 불연속 함수의 형태를 가진다. 제안된 방법은 불연속 함수 피부맵 히스토그램을 베이지 곡선(Bezier curve) 기법을 이용하여 히스토그램의 각 레벨의 밝기값을 베이지 제어점으로 하여 만든 연속 베이지 곡선으로 근사화 하였다. 식 (8)은 피부맵에서 히스토그램을 구하는 식이다.

$$H_S(x) = \sum_{i=0}^N h(I_{S_i}), \quad h(I_{S_i}) = \begin{cases} 1, & x = I_{S_i} \\ 0, & x \neq I_{S_i} \end{cases}, \quad 0 \leq x \leq 255 \quad (8)$$

여기서, N 은 피부맵 크기를 나타낸다.

식 (8)과 식 (9)는 베이지 곡선에 관한 bernstein 함수식이다^[18].

$$P(u) = \sum_{i=0}^n {}_n C_i u^i (1-u)^{n-i} P_i, \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (9)$$

$${}^n C_i = \frac{n!}{n!(n-i)!} \quad (10)$$

여기서, P_i 는 베이지 곡선을 생성하기 위해 만든 조정점(control point)이다. u 는 간격을 조절하기 위한 변수로써 값이 작을수록 세밀한 간격의 곡선을 만든다. 베이지 곡선은 히스토그램의 각 밝기 레벨에서 빈도수 즉, $h(\text{level}, \text{value})$ 를 베이지 조정점으로 하여 가우시안 곡선모양으로 근사화한다. 베이지 곡선은 조정점 수에 의해서 곡선식의 차수가 결정된다. 따라서 베이지 곡선식인 bernstein 함수는 256차수가 된다. 고차원 bernstein 함수 계산은 수치 오차가 발생하면 불안정한 베이지 곡선을 생성한다. 따라서 본 논문은 고차원 bernstein 함수 대신에 1차원 De Castelli's 알고리즘을 반복적으로 사용하여 히스토그램을 가우시안 곡선 모양으로 근사화 한다^[27]. 식 (11)은 De Castelli's 알고리즘을 이용한 베이지 곡선에 관한 식이다.

$$P_s(x) = (1-t) \cdot H_s(x) + t \cdot H_s(x+1), \quad 0 \leq x \leq 255, 0 \leq t \leq 1 \quad (11)$$

여기서, $P_s(x)$ 는 조정점으로써 히스토그램 각 밝기 레벨에서 빈도수 값이며, t 는 식 (12)에 의해 계산되는 간격 조절 변수이다. t 값이 작을수록 세밀한 간격의 곡선을 만든다.

$$t_i = \frac{1.0}{256} \times i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, 255 \quad (12)$$

3.4.2 mean shift 알고리즘을 이용한 임계값 설정

Mean shift 알고리즘은 확률밀도함수의 모드를 hill-climbing 방법에 의해서 찾는다. 여기 확률밀도함수는 명암도 영상에서 픽셀의 밝기분포를 말한다. 이 알고리즘은 주어진 픽셀주변에서 유사한 밝기분포를 갖는 픽셀들의 평균위치와 밝기 평균값을 반복적으로 계산하여 커널안에 극대점이 존재하는 경우, 그 점으로 이동하며 수렴하는 방법이다. 즉, 이 극대점에서의 밝기 값을 현재 위치의 픽셀값으로 변환하면 공간영역에서의 밝기값을 균일하게 하는 효과를 나타낸다. 따라서 mean shift 알고리즘을 이용한 최적의 분할 임계값은 균일화된 각각의 영역들의 경계선, 즉 히스토그램 가우시안 근사화에서 극소점(valley-point)을 가지는 점이다. 식 (13)은 mean shift 알고리즘을 나타낸 식이다.

$$m = \frac{\sum_{x_i \in N(x)} P_s(x_i - x) \cdot x_i}{\sum_{x_i \in N(x)} P_s(x_i)} \quad (13)$$

식 (14)는 mean shift을 적용하여 현재의 픽셀 밝기 값이 극대점 밝기값으로 변환된 것을 나타낸 식이다.

$$P_M(x') = x + m + k, \quad 0 \leq k \leq 1 \quad (14)$$

여기서, x 는 현재 픽셀 밝기값, k 는 가중변수이다. 따라서 $P_M(x')$ 는 식 (13)에 의하여 현재의 픽셀 밝기 값이 특정 영역의 극대점 밝기값으로 변환된 것을 나타낸다. 식 (15)는 식 (13)과 식 (14)에 의하여 배경영역과 피부영역을 분할하기 위한 최적 임계값을 나타낸 식이다.

$$Th = \max P_M(x'_i) \quad (15)$$

여기서, 최대 $P_M(x')$ 인 이유는 피부맵에서 피부영역은 가장 밝기가 밝은 영역이기 때문이다.

식 (16)은 영역 채움을 나타낸 식이다.

$$I_R = \sum_{i=0}^N \max P_M(x'_i) \quad (16)$$

여기서, I_R 은 피부영역을 나타낸다.

제안하는 방법은 다음과 같은 방법으로 구현된다.

step 1. RGB 입력 영상 I_{RGB} 을 YCbCr 영상 I_{YCbCr} 로 변환한다.

step 2. 표준 피부색에 대한 분석 결과로부터 다음 식을 이용하여 피부색 유사도(skin color similarity)를 계산하고 피부맵을 생성한다.

$$I_s = (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_{C_b C_r})^t \boldsymbol{\Sigma}_{C_b C_r}^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_{C_b C_r})$$

여기서, $\boldsymbol{\mu}_{C_b C_r}$ 은 평균, $\boldsymbol{\Sigma}_{C_b C_r}$ 은 공분산, $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} C_b \\ C_r \end{pmatrix}$ 로써 $I_{C_b C_r}$ 의 $C_b C_r$ 성분으로 표현된다.

step 3. I_s 를 양자화한 후 피부맵 히스토그램 H_s 을 구하고, De Castelli's 알고리즘의 베이지 곡선을 이용하여 히스토그램을 연속함수 형태인 가우시안 모양으로 근사화한다.

step 4. Mean shift 알고리즘을 이용하여 유사한 밝

기 분포를 가지는 일정 영역의 가우시안 극대점을 찾아 해당영역의 픽셀들의 밝기값을 극대점으로 균일화한다.

step 5. 분할된 영역들의 밝기값을 조사하여 가장 높은 밝기값을 가지는 영역을 영역 채움(region growing)을 이용하여 피부 영역으로 검출한다.

IV. 실험

실험은 일반 디지털 카메라에서 획득한 320 × 240 크기의 RGB 색상의 컬러 영상을 사용하였다. 그림 4.1은 제안한 방법의 피부 영역 검출 과정을 나타낸 것이다.

그림 4.1의 (a)는 입력 영상이며, 그림 4.1의 (b)는 입력 영상에 대한 식(6)과 (7)을 이용하여 피부 유사도를 0~255 밝기값으로 정규화한 것이다. 그림 4.1의 (b)는 입력 영상의 얼굴 부분이 식(6)과 식(7) 계산에 의하여 정확하게 피부 영역으로 판단되어 주위 배경 영역에 비해 밝게 나타난다. 그림 4.1의 (c)는 그림 4.1의 (b)의 밝기정보를 히스토그램으로 분석한 결과를 나타낸 것이며, 그림 4.1의 (d)는 De Castelli's 알고리즘을 이용하여 히스토그램을 연속함수로 근사화한 것이다. 그림 4.1의 (e)는 mean shift 알고리즘을 이용하여 유사한 밝기 분포를 가지는 일정 영역의 가우시안 극대점을 찾아 해

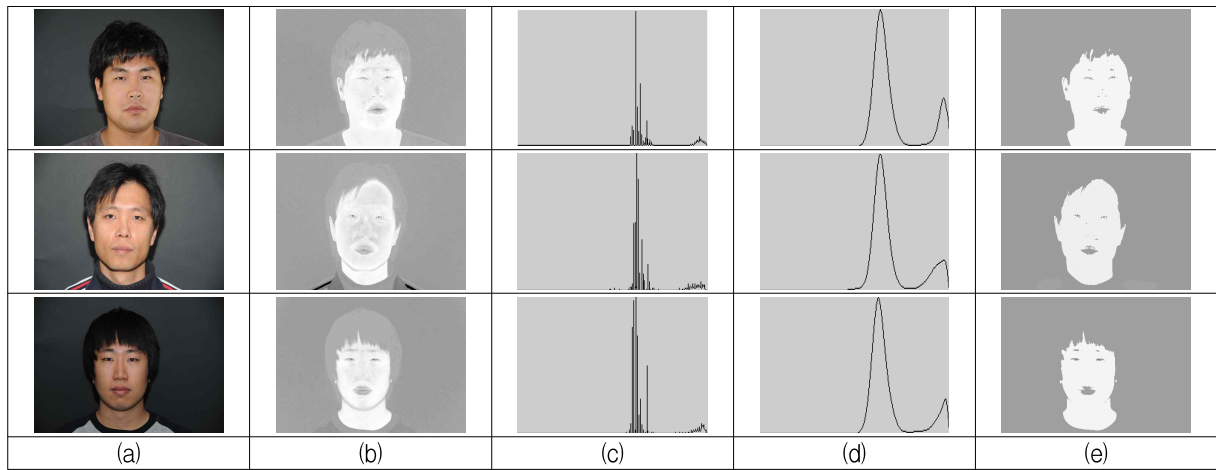


그림 4.1 제안 방법 피부 검출 과정, (a) 입력영상, (b) (a)의 피부맵, (c) (b)의 히스토그램, (d) (c)의 De Castelli's 알고리즘을 이용한 히스토그램 근사화, (e) (d)의 mean shift를 이용한 피부영역 검출

Fig. 4.1 Skin detection process by the proposed method, (a) Input image, (b) SkinMap of (a), (c) Histogram of (b), (d) Smoothed histogram of (c) by De Castelli's algorithm, (e) Skin region detection of (d) by mean shift algorithm.

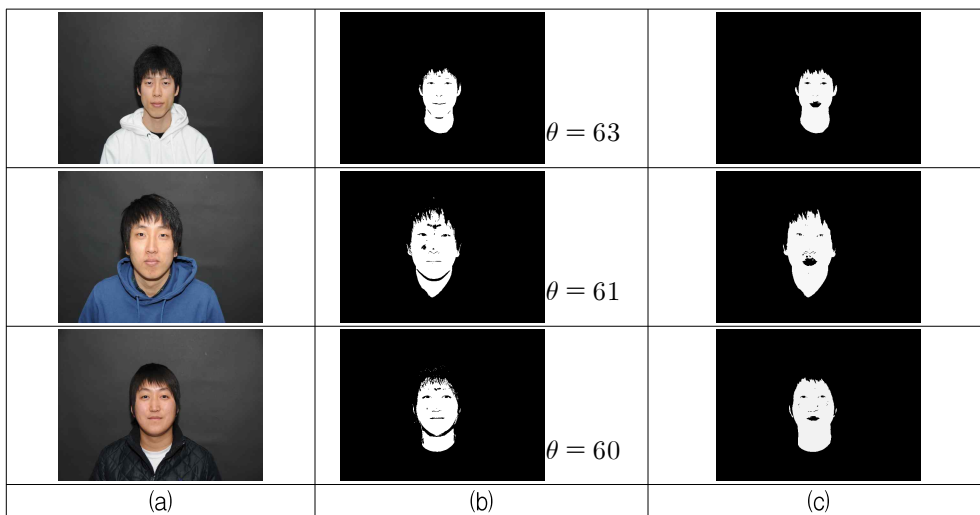


그림 4.2 기존 방법과 제안 방법 비교

(a) 입력영상, (b) 기존 피부 검출 결과, (c) 제안 방법 검출 결과

Fig. 4.2 Comparison of the existed method and the proposed.

(a) Input image, (b) Result of the existed method, (c) Result of the proposed method.

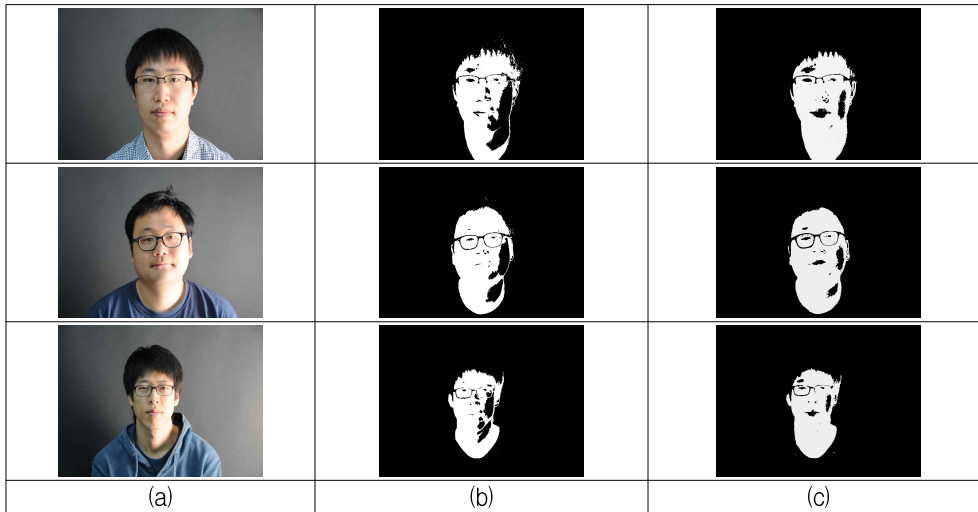


그림 4.3 기존 방법과 제안 방법 비교, (a) 입력영상, (b) 기존 피부 검출 결과, (c) 제안 방법 검출 결과
 Fig. 4.3 Comparison of the existed method and the proposed, (a) Input image, (b) Result of the existed method, (c) Result of the proposed method.

당 영역의 픽셀들의 밝기값을 극대점으로 균일화 하고, 가장 높은 밝기값을 가지는 영역을 피부 영역으로 검출한 결과를 나타낸 것이다.

그림 4.2는 제안한 방법과 피부 색상 모델을 이용한 기존 방법^[16]을 비교한 것이다. 본 실험은 검증 객관성을 유지하기 위하여 동등한 피부 색상 모델을 사용하였다. 그림 4.2에서 보는 바와 같이, 제안한 방법은 기존 방법과 달리, 사용자가 임계값을 설정하지 않아도 mean shift 기법을 이용하여 능동적으로 피부 영역을 검출하였다. 또한 그림 4.2는 부가적으로 제안한 방법이 기존 방법과 비교했을 때, 피부 영역과 입술 영역을 정확하게 분할할 수 있음을 보여준다.

그림 4.3은 외부 조명 환경에 따라 알맞은 임계값을 설정하여 피부 영역을 검출하는 기존 방법과 mean shift 기법에 따른 능동적으로 분할점을 찾는 제안한 방법의 결과를 나타낸 것이다. 일반적으로 피부 검출 실험에서 사용되는 영상은 실내의 경우 형광등 조명 환경에서 획득한 것이다. 이와 같은 환경에서 조명 환경에 의한 피부 색상 오염도는 크지 않다. 본 논문은 제안하는 방법의 성능을 검증하기 위하여 사람 얼굴의 왼쪽 방향 특정 부분에 강한 조명을 투사하였다. 또한 마찬가지로 성능 객관성을 유지하기 위하여 기존 방법과 제안한 방법의 동등한 피부 색상 모델을 사용하였다. 그림 4.3의 (a)는 정면 얼굴 영상에서 조명을 특정 방향에서 투사한 입력영상이며, 그림 4.2의 (b)는 기존 방법을 이용한 피부 검출 결과를 나타낸 것이며, 그림 4.3의 (c)

는 제안 방법을 이용한 피부 검출 결과를 나타낸 것이다. 본 실험에서 기존 방법의 임계값 설정은 실험을 통하여 최적으로 피부 검출이 이루어지는 수치로 결정되었다. 제안한 방법은 그림 4.2에서 보는 바와 같이 특정 방향의 조명에 의한 피부 색상이 변하더라도 기존 방법보다 효율적으로 피부 영역을 검출하였다. 그 이유는 기존 방법은 각각 픽셀마다 개별적으로 피부 유사도를 계산하고 임계값을 설정하여 검출한 반면에 제안한 방법은 피부맵 히스토그램에서 mean shift 기법을 이용하여 유사한 밝기 분포를 가지는 일정 영역의 가우시안 극대점을 찾아 같은 영역의 픽셀들의 밝기값을 극대점으로 균일화하였기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 mean shift 알고리즘 기반의 히스토그램 정보를 이용한 피부색 검출 방법을 제안하였다. 표준 피부 색상 모델을 이용한 기존 방법은 배경 영역과 피부 영역을 분할하는 피부 유사도 임계값을 반복적인 실험을 통하여 설정하였다. 이러한 방법들은 다양한 조명 환경과 배경 환경에 따라서 각각 다르게 임계값을 설정해야 하는 단점이 제시되었다. 또한 설정된 임계값은 사용자가 결정하는 점에서 객관적으로 정형화 되지 못하고 주관적 요소가 포함되었다.

제안된 방법은 CbCr 컬러공간에서의 표준 피부색상 특성을 이용하여 만든 입력 영상의 피부맵(skinmap) 히

스토그램에서 각 밝기 레벨에 누적된 정보를 mean shift 알고리즘으로 분석하고 능동적으로 영역 분할점을 찾아 피부 영역을 검출하였다. 또한 조명 환경에 의한 피부 색상이 오염이 되어도 능동적으로 피부 영역과 배경 영역으로 분할하였다.

제안된 방법은 다양한 조명 환경에서 얼굴 인식의 전 처리 과정인 얼굴 영역을 검출하는데 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Z. Jiang, Z. Wu and M. Yao, "Skin Detection on Images with Color Deviation," *IEEE Trans Congress on Services Part II*, pp. 171-174, 2008.
- [2] S. Kherchaoui and A. Houacine, "Face Detection Based on A Model of the Skin Color with Constrains and Template Matching," *Int'l Conf Machine and Web Intell*, pp. 469-472, 2010.
- [3] L. Zhengming, Z. Tong and Z. Jin, "Skin Detection in Color Images," *Int'l Conf ICCET*, pp. 156-159, 2010.
- [4] T. Uongqiu, Y. Faling, C. Guohua and J. Shizhong, "Skin Color Detection by Illumination Estimation and Normalization in Shadow Regions," *IEEE Conf ICIA*, pp. 1082-1085, 2010.
- [5] D.A. Socolinsky, A. Selinger, and J.D. Neuheisel, "Face Recognition with Visible and Thermal Infrared Imagery," *Computer Vision Image Understanding*, vol. 91, no. 1-2, pp. 72-114, 2003.
- [6] S.G. Kong, J. Heo, B.R. Abidi, J. Paik, and M.A. Abidi, "Recent Advances in Visual and Infrared Face Recognition: A Review," *Computer Vision Image Understanding*, vol. 97, 2005.
- [7] A.S. Nunez and M. J Mendenhall, "Detection of Human Skin in Near Infrared Hyperspectral Imagery," *IEEE Int'l IGARSS*, vol. 2, pp. 621-624, 2008.
- [8] C. Liensberger, J. Stottinger and M. Kampel, "Color-Based and Context-Aware Skin Detection for Online Video Annotation," *IEEE Trans Int'l MMSP*, pp. 1-6, 2009.
- [9] Z. Pan, G. Healey, M. Prasad, and B. Tromberg, "Face Recognition in Hyperspectral Images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*, vol. 25, no. 12, 2003.
- [10] E. Hjelm, and B.K. Low, "Face Detection: A Survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 83, no. 3, pp. 236-274, Sept. 2001.
- [11] M. Niazi and S. Jafar, "Hybrid Face Detection with HSV Color method and HAAR Classifier," *Int'l Conf. Software Technology and Engineering*, pp. 325-329, 2010.
- [12] A. Popov and D. Dimitrova, "A New Approach for Finding Face Features in Color Images," *IEEE Int'l Intelligent Systems*, pp. 33-37, 2008.
- [13] H. F. Hashem, "Adaptive Technique for Human Face Detection using HSV Color Space and Neural Networks," *Radio Science Conf*, pp. 1-7, 2009.
- [14] W. Xinyu, X. Huosheng, W. Heng and L. Heng, "Robust Real-Time Face Detection with Skin Color Detection and The Modified Census Transform," *Int'l Conf ICIA*, pp. 590-595, 2008.
- [15] P. Sebastian and V. Vooi, "Tracking using Normalized Cross Correlation and Color Space," *Int'l Conf Intelligent and Advanced Systems*, pp. 770-774, 2007.
- [16] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face Detection in Color Images," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 24, no. 5, pp.696-706, May 2002.
- [17] T. Darrell, G. G. Gordon, M. Harville, and J. Woodfill, "Integrated Person Tracking Using Stereo, Color, and Pattern Detection," *Proc. IEEE Conf CVPR*, pp. 601-607, 1998.
- [18] X. Zhu, J. Yang, and A. Waibel, "Segmenting Hands of Arbitrary Color," in *Proc. Int'l Conf Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 446-453, 2000.
- [19] M. H. Yang and N. Ahuja, "Gaussian Mixture Model for Human Skin Color and Its Application in Image and Video Databases," in *Proc. SPIE Conf Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, pp. 458-466, 1999.
- [20] D. Saxe and R. Foulds, "Toward Robust Skin Identification in Video Image," in *Proc. Int'l Conf Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 379-384, 1996.
- [21] K. Schwerdt and J. L. Crowley, "Robust Face Tracking Using Color," in *Proc. Int'l Conf Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.90-95, 2000.
- [22] M. Soraino, B. Martinkauppi, S. Huovinen, and M. Laaksonen, "Skin Detection in Video under Changing Illumination Conditions," in *Proc. Int'l Conf Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 839-842, 2000.

[23] A. Pal, "Multicues Face Detection in Complex Background for Frontal Faces," *Int'l. Machine Vision and Image Processing Conf* pp. 57-62, 2008.

[24] A. Diplaros, T. Gevers and N. Vlassis, "Skin Detection using The EM Algorithm with Spatial Constraints," *IEEE. Int'l. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 4, pp. 3071-3075, 2004.

[25] Y. Ukil, K. Minsung, T. Kar-Ann and S. Kwanghoon, "An Illumination Invariant Skin-Color Model for Face Detection," *IEEE. Int'l Conf. Biometrics: Theory Applications and Systems*, pp. 1-6, 2010

[26] D. Hyun-Chul, Y. Ju-Yeon and C. Sung-II, "Skin Color Detection through Estimation and Conversion of Illuminant Color under Various Illuminations," *IEEE. Trans. Consumer Electronics*, pp. 1103-1108, 2007.

[27] R. Ding and Y. Zhang, "The Extension of The Dual De Casteljaou Algorithm," *Int'l Conf. on PDCAT*, pp. 688-692, Aug. 2003.

— 저 자 소 개 —



변 기 원(정회원)
 1998년 동아대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2006년 부산대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2010년 부산대학교 전자공학과
 박사과정 수료.

현재 부산대학교 전자공학과 박사과정.
 <주관심분야 : 영상신호처리, 얼굴인식, 영상복원,
 패턴인식>



남 기 곤(정회원)-교신저자
 1977년 부산대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1981년 부산대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1989년 부산대학교 전자공학과
 박사 졸업

현재 부산대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 신호처리>



주 재 흠(정회원)
 1988년 부산대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1990년 부산대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2000년 부산대학교 전자공학과
 박사 졸업.

현재 부산 가톨릭 대학교 멀티미디어공학과 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식>