

칼라 양자화 맵의 영역 히스토그램에 기반한 조명 적응적 피부색 영역 분할

(Adaptive Skin Segmentation based on Region Histogram of Color Quantization Map)

조 성 식[†] 배 정 태[†] 이 성 환^{††}
(Seong-Sik Cho) (Jung-Tae Bae) (Seong-Whan Lee)

요 약 피부색 정보는 비전 기반 시스템에서 인체 인식에 널리 쓰이는 중요한 정보이다. 그러나 기존의 픽셀 단위의 피부색 분할 방법은 피부색 영역 내부와 외부에 발생하는 오분할로 인해 여러 가지 피부색 관련 시스템의 인식률을 저하시키는 요인이 된다. 본 논문에서는 양자화 영역 정보로부터 프레임 간에 근접한 유사 피부색의 영역별 분할을 통한 피부색 분할 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 피부색 영역 분할을 위해 JSEG 알고리즘을 통해 영상의 칼라를 양자화하여 영역을 분할한다. 분할된 영역으로부터 근접한 유사 피부 영역의 후보를 결정하고, 각 영역의 히스토그램 비교를 통해 피부색 영역을 결정한다. 이렇게 결정된 영역으로부터 피부색 표본을 추출하여 다음 프레임을 위한 피부색 모델을 갱신한다. 성능 평가를 위해 ECHO 데이터베이스와 조명이 변화하는 환경에서 실제 촬영한 영상을 이용하여 기존 연구의 분류 방법 비교 실험을 실시하였고, 기존보다 향상된 영역 분할 및 조명 적응 성능을 보였다.

키워드 : 피부 영역 분할, 영역 히스토그램, 조명 적응적 피부색 모델

Abstract This paper proposes a skin segmentation method based on region histograms of the color quantization map. First, we make a quantization map of the image using the JSEG algorithm and detect the skin pixel. For the skin region detection, the similar neighboring regions are set by its similarity of the size and location between the previous frame and the present frame from the each region of the color quantization map. Then we compare the similarity of histogram between the color distributions of each quantized region and the skin color model using the histogram distance. We select the skin region by the threshold value calculated automatically. The skin model is updated by the skin color information from the selected result. The proposed algorithm was compared with previous algorithms on the ECHO database and the continuous images captured under time varying illumination for adaptation test. Our approach shows better performance than previous approaches on skin color segmentation and adaptation to varying illumination.

Key words : Skin segmentaion, region histogram, adaptive skin color model

- 이 논문은 2008년도 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R01-2008-000-12034-0)
- 이 연구에 참여한 연구자는 '2단계 BK21 사업'의 지원을 받았음

† 비 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과
sscho@image.korea.ac.kr
jtbae@image.korea.ac.kr

†† 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터, 통신공학부 교수
swlee@image.korea.ac.kr
(Corresponding author)

논문접수 : 2008년 10월 6일
심사완료 : 2008년 11월 7일

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 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 받고 비용을 지불해야 합니다.
정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제36권 제1호(2009.1)

1. 서 론

피부색 정보는 생체인식과 관련된 많은 응용프로그램에서 중요한 정보로 사용되고 있다. 예를 들어, 얼굴 인식 및 검출, 추적과 손의 검출 및 추적 시스템 등에서 피부색 정보를 활용하는 경우를 흔히 볼 수 있다. 그만큼 피부색은 인간의 여러 가지 특징 중 가장 두드러지는 특징이라 할 수 있다.

피부색에 대한 연구에서 피부색은 비피부색과 분리가 가능하다는 가정을 토대로 한다. 그러나 실생활로의 응용 시 영상 내 피부색과 유사하거나 같은 값을 나타내는 비피부색 화소를 쉽게 볼 수 있다. 이는 피부색을 사용

하는 비전 기반 시스템에서 분리 가능하다는 가정이 어긋남으로 해서 생기는 가장 큰 오류의 원인이기도 하다.

다양한 조명 환경에서 색의 불특정변 변화 역시 비전 기반 시스템의 중요한 해결 과제이다. 직접적으로 조명을 발하는 물체는 고유의 특성에 따라 서로 다른 성질을 지닌다. 발광 물질에 따라 서로 다른 파장과 색 온도를 지니고 있으며, 빛이 물체로부터 반사되어 카메라에 들어오기까지 주변의 또 다른 빛과 환경에 의해 서로 다른 특징을 지닌다. 또한, 카메라의 특성에 따라서도 서로 다른 칼라 값을 가지게 된다. 이렇게 다양한 조명과 환경적 특성에 따라 불특정하게 피부색 화소 값이 변하고, 이는 영상처리 시스템이 조명에 약한 성능을 나타내는 결과를 초래한다. 이러한 문제로 인하여 영상처리 분야에서 색 항상성(Color constancy)의 유지 또는 조명 적응 및 패턴 인식의 중요성은 강조되고 있다.

본 논문에서는 양자화 된 피부색 영역의 히스토그램 비교를 통해 피부색 영역을 분할하는 방법을 제안한다. 피부색 분할을 위해 화소 단위에서 피부색의 칼라 값과, 그와 유사한 값을 가지는 비 피부색 화소를 구분하는 것은 어려운 문제다. 본 논문에서는 칼라 양자화로 나누어진 영역의 히스토그램을 사용한 피부색 분할과 조명 변화에 강인한 영역 단위의 방법을 제안한다. 제안 방법은 피부색과 유사한 배경과 불특정하게 변화하는 조명 환경에 적응하여 강인하게 피부색을 분할 할 수 있다.

2. 관련 연구

피부색 분할은 칼라 표현의 결정과 피부색 분류의 두 단계로 나눌 수 있다[1]. 칼라 표현 결정 단계에서는 피부색 분할에 사용하기 위한 색 영역을 결정하게 되는데, 이 단계에서는 조명에 강인하게 하기 위해 밝기 값을 제거한 HSV, YCbCr, 정규화된 RGB 등의 색 영역이 많

이 사용되고 있다. 특히 색 정보를 히스토그램 형태로 사용 시에는 다차원의 값을 요구하므로 영역을 어떻게 양자화 할 것인가에 대하여 고려하여야 한다. Jones와 Rehg은 칼라 채널당 32가지 색으로 양자화 하였을 때 가장 좋은 효과를 보인 반면[2], Phung 등은 칼라 채널당 256가지 색을 전부 사용했을 때 가장 좋은 효과를 보였다[1].

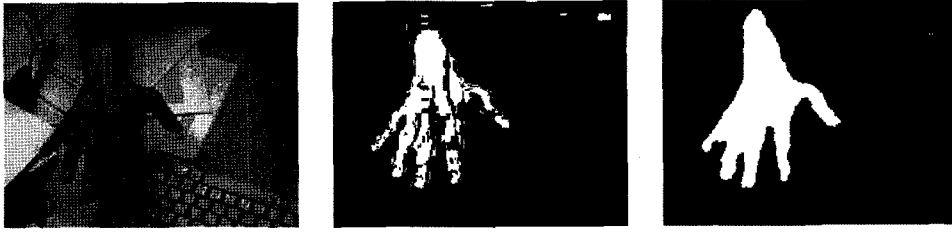
피부색의 분류를 위한 방법으로는 현재 다양한 방법이 연구되고 있다. 기존 방법의 대표적인 예로 Jones와 Rehg는 인터넷에서 획득한 대용량의 영상 데이터로부터의 히스토그램을 통해 통계적 피부색 모델을 구성하였다[2]. 이는 인터넷 상에 있는 사진에서의 일반적인 피부색 분류에는 적합하지만, 카메라로부터 직접 획득되는 영상 내 변화하는 조명에서 피부색 분류에는 적합하지 못하다[3]. Chai와 Ngan은 YCbCr의 색 영역에서 피부색 영역을 Y값에 따라 CbCr 피부색 영역을 이동시킴으로서 조명에 강인한 피부색 분할 방법을 제안하였다[4]. Han 등은 JSEG(J-value Segmentation) 알고리즘을 통하여 영상 자체를 색에 따라 양자화시켜, 피부색 화소들을 SVM 학습을 통해 인식하고 검출된 화소의 수에 따라 영역을 선별하였다[5]. Hsu 등은 영상 내 가장 밝은 화소를 흰색으로 가정하고 CbCr 색 영역에서 조명을 보정하여 색 항상성을 유지하였다[6]. 이러한 피부색 분할 알고리즘은 아래 표 1과 같이 화소 기반의 분할 알고리즘과 영역 기반의 분할 알고리즘으로 분류될 수 있다.

3. 조명 적응적 피부색 분할 알고리즘

본 논문에서 제안하는 피부색 분할 알고리즘은 기존에 주로 사용된 화소 기반의 분할 방법이 아닌, 영역 기반의 분할 방법을 기반으로 한다는 특징을 갖는다. 화소

표 1 기존에 연구된 피부색 분할 알고리즘

구분	기존 연구	특징	실험에 사용된 데이터베이스
화소 기반 방법	Phung 등의 방법[1]	피부색 분할에 신경망 적용	웹에서 수집된 영상 사용
	Jones와 Rehg의 방법[2]	통계적 피부색 모델을 적용	웹에서 수집된 영상 사용
	Hsu 등의 방법[6]	영상 내 가장 밝은 화소를 흰색으로 가정하고, 검출된 화소의 수에 따라 영역 선별	Champion 데이터베이스
	Dai와 Nakano의 방법[7]	YIQ 색 공간으로 변환하여 각 채널별로 정의된 임계값을 적용	ORL 얼굴 데이터베이스
	Kovac 등의 방법[8]	RGB 색 공간에서 R, G, B 각 채널의 비율과 정의된 임계값을 적용	자체 제작 데이터베이스
	Storring 등의 방법[9]	색 온도차에 대한 피부 변화를 표현하는 Skin locus 사용	웹에서 수집된 영상 사용
영역 기반 방법	Chai 등의 방법[4]	YCbCr 공간으로 변환 후 Y 채널과 Cb, Cr 채널과의 관계를 고려하여 임계값 적용	영화에서 수집된 영상 사용
	Han 등의 방법[5]	JSEG 알고리즘을 이용한 영상 양자화 사용	ECHO 데이터베이스
	Sigal 등의 방법[10]	HSV 색 공간으로 변환한 후 모폴로지 기법을 적용	영화에서 수집된 영상 사용



입력 영상

화소 기반 피부색 분할

영역 기반 피부색 분할

그림 1 영역 기반 피부색 분할의 장점

기반의 피부색 분할 방법은 배경이 피부색과 유사하거나 조명의 변화가 있는 경우 불특정하게 변화하는 화소의 값들 때문에 정확한 분할이 어려운 단점이 있다. 반면, 제안하는 영역 기반의 분할 방법은 피부색 영역의 히스토그램 분포를 고려하기 때문에 그림 1에서 보이는 바와 같이 복잡한 환경에서도 강인하게 피부색을 분할할 수 있다는 장점을 갖는다.

또한, 피부색 분할을 위한 색 영역을 결정 시 대부분의 기존 연구는 조명의 차원이 제거된 2차원의 값을 사용하였다. 그러나 조명 변화를 제거하기 위해 색 영역의 차원을 줄일 때 많은 정보가 손실되고, 이는 분할 성능에 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 본 논문에서는 칼라 표현 방법으로서 RGB값을 변형하지 않고 칼라 채널 당 256색을 모두 사용한다[1]. 칼라 채널의 모든 정보를 사용하게 되면 히스토그램의 분포가 분산되는 문제점이 발생하지만, 손실된 정보에 의한 인식을 저하가 더 크게 작용하기 때문에 위의 방법을 선택하였다. 복잡한 배경과 조명 변화에 강인한 피부색 분할을 위해 제안하는 전체 알고리즘을 살펴보면 그림 2와 같다. 제안하는 알

고리즘은 피부색 모델 구성을 위한 초기화 단계, 연속되는 영상에서의 피부색 영역 분할 단계, 조명 적용 모델의 갱신 단계로 구성된다. 초기 분할된 피부색 영역을 통해 모델의 히스토그램을 생성하고, 다음 프레임에서의 피부색 분할 모델로서 활용하여 조명에 적응토록한 후, 다음 프레임을 위한 모델의 정보 갱신에 이용한다.

3.1 피부색 영역 및 모델의 초기화

첫 영상에서의 피부색 초기화를 위하여, 입력된 영상의 칼라 양자화 영역에서 Kovac 등의 방법에 의해 분할된 피부색 화소로부터 영역별 피부색 화소의 비율에 따라 초기 피부색 영역을 결정하였다[8]. 먼저 입력 영상을 JSEG 알고리즘을 통하여 영상 내 색을 양자화 시켜 영역화한다[11]. 예를 들어, 그림 3의 (a)와 같은 입력영상이 들어오면 JSEG 알고리즘을 통하여 색 영역을 분할한다. 영역별로 분할된 영상은 그림 3의 (b)와 같다.

이와 함께 초기화를 위한 피부색 화소를 그림 3의 (c)와 같이 찾는다. 찾은 화소 수와 영역 전체의 화소 수의 비율에 따라 피부색 영역을 결정한다. 피부색 영역 지정을 위해 임계값 η 를 통하여 일정 비율 이상일 때 그림 3의 (d)와 같이 해당 영역을 초기 피부색 영역으로 지정한다. 초기 피부 영역 초기화를 위한 조건은 아래와 같다.

$$\frac{NS(R_i)}{NT(R)} > \eta \tag{1}$$

여기서, $NS(R_i)$ 는 양자화 영역 R_i 에서 피부색 화소의 수를 말하며, $NT(R)$ 는 전체 화소의 수를 의미한다. 이렇게 지정된 영역은 첫 프레임에서 피부색 영역으로 지정되며, 다음 프레임의 피부색 영역 인식을 위한 초기 모델을 갱신하는데 이용된다.

3.2 피부색 모델 갱신

피부색 분할에 대한 많은 기존 연구에서 여러 가지 칼라 표현 방법을 제안하였고 색상으로부터 조명을 분리시켜 문제를 해결하고자 하였다[12]. 그러나 아직까지도 조명 변화에 대한 문제는 피부색 분할 분야에서 해결해야할 문제이다[13]. 조명 문제를 해결하기 위한 방

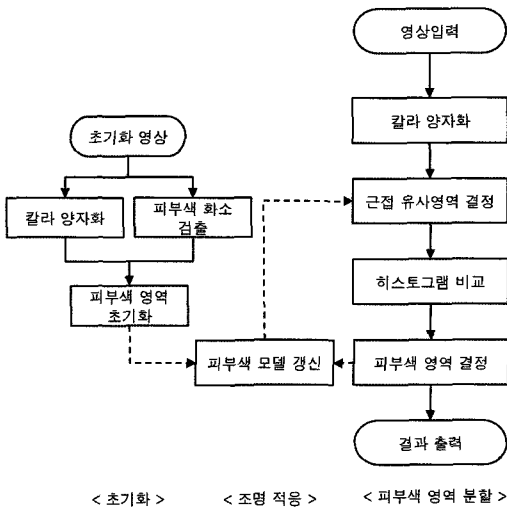


그림 2 제안된 피부색 검출 알고리즘의 흐름도

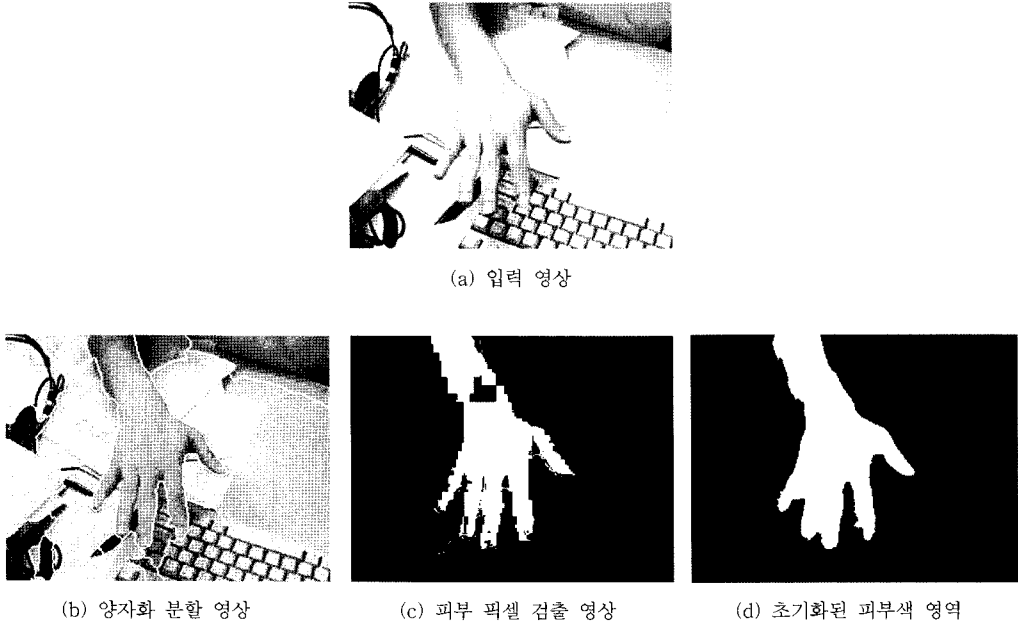


그림 3 피부색 영역 초기화

법으로는 조명에 적응하는 방법과 색 항상성을 유지하는 방법이 있는데, 본 논문에서는 조명에 적응하는 방법을 이용한다.

조명 변화에 따른 피부색의 불특정된 변화를 흡수하기 위해 Jones와 Rehg의 통계적 피부색 모델을 참조한다 [2]. 피부색 영역을 분할하기 위한 모델을 구성하기 위하여 우선 초기화된 영역으로부터 피부색 정보를 추출한다.

추출된 피부색 정보를 통하여 피부색 영역에 대한 모델을 히스토그램으로 구성한다. 히스토그램은 식 (2)를 이용하여 구성된다.

$$H_i = \left(\frac{s[r_0g_0b_0]}{T_{R_i}}, \frac{s[r_1g_1b_1]}{T_{R_i}}, \dots, \frac{s[r_{255}g_{255}b_{255}]}{T_{R_i}} \right) \quad (2)$$

여기서 $s[rgb]$ 는 각 Bin의 화소 수이고, T_{R_i} 는 각 영역 전체 화소 수를 의미한다. 본 논문의 히스토그램은 총 256^3 개의 Bin을 사용한다.

위와 같이 구성된 히스토그램 모델에 식 (3)을 적용하여 조명에 적응하게 한다.

$$M_t = (1 - \alpha)M_{t-1} + \alpha R^t \quad (3)$$

여기서 M_t 와 M_{t-1} 은 각각 갱신된 피부색 분포 모델과 이전 프레임에서의 피부색 분포 모델이고, R^t 는 현재 프레임에서 결정된 피부색 영역 전체의 히스토그램이다. α 는 적응도 상수를 나타내며, 조명에 대한 적응 정도는 α 에 비례하고, 적응도 상수는 경험적으로 지정하여 결정하였다.

3.3 피부색 영역의 분할

피부색 영역의 분할을 위하여 먼저 JSEG을 이용하여 전체 영상을 양자화한다. 그 후 이전 프레임에서 피부색 영역에 대하여 크기와 위치가 비슷한 색 양자화 영역을 그림 4와 같이 지정한다. 이러한 영역을 근접 유사 영역이라 정의한다. 근접 유사 영역이 1개 이상일 경우에는 위치적으로 비슷한 영역 주변 영역 중 크기가 비슷한 영역 전부를 지정한다. 이전 프레임의 피부색 영역과 근접 유사 영역의 히스토그램을 비교하여 현재 프레임의 피부색 영역을 결정한다.

이전 프레임의 피부색 영역과 근접 영역들의 히스토그램 유사도를 측정하기 위하여 히스토그램 간 거리를 비교한다. 거리는 식 (4)와 같이 계산한다.

$$S_{H_{R_i}^t} = \sum_{k=0}^{255^3} |p_k(H_{R_i}^t) - p_k(M_t)| \quad (4)$$

여기서, $p_k(H_{R_i}^t)$ 는 근접영역 R_i 가 시간 t 에서 구성하는 히스토그램의 각 k 번째 Bin의 값을 의미하며, M_t 는 시간 t 에서의 피부색 모델을 의미한다. 각 양자화 영역의 유사도에 따라 이전 피부색 영역의 현재 위치는 임계값을 통하여 결정된다. 임계값을 통해 결정된 피부색 영역은 식 (5)와 같다.

$$\text{Skin Region}(R_i) = \begin{cases} 1, & S_{H_{R_i}^t} < \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

θ 는 거리의 임계값을 나타내며, 이 임계값은 식 (6)에

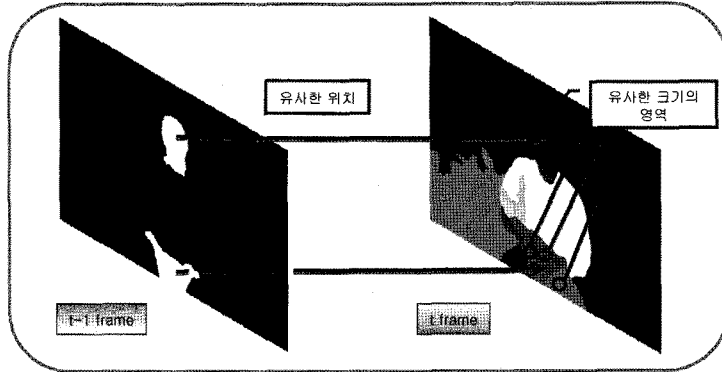


그림 4 근접 유사 영역 결정

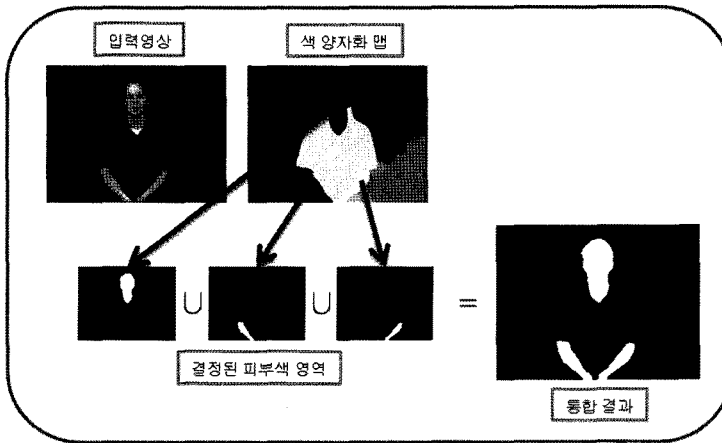


그림 5 피부색 영역 결정

의해 결정된다.

$$\theta = \begin{cases} \frac{\sum_{i=0}^{j-1} S_{H_k}}{j}, & \theta < \beta \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

여기서, j 는 근접영역 R_i 의 총 수를 의미한다. θ 을 통한 임계값을 지정할 하여 θ 이상의 값을 가지면 피부색 영역으로 지정한다. 임계값이 너무 크면 피부색 영역이 소멸된 것으로 판단하기 위하여 임계값 한계 상수 β 를 지정한다. 이렇게 결정된 피부색 영역으로부터 식 (7)을 사용하여 최종적으로 결정된 피부색 영역을 결정한다.

$$R = \bigcup_{i=0}^{k-1} Skin\ Region(R_i) \quad (7)$$

여기서, R 은 최종 결정된 피부색 영역이며, k 는 전체 영역의 수이다. 그림 5와 같이 양자화된 영역으로부터 각각 피부색 영역을 결정한다. 그 후 전체 영역의 피부색 영역을 통합하여줌으로서 최종적으로 피부색 영역을

결정하게 된다. 결정된 영역은 다시 피부색 모델의 갱신을 위한 정보로서 활용된다.

4. 실험 및 결과 분석

4.1 실험환경

실험 데이터로서 ECHO(European Cultural Heritage Online) 데이터베이스 영상[14]과 서서히 변화하는 조명에 대한 적응 실험을 위하여 직접 촬영한 영상을 사용하였다.

ECHO 데이터베이스의 데이터를 이용하여 Kovac 등 [8]과 Han 등[5]의 방법을 제안 방법과 비교하였다. Kovac 등의 방법은 화소단위의 피부색 분할에 많이 사용된다. Han 등의 방법은 영역을 사용하나 피부색 화소의 영역 내 비율을 통한 방법을 사용하였기에 이를 히스토그램을 사용한 제안 방법과 비교 실험하였다. 변화하는 조명 환경에 대한 실험에서는 Kovac 등[8]과 Hsu 등[6]의 방법 및 Mattincauppi 등[3]의 방법을 제안 방법과 비교실험하였다. Hsu 등의 방법은 조명 보정을 통

한 색 항상성을 유지하고자 하였으며, Mattincauppi는 Skin locus를 사용하여 색 온도차에 의한 피부색 변화에 강한 피부색 범위로부터 피부색을 분할하는 방법을 제안하였다.

평가를 위해 피부색의 Ground truth를 직접 지정하였다. 지정된 Ground truth를 사용하여 피부색이 제대로 분할된 비율(CDR : Correct Detection Rate), 잘못 분할된 비율(FDR : False Detection Rate), 전체 분류율(CR: overall Classification Rate)을 측정하였다[5].

$$CDR(\%) = \frac{NS(TS)}{NT(R)} \times 100 \text{ 단, } TS = S(GT) \cap S(R) \quad (8)$$

$$FDR(\%) = \frac{NS(FS)}{NT(R)} \times 100 \text{ 단, } FS = S(R) - S(GT) \quad (9)$$

$$CR(\%) = \frac{NS(TS)}{\max(NS(R), NS(GT))} \times 100 \quad (10)$$

단, $TS = S(GT) \cap S(R)$

여기서, GT 는 Ground truth 영역을 의미하며, $S(GT)$ 는 Ground truth에 있는 피부색 화소를, $NS(GT)$ 는 영상 전체에서 Ground truth에 의해 지정된 피부색 화소의 수를, $NS(FS)$ 는 피부색으로 오검출된 화소의 수를 의미한다. TS 는 Ground Truth와 제안된 알고리즘에 의해 동시에 지정된 피부색 영역을 의미한다.

4.2 실험 결과

ECHO 데이터베이스에서의 실험 결과는 그림 6과 표 2와 같다. 제안 방법의 경우 ECHO 데이터베이스에서 그림 6과 같이 연결된 피부색 영역을 분할할 수 있었으며, 90% 이상의 성능을 나타내고 있고, Han 등의 방법보다 나은 성능을 나타낼 수 있었다. 반면 Kovac 등의 방법

표 2 ECHO 데이터 베이스를 사용한 기존 방법과의 성능 비교 평가

	CDR	FDR	CR
Kovac 등의 방법	37.85	0.11	37.85
Han 등의 방법	86.38	0.96	76.77
제안된 방법	92.35	0.85	90.02

과 같이 화소 단위로 분할한 방법은 제안방법과 같이 연결된 영역의 피부색 영역을 표현할 수 없었으며, CDR이 40% 이하로 나왔다. 이는 피부색 영역 인식에 있어 다량의 오분할이 발생하였음을 의미한다. 또한, 피부색 영역 내부의 화소에 대하여 일부는 피부색 화소임을 인식하지 못하였고, 일부 피부색이 아닌 화소에 대한 오분할도 발생하였다.

조명 변화에 따른 실험 결과는 그림 7과 표 3과 같다. 그림 7에서 보이는 바와 같이, 조명 변화에 따른 제안한 방법의 우수성을 증명하기 위해, 밝은 조명에서 어두운 조명으로 변화하는 환경에서 촬영한 영상 데이터를 수집하였다. 화소 단위의 분할 방법은 닫힌 영역의 피부색 영역을 표현할 수 없는 반면 제안한 방법은 변화하는 조명에 적응하면서 오분할이 적은 피부색 영역을 나타냈다. 그림 8의 그래프와 같이 시간에 따른 조명의 변화가 발생하면 기존 방법들은 성능 저하를 보였다. 그러나 제안하는 방법은 큰 성능의 저하 없이 높은 인식율을 보였고, 분할 성능이 떨어지더라도 다시 복구되었다. Hsu 등의 방법은 저자가 제시한 조명 비선형 결정에 의한 채도 보정이 실험 영상에서 좋은 성능을 나타내지 못하였다. Mattincauppi 등의 방법은 변화하는 조명에 안정적이고 높은 CDR을 나타내는 반면 높은 FDR도 나타나 전체적

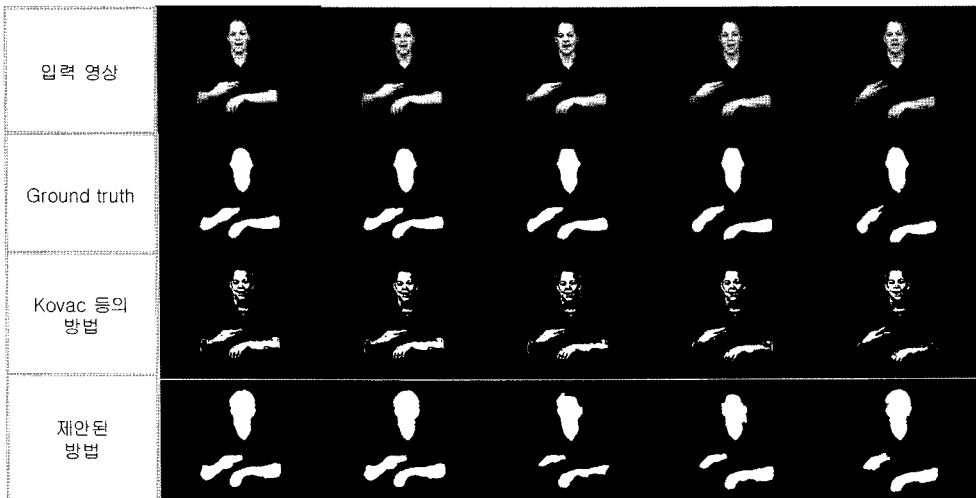


그림 6 ECHO 데이터베이스를 사용한 제안된 방법과 Kovac 등의 방법과의 성능 비교 실험 결과

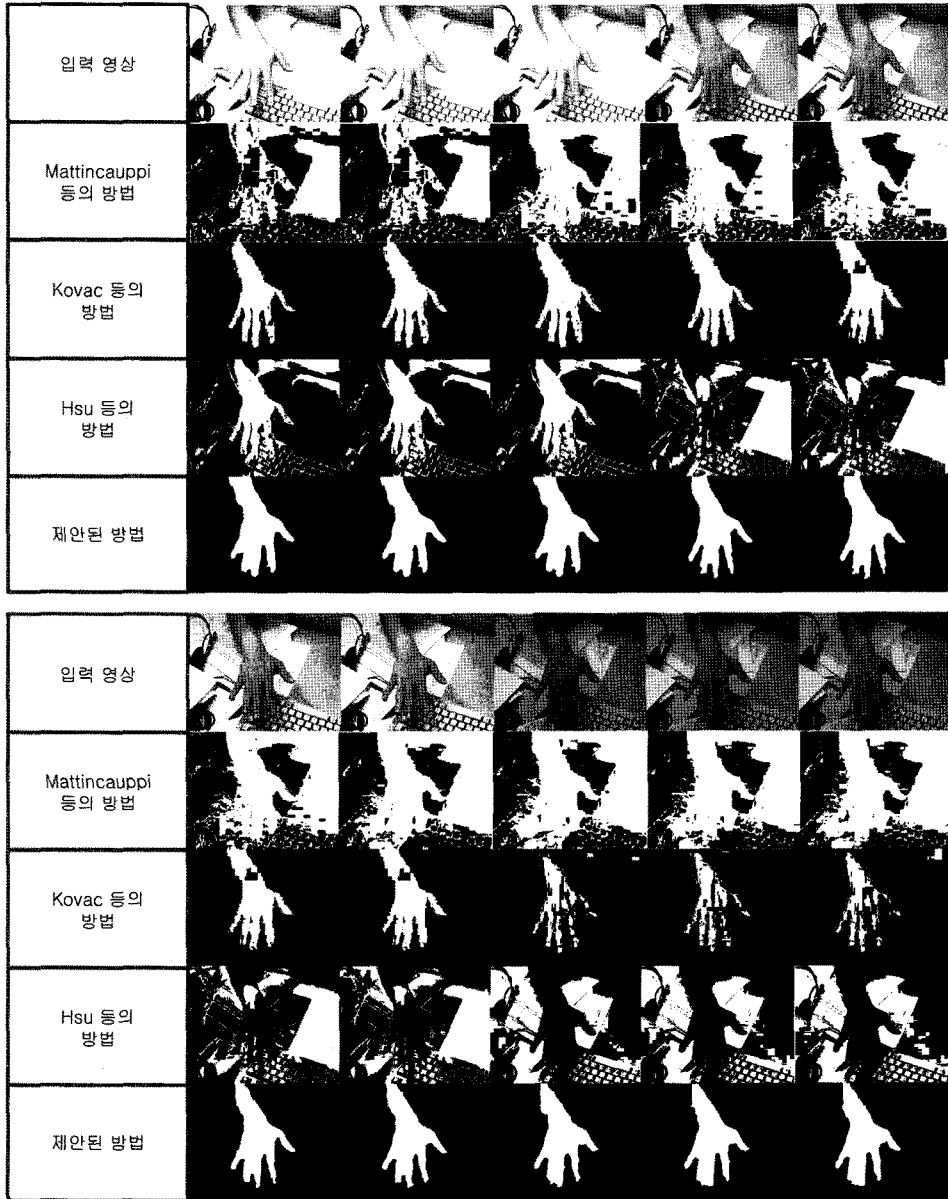


그림 7 조명 변화 환경에서 제안된 방법과 기존 방법과의 성능 비교 실험 결과

표 3 조명 변화 환경에서 기존 방법과의 성능 비교 평가

	CDR	FDR	CR
Kovac 등의 방법	53.62	0.50	53.62
Hsu 등의 방법	14.23	41.10	8.30
Martinkauppi 등의 방법	96.32	48.32	30.90
제안된 방법	80.98	0.47	80.96

으로 낮은 분할율을 나타냈다. 반면 제안된 적응적 방법은 조명 변화에 적응하여 좋은 성능을 나타냈다.

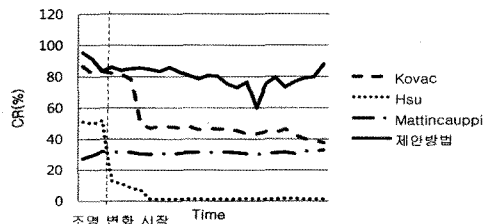


그림 8 시간에 따라 변화하는 조명 환경에서의 피부색 인식 결과

5. 결론

본 논문에서는 피부색 영역의 분할을 위하여 칼라 양자화 맵으로부터 나온 영역의 히스토그램을 이용한 방법을 제안하였다. 제안 알고리즘은 오분할율을 감소시켰고, 변화하는 조명에 적응하여 피부 영역을 정확히 분할하는 결과를 보였다. 인식 단위가 영역이기 때문에 잘못 인식되는 소수의 화소가 제거되었으며, 피부색과 같은 칼라 값을 나타내는 비피부색 화소에 대해서도 오분할을 나타내지 않았다. 이는 제스처 인식을 위한 손 영역의 칸투어나 얼굴 인식을 위한 얼굴 영역 표현에 적합하며, 피부색 영역 내 순수한 피부색을 추출하여 변하는 환경에 적응하는 모델을 사용하여 피부색 분할 성능을 유지할 수 있었다. 차후 연구로 적응 모델에서 누적되는 오류의 복구 방법과 복잡한 환경에서도 정확한 칼라 양자 영역을 구할 수 있는 방법에 관한 부분에 대하여 차후 연구가 필요할 것이다.

참고 문헌

[1] S. L. Phung, A. Bouzerdoum and D. Chai, "Skin Segmentation Using Color Pixel Classification: Analysis and Comparison," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.27, No.1, 2005, pp. 148-154.

[2] M. Jones and J. M. Rehg, "Statistical Color Models with Application to Skin Detection," Int. Journal of Computer Vision, Vol.46, No.1, 2002, pp 81-96.

[3] B. Martinkauppi, M. Soriano and M. Pietikainen, "Detection of Skin Color under Changing Illumination: A Comparative Study," Proc. of 12th Int. Conf. on Image Analysis and Processing, Mantova, Italy, Sep. 2003, pp. 652-659.

[4] D. Chai and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.9, No.4, 1999, pp. 551-564.

[5] J. Han, G. M. Award, A. Sutherland and H. Wu, "Automatic Skin Segmentation for Gesture Recognition Combining Region and Support Vector Machine Active Learning," Proc. of 7th Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, Southampton, UK, Apr. 2006, pp. 237-242.

[6] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb and A. K. Jain, "Face Detection in Color Image," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No.5, 2002, pp. 696-706.

[7] Y. Dai and Y. Nakano, "Face-texture Model based on SGLD and its Application in Face Detection in a Color Scene," Pattern Recognition, Vol.29, No.6, 1996, pp. 1007-1017.

[8] J. Kovac, P. Peer and F. Solina, "Human Skin Colour Clustering for Face Detection," Proc. of

International Conference on Computer as a Tool, Ljubljana, Slovenia, September, 2003, pp. 144-148.

[9] M. Storrang, T. Ko, H. cka, J. Andersen and E. Granum, "Tracking Region of Human Skin through Illumination Change," Pattern Recognition Letters, Vol.24, No.11, 2003, pp. 1715-1723.

[10] L. Sigal, S. Sclaroff and V. Athitsos, "Skin Color based Video Segmentation under Time-Varying Illumination," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.26, No.6, 2004, pp. 862-877.

[11] Y. Deng and B. S. Manjunath, "Unsupervised Segmentation of Color-Texture Regions in Images and Video," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.23, No.8, 2001, pp. 800-810.

[12] V. Vezhnevets, V. Sazonov and A. Andreeva, "A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques," Proc. of Int. Conf. on Computer Graphics and Vision, Moscow, Russia, Sep. 2003, pp. 85-92.

[13] P. Kakumanu, S. Makrogiannis and N. Bourbakis, "A Survey of Skin-Color Modeling and Detection Methods," Pattern Recognition, Vol.40, No.3, 2007, pp. 1106-1122.

[14] European Cultural Heritage Online(ECHO) Database, <http://www.let.ru.nl/sign-lang/echo/>, Redbound University.



조 성 식

2006년 배재대학교 정보통신공학과(학사). 2008년 고려대학교 컴퓨터학과(석사). 2008년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 컴퓨터시각, 인간행동분석, 뇌공학 등



배 정 태

2005년 건국대학교 컴퓨터 시스템학과(학사). 2007년 고려대학교 바이오정보학과(석사). 관심분야는 영상처리, 패턴인식 등



이 성 환

1984년 서울대학교 계산통계학과(학사) 1986년 KAIST 전산학과(석사). 1989년 KAIST 전산학과(박사). 1989년~1995년 충북대학교 컴퓨터학과 조교수. 2001년~2002년 MIT Brain and Cognitive Sciences 학과 방문교수. 1995년~현재 고려대학교 정보통신대학 정교수. 1997년~현재 고려대학교 인공지능연구센터 소장. 관심분야는 패턴인식, 컴퓨터 시각, 뇌공학 등