

다양한 조명 조건에서의 기하학적 밝기분포 마스크와 색상모델을 이용한 얼굴검출

정준호⁰, 나상일, 이정호, 신민철, 정동석
인하대학교 전자공학과

mdjunoc@inhaian.net⁰, leptons@inhaian.net, julian@inhaian.net, minchul@inhaian.net, dsjeong@inha.ac.kr
Robust Face detection using Geometric Luminance Distribution Mask and color
model under illumination variations

Junho Cheong⁰, Sangil Na, Jungho Lee, Minchul Shin, Dongseok Jeong
Dept. Electronics Engineering, Inha University

요 약

임의의 영상에서 얼굴을 검출하는 것은 얼굴을 인식하는데 있어서 선행되어야 할 필수과정이다. 본 논문은 조명의 변화가 심한 컬러영상에서 얼굴을 검출하는 것을 목적으로 한다. 본 논문은 기존의 기하학적 밝기분포 마스크만을 사용한 방법이 조명 변화에 취약한 단점을 보완하는데 중점을 두었다. 히스토그램 평활화(Histogram Equalization : HE)와 감마 크기 보정(Gamma Intensity Correction : GIC) 방법을 이용해서 조명에 대한 간섭을 줄인 후, 영상 전체에서 피부 영역을 추출하고 이어서 눈 후보들을 검출한다. 검출된 눈 후보들로부터 기하학적 밝기분포 마스크를 적용하여 효과적으로 얼굴 후보들을 찾을 수 있고, 이렇게 찾아진 얼굴 후보들은 주성분분석법(Principal Component Analysis : PCA)를 이용해서 얼굴인지 여부를 판별하게 된다. 본 알고리즘은 조명 밝기 등으로 인해 검출률이 떨어졌던 단점을 보완할 수 있었고, 향후 얼굴 검출 분야에 있어서도 활용 가치가 있을 것으로 생각한다.

1. 서 론

오늘날 얼굴인식 기술은 사진 데이터베이스 매칭, 신용카드나 운전면허증에 대한 동일인 입증, 접근 제어, 정보 보안, 정보처리기능을 가진 감시와 같은 공공 보안 업무, 그밖에 상업적으로 많은 응용분야들에 적용된다. 또한, 얼굴 인식 기술은 차세대기술로 각광받는 휴먼컴퓨터 상호작용(Human Computer Interface : HCI)와 e-홈, 텔레쇼핑, 텔레뱅킹을 포함하는 e-서비스와 같은 최근에 생겨난 분야들에도 이용할 수 있다. 따라서 이와 관련이 있는 연구 활동들이 최근 몇 년 동안 두드러지게 증가하였다.

이러한 얼굴인식은 주어진 영상에서 얼굴이 있는지를 판단하고 검출하는 것이 먼저 선행되어야 한다. 얼굴 영역을 검출하는 방법은 크게 지식 기반 방법과 템플릿 정합 방법의 두 가지가 있다.[1] 지식 기반 방법은 눈, 코, 입과 같은 요소들을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법이고, 템플릿 정합 방법은 표준으로 구성된 얼굴영상을 이용하여 미리 입력된 얼굴영상이 가지고 있는 특징점과 입력영상에서 추출한 특징점의 상관도가 가장 높은 영역을 찾는 방식으로 얼굴을 검출하는 방법이다. 하지만 영상에서 얼굴을 검출하는 것은 얼굴 외양과 주위 환경, 조명 등의 영향으로 쉽게 교란될 수 있다.

본 논문에서는 전처리 과정으로써 히스토그램 평활화와 감마 크기 보정 방법[2]을 이용해서 조명에 대한 간섭을 줄여, 기존의 기하학적 밝기분포 마스크를 이용한 얼굴검출 방법[3]이 조명 밝기로 인해 검출률이 떨어졌던 단점을 보완하고 검출률을 높였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 조명의 영

향을 줄이기 위한 전처리 방법들에 대해 설명하고, 3장에서는 피부 색상 모델을 이용해서 피부 영역을 찾고, 눈 후보를 검출한 후 기하학적 밝기분포 마스크를 이용해 얼굴 후보를 결정하는 과정을 제시한다. 4장에서는 얼굴 후보를 판별하기 위한 주성분분석법[4]을 설명하고, 5장에서 실험 결과를 보이고 결론을 맺는다.

2. 조명의 영향을 줄이기 위한 전처리 과정

영상에서 얼굴 검출을 하는데 있어서 조명의 변화는 아직까지 완벽히 해결되지 않은 과제이다. 일반적으로, 조명의 변화를 해결하기 위한 접근법은 크게 세 가지로 나뉜다. 첫째는 외관의 변하지 않는 특징을 이용하는 방법이고, 둘째는 일정 변화의 정도를 미리 모델링하여 학습된 정보를 가지고 판단하는 방법이고, 마지막은 어떤 정규화 된 형식에서의 이미지를 이용해 새로운 이미지를 정규화 시키는 방법이다. 본 논문에서는 마지막 방법인 정규화 형식을 이용한 방법 중에서 히스토그램 평활화와 감마 크기 보정 방법을 이용해서 영상을 정규화 하였다.

2.1 감마 크기 보정

감마 보정은 컴퓨터 그래픽 분야에서 일반적으로 사용되는 기술로써, 감마 계수를 변화시켜 미리 정의된 정규의 얼굴 이미지로 주어진 영상의 전체적인 밝기를 수정하는 방법이다. 이 방법을 사용하면 조명의 영향을 받지 않은 정규의 얼굴 이미지 I_0 를 정의하고, 어떤 알지 못하는 조명 상태의 얼굴 이미지 I 가 주어졌을 때, 정규화 영상 I' 을 얻을 수 있다 이때, (x, y) 는 특정 화소의 좌표이며,

$$I_{xy} = G(I_{xy}; \gamma^*) \quad (1)$$

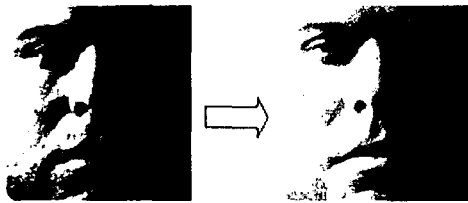
감마 계수, γ^* 는 식 (2)와 같이 변환된 이미지, I_{xy} 와 정규의 이미지 I_0 사이의 값이 최소가 되는 값으로 결정된다.

$$\gamma^* = \operatorname{argmin}_{\gamma} \sum_{x,y} [G(I_{xy}; \gamma) - I_0(x,y)]^2 \quad (2)$$

또한 감마 변환은 식 (3)과 같다.

$$G(I_{xy}; \gamma) = c \cdot I_{xy}^{\gamma} \quad (3)$$

여기서 c 는 그레이 stretch 변수, γ 은 감마 계수이다. 그림1은 감마 크기 보정을 실행했을 때의 결과를 보여준다.



입력 영상 GIC로 실행한 영상

그림 1 입력 영상에 대해 GIC를 실행

3. 얼굴 후보 결정

3.1 피부 영역 검출

RGB 영상에는 색상 정보와 더불어 휘도 성분도 포함되어 있기 때문에 색상 정보만을 얻기 위해 RGB 영상을 YCbCr 컬러 모델로 변환해서 처리하면 조명에 덜 민감하게 된다. YCbCr 성분을 사용하여 피부영역을 간단한 수식으로 모델링하면 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 그림 2는 RGB 영상을 Y, Cb, Cr 각각의 컬러 모델로 변환한 것을 나타낸다.

$$\begin{aligned} 53 < Y < 234,60 < Cb < 135 \\ 123 < Cr < 202, Cr - Cb > 1 \\ Cr = 225 - 0.947Cb \end{aligned} \quad (4)$$

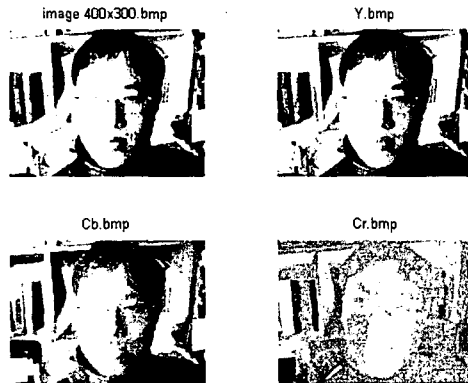


그림 2 RGB 영상을 Y, Cb, Cr로 각각 변환

그림 3은 YCbCr 영상에서 컬러모델을 이용하여 스킨 영역을 추출한 영상을 나타내고 있다.

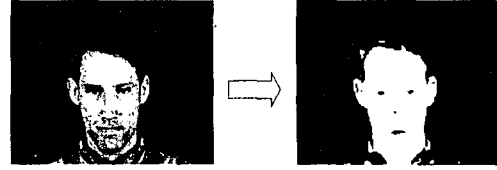


그림 3 YCbCr 영상에서 피부영역 추출

3.2 눈 후보 검출

영상에서 피부 영역을 검출한 후에 눈을 검출하기 위한 전처리 단계로 영역 채움과 opening 연산을 거치고 레이블링 기법을 통해 가까운 살색영역을 그룹화한다. 눈 후보를 찾는 단계는 총 5가지 단계로 되어 있고, Y 성분을 이용하여 찾게 된다[3].

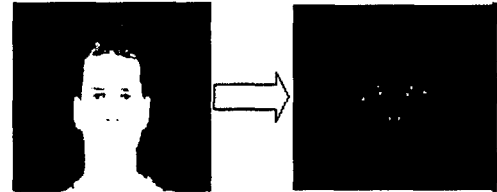


그림 4 Y 영상에서 눈 후보를 추출한 영상

3.3 HE 또는 GIC를 이용한 얼굴 후보 영상 개선

앞서 찾은 눈 후보들을 기준으로 해서 그림 6과 같이 얼굴 후보들을 구성하게 되는데, 이 때 조명의 영향으로 인해 얼굴인 이미지도 얼굴이 아닌 것으로 판별될 수 있다. 그래서 기하학적 밝기분포 마스크를 각각의 얼굴 후보들에 적용하기 전에 히스토그램 평활화와 감마 크기 보정을 실행해서 조명으로 인한 영향을 최대한 줄여서 오검출률을 줄인다.

3.4 기하학적 밝기분포 마스크를 이용한 얼굴 후보 결정

영상에서 얼굴의 피부영역은 조명 등에 의한 외부변화나 피부색에 의해 개인차가 있지만 눈, 눈썹, 피부 사이의 평균밝기 값의 상관관계는 일정하게 유지가 된다. 이런 얼굴의 밝기 특성을 이용하여 그림 5와 같이 눈과 눈썹, 두 눈 사이, 눈 아래 피부영역을 기하학적으로 분할하는 기하학적 밝기분포 마스크를 정의하였다.

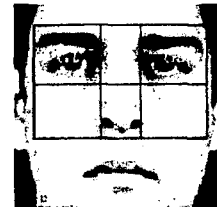


그림 5 기하학적 밝기분포 마스크

$$G_k : \text{밝기평균}, k=1 \dots 6$$

앞에서 찾아낸 눈 후보들을 기준으로 마스크를 적용하여 식 (5)를 만족하면 얼굴후보로 결정하고 히스토그램 균일화를 수행한다. 그림 (6)은 식 (5)의 조건을 만족하는 얼굴후보들을 나타낸 것이다.

$$\begin{aligned} G_1 < G_2 \text{ and } G_1 < G_4 \\ G_3 < G_2 \text{ and } G_3 < G_6 \end{aligned} \quad (5)$$

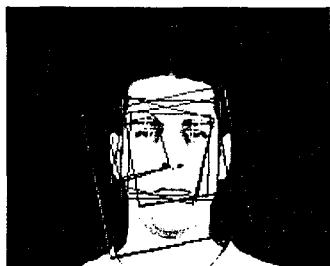


그림 6 가능한 얼굴 후보 영역

4. 주성분분석법을 이용한 얼굴 검출

얼굴 후보들이 구해지면, 주성분분석법으로 만든 템플릿 얼굴과의 유사도를 측정하여 각 얼굴후보를 판별한다.

본 논문에서는 가중치 벡터로 사용되는 고유얼굴을 추출하기 위하여 60x40 크기의 눈과 코를 포함하는 40개의 얼굴 영상을 사용하였으며, 학습데이터는 조명이 양호한 환경에서 수집하였다. 학습데이터로부터 고유얼굴을 생성하는 과정은 다음과 같다.

1) 공분산 행렬 생성 : 학습데이터의 i 번째 ($0 \leq i \leq n$) 얼굴을 T_i 라 하면 공분산 행렬은 $C = \Phi \cdot \Phi^T$ 이다. 여기서

$$\Phi = T_i - F_{av}, F_{av}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n T_i(x, y) \text{ 이다.}$$

2) 고유얼굴 생성 : 공분산 행렬 C에 대한 고유벡터를 포함 하는 E와 고유값을 포함하는 대각행렬 λ 에 대해 (6) 식을 만족한다. 즉 고유얼굴을 구하는 것은 식 (6)을 만족하는 고유값 행렬 λ 와 고유값에 대한 고유벡터 E를 구하는 것이다.

$$CE = \lambda E \tag{6}$$

얼굴 후보로 검출된 영상 $I(x, y)$ 와 템플릿 영상 F_{av} 의 유사도 측정 후 첫 번째 고유얼굴 E_{mask} 를 가중치 벡터로 부가하여 얼굴을 검출 할 수 있다. 사용한 식은 아래와 같으며 임계값보다 작은 경우에만 얼굴이라고 정의한다. 이때 임계값은 실험을 통해 얻은 실험적인 값을 사용하였다.

$$\epsilon = \sum_{y=0x=0}^M \sum^N E_{mask} \cdot (I(x, y) - F_{av}(x, y))^2 \tag{7}$$

5. 실험 결과 및 결론

5.1 실험 결과

실험 영상으로는 200x168부터 640x480까지 다양한 크기의 컬러 영상을 사용하였으며 머리카락, 모자, 안경 등에 의해 눈이 가려지는 영상을 제외한, 총 208개의 얼굴이 있는 150장의 컬러 영상을 이용하였다.

실험은 네 가지의 조건으로 진행되었는데, 기존의 기하학적 밝기분포 마스크를 사용한 방법, 전처리로써 히스토그램 평활화를 했을 때, GIC를 이용했을 때, 그리고 그 둘을 모두 사용했을 때로 각각 나누어 결과를 비교하였다. 그 실험 결과는 그림 7과 표 1에 각각 나타나 있다.

표 1 전처리 방법에 따른 실험 결과

전처리	검출 성공	미검출	오검출	성공률
-	185	9	14	88.9%
HE	190	7	11	91.3%
GIC	194	6	8	93.3%
HE+GIC	198	4	6	95.1%

표 1의 실험 결과를 보았을 때, 기존의 방법에 비해 전처리 과정에서 HE나 GIC를 이용한 방법이 검출률이 더 높았고, HE와 GIC 둘을 비교하였을 때는 HE보다 GIC가 성능이 좋았다. 그리고 둘을 함께 사용했을 경우, 더 우수한 성능을 나타내었다.



그림 7 얼굴 검출 영상

5.2 결론

본 논문에서는 얼굴이 존재하는 컬러영상에 대해 히스토그램 평활화와 GIC를 이용해서 전처리를 한 후 기하학적 밝기분포 마스크로 얼굴을 검출하는 방법을 제안하였다. 전처리 과정을 통해 조명에 대한 영향을 어느 정도 줄임으로써 다양한 조명 조건에서의 검출률을 높일 수 있었다.

향후 템플릿 매칭을 하는데 있어 신경망이나 SVM를 사용하면 오검출률을 줄일 수 있으리라 생각된다. 하지만, 눈 후보 검출에 실패하지 않도록 눈 검출 알고리즘을 수정, 보완해야 할 과제가 아직 남아있다.

참고문헌

[1] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb and Anil K. Jain , "Face Detection in Color Images", IEEE Trans On Pattern Analysis and Machine Intelligenece, Vol. 24 , NO.5, p. 696-706, May. 2002.
 [2] Shiguang Shan, Wen Gao, Bo Cao, Debin Zhao, "Illumination Narmalization for Robust Face Recognition Against Varying Lighting Conditions", IEEE Trans on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, 2003, p. 157 - 164, 17 Oct. 2003.
 [3] 이한우, 이용호, 정준호, 정동석, "기하학적 밝기분포 마스크와 고유얼굴을 이용한 얼굴검출", 멀티미디어학회 논문지, P2-2, 7권, 12호, p. 245~248, 2004.
 [4] M. Turk and A. Pentland, "Face Recognition using Eigenfaces", IEEE Trans on Computer Vision and Pattern Recognition, p. 586 - 591, June. 1991.