

피부색과 눈요소 정보를 이용한 얼굴영역 검출

서정원, 박정희, 송문섭, 윤후병, 황호진, 김법균, 두길수, 안동언, 정성중
전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 컴퓨터응용연구실
전화 0652)270-2416 / Fax 0652)270-2418

Detection of human faces using skin color and eye feature

Jungwon Seo, Jeonghee Park, Moonsub Song, Hubyoung Yun, Hojeon Hwang, Beobkyun Kim, Gilsu Doo,
Dongun An, Seongjong Chung
Dept. of Computer Engineering, Chonbuk National University
seojw@calhp1.chonbuk.ac.kr jhpark@kns.kijeon-c.ac.kr duan@moak.chonbuk.ac.kr sjchung@moak.chonbuk.ac.kr

Abstract

Automatic human face detection in a complex background is one of the difficult problems. In this paper, we propose an effective and robust automatic face detection approach that can locate the face region in natural scene images when the system is used as a pre-processor of a face recognition system.

We use two natural and powerful visual cues, the skin color and the eyes.

In the first step of the proposed system, the method based on the human skin color space by selecting flesh tone regions using normalized $r-g$ space in color images. In the next step, we extract eye features by calculating moments and using geometrical face model.

Experimental results demonstrate that the approach can efficiently detect human faces and satisfactory deal with the problems caused by bad lighting condition, skew face orientation.

1. 서론

얼굴인식시스템의 전처리 과정으로써 얼굴 영역의 검출은 필수적인 처리과정이기 때문에 많은 방법들이 연구되어져 왔다. 초기에 이미지 안에서 얼굴이 있는지 없는지에 대한 연구[2]에서 부터 top-down 이미지 분석 접근방식을 통해 이미지에서 머리와 몸의 외곽선

을 검출하는 연구[3], 약간의 배경이 있는 이미지에서 얼굴의 위치를 알아내기 위한 모델링을 정의한 연구방법[4][5], 하나의 이미지의 해상도를 8×8 , 16×16 , 32×32 , 64×64 , 128×128 등의 Multiresolution 방식을 이용하여 이미지에서 머리의 위치를 검출하는 방법[6], 얼굴 안의 특징점들을 이용한 얼굴검출 방법[7], 색상정보를 이용한 얼굴 검출방법[1], 그리고 뉴럴네트워크를 기반으로 한 얼굴검출 시스템[8] 등 여러 가지 방법으로 효과적인 연구방법을 모색해 오고 있다.

본 논문에서는 여러 가지 조건에서 디지털 카메라로 입력한 자연스러운 실내의 배경을 가진 컬러이미지 안에서 얼굴을 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 이를 위해 우리가 사용하는 정보는 2가지이다. 즉 얼굴의 1) 피부색 정보와 그 피부색 안에 존재하는 2) 얼굴 요소들이다. 본 논문에서는 여러 가지 얼굴 요소들 중에서 눈요소를 추출하여 얼굴 영역을 검출한다.

첫번째 정보인 피부색 결정 모델링을 위해서는 normalized $r-g$ 방법을 사용하고, 두 번째 눈요소를 추출하기 위해서는 모멘트를 이용한다. 눈요소를 추출하는 과정은 전체 이미지에 대해서 처리하지 않고 이미 첫 번째 단계에서 피부 영역으로 확정된 영역들에 대해서만 처리한다. 따라서 제안한 방법은 하나의 이미지 안에 여러 개의 얼굴에 대해서 빠르게 검출하며, 얼굴의 회전 및 기울기, 크기 등의 변화에 강건한 결과를 나타낸다.

구성은 2장에서는 피부색을 결정하는 모델링 방법을 설명하고, 3장에서는 피부색으로 추출되는 각 영역 안

에서 눈요소를 추출하는 방법에 대해 설명한다. 마지막으로 이들의 정보를 이용하여 검출된 얼굴 영역에 대한 실험 결과 및 향후 연구 방향으로 구성되어 있다.

2. 피부색 결정 모델링

컬러영상은 명암영상보다 많은 정보를 가지고 있으므로 배경을 가지고 있는 영상 내에서 얼굴 영역을 검출하는데 효과적이다. 즉 얼굴을 포함하고 있는 이미지에서의 피부색은 강한 정보를 가지고 있기 때문이다. 그러나 이러한 정보를 가지고 있으면서도 피부색에 대한 정확한 기준을 두기는 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해 대부분의 방법들은 HSV를 기반으로 한 여러 가지 방법들이 제시하고 있으나 HSV 공간에서는 특정 H 범위가 전체 S 범위를 포함하고 있어 다양한 피부색에 대한 분포에 대한 반응도가 감소하는 경향이 있어 피부색을 정의하는데 효과적이지 못하다. 우리는 ATR연구소에서 실험한 자료를 바탕으로 normalized r-g 모델을 채택하여 피부색을 정의 한다[1].

본 논문에서는 다양한 빛 조건에 노출된 사람들을 디지털 카메라로 촬영하고 이들 이미지에 대해서 색상 정보를 정규화하고 색상의 분포를 구하여 얼굴을 자동으로 검출하는데 필요한 피부색에 대해 정의한다. 이를 위해 실험실의 대학원 학생들을 중심으로 30개의 이미지를 얻어 피부색에 대해 모델링하고, 이들의 결과를 77개의 이미지에 대해 적용하여 결과를 얻는다.

본 논문에서 사용하는 방법은 normalized r-g 모델을 기본으로 하고 있다. 이 방법은 RGB 값을 가지고 있는 컬러 이미지에 대해 다음 식(1)과 같이 정규화 한다.

$$\begin{aligned}
 q(r, g) &= f(R, G, B) \\
 r &= \frac{R}{(R+G+B)} \\
 g &= \frac{G}{(R+G+B)} \\
 r+g+b &= 1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

피부색 영역을 결정하기 위해서 디지털 카메라로 입력받은 이미지들에 대해서 얼굴 영역의 일부를 선택하여 이들의 r과 g 값에 대해서 히스토그램을 구한다. 이렇게 구한 $H_i(r, g)$, $i = 1, 2, 3, \dots, 30$ 에 대해서 다음 식(2)과 같이 평균 히스토그램을 구한다

$$H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i(r, g)
 \tag{2}$$

이를 통해 사용하게 되는 r의 평균값과 g의 평균값을

구하여 피부색의 평균값을 정의한다.

$$(\bar{r}, \bar{g}) = (0.4016, 0.2435)
 \tag{3}$$

아래 그림 1의 (b)에서는 식(3)의 \bar{r}, \bar{g} 값을 기준으로 얻어진 얼굴 영역을 보여주고 있다.

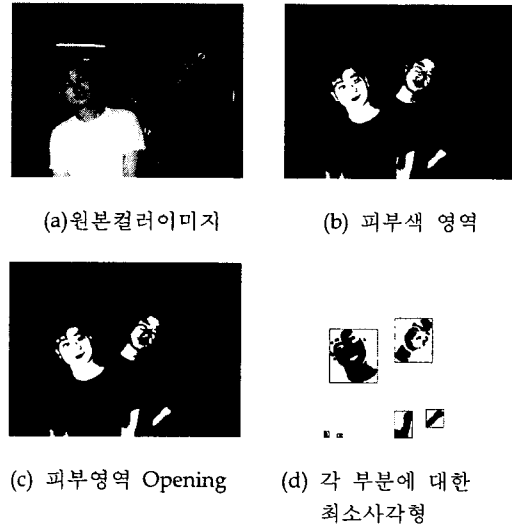


그림 1. 피부색영역을 추출한 결과

본 논문에서 피부색 영역으로 결정된 부분들에 대해 noise 제거 후 연결 요소를 찾아서 이들을 최소사각형으로 나눈다.

피부색 영역 프로세스

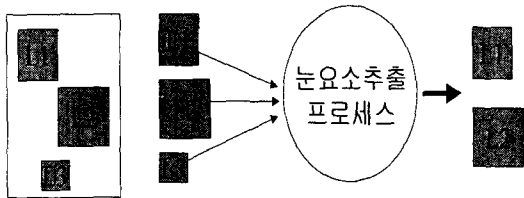
- 1단계 : 피부색 영역을 기준으로 이진화
- 2단계 : Opening을 이용한 잡음제거
- 3단계 : 연결 요소들에 대한 최소사각형 영역 구하기

위와 같이 얻어진 각 최소 사각형 영역에 대해서는 눈요소를 추출하기 위한 프로세스를 하여 그 영역이 얼굴인지 아닌지를 최종 결정한다. 따라서 위의 그림 1의 경우에는 6개의 최소사각형의 위치 정보를 가지고 원본 컬러 이미지에서 그 영역만을 그레이 스케일로 변환하여 눈 후보를 추출하는 프로세스의 입력으로 처리한다. 이렇게 함으로 인해 눈 영역을 추출할 영역이 축소되기 때문에, 얼굴 영역 검출 시간이 효과적으로 줄어 빠르게 처리된다. 또한 눈요소 결정의 기준을 완화시킬 수 있어 눈요소 검출 확률을 높여준다.

3. 눈요소 추출

본 논문에서는 제 2 장에서 설명한 피부색 결정 모

텔링을 통해 얻어진 피부색 영역들에 대해서, 각 영역 내에서 얼굴 구성 요소 중 눈 요소를 추출한다. 눈 요소를 추출하는 처리 과정에 대한 흐름도는 다음 그림 2와 3과 같다.



(a)그레이스케일 영상 (b)피부색에 의해 찾아진 최소사각형 (c)프로세스 (d)눈이 있는영역

그림 2. 눈 요소 추출 처리 과정

따라서 본 논문에서 제안한 방법으로는 여러 개의 얼굴에 대해서도 검출이 된다.

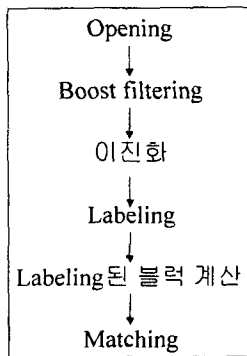


그림 3. 눈요소 추출 프로세스

3. 1 Opening, Boost-filtering, 이진화

얼굴 구성 요소가 분할되지 않으면서 밝은 색의 노이즈를 제거하고, 또한 빛의 반사를 최소화하기 위해서 그레이 이미지에 Opening 연산을 취한다. Opening 연산 후에, 이미지 내에서 얼굴 구성요소와 구성 요소의 나머지 부분과의 명암 대비를 높이기 위해서 Boost-filtering을 취한다. 필터링 마스크의 중심 가중치의 값은 아래와 같은 식(4)을 이용하여 구한다.

-1	-1	-1
-1	w	-1
-1	-1	-1

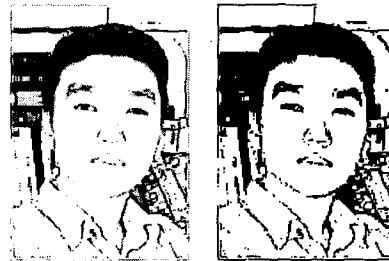
$$\begin{aligned}
 s &= Sobel(x,y)/255 \\
 g &= Gray(x,y)/255 \\
 z &= 0.4 \text{ if } s > 0.5 \\
 &= 0.8 \text{ if } s \leq 0.5 \\
 w &= [z(1-s) + (1-z)(1-g)] \\
 &\quad \times (f-8) + 8
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서, s는 소벨 연산자의 정규화된 기울기 값이며, g는 정규화된 그레이 레벨의 값이다. 이러한 처리를 거친 이미지는 연필로 스케치한 것처럼 얼굴 구성요소들의 특징들이 그대로 남는 효과를 갖게 된다.

Boost-filtering이 취해진 이미지에 대해서 이진화 처리를 한다. 이진화 처리된 이미지에서 연결된 픽셀들을 하나의 블럭으로 레이블링을 한다.



(a) (b)



(c) (d)

그림 4. 눈요소 추출을 위한 전처리

위 그림 4의 (b)는 (a)에 대해 Opening 처리한 결과이고, (c)는 (b)에 대해 Boost filtering을 한 결과이며, (d)는 (c)에 대해 이진화를 한 결과를 보여주고 있다.

3. 2 Labeling된 블럭들에 대한 계산

레이블링이 끝난 후 픽셀들을 포함하고 있는 각각의 블럭i에 대해서 무게 중심 (\bar{x}, \bar{y}) 와 기울기 θ_i 를 아래의 식(5)을 이용하여 구한다.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in \beta} x \tag{5}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in \beta} y$$

(N은 블럭내의 픽셀의 개수)

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right)$$

$$(\mu_{p,q} = \sum_{(x,y) \in \beta} (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q)$$

또한 최소사각형 영역과 각 사각형 영역에 대하여 semimajor axis(장축)의 길이를 구한다. 구해진 값들을 가지고 매칭을 통해 눈을 구한다.

3. 3 Matching

매칭 과정은 임의의 두 개의 블럭을 눈후보로 간주를 하고 두 블럭 사이의 기울기가 -45° 에서 45° 의 범위를 벗어나는 쌍은 후보 영역에서 제외를 시킨다. 이 과정에서 대부분의 후보 쌍이 후보영역에서 탈락된다. 살아남은 쌍의 각각의 길이와 기울기를 $l_1, l_2, \theta_1, \theta_2$ 라고 하고 블럭 사이의 기울기를 θ , 블럭간의 거리를 L 이라 할 때 아래 식(6)을 만족하는 쌍을 눈요소로 결정한다.

$$(l_1+l_2/2) < L < c \cdot l_1 \text{ and } (l_2+l_1/2) < L < c \cdot l_2$$

$$|\theta - \theta_1| < c_d \text{ and } |\theta - \theta_2| < c_d \quad (6)$$

여기서 c, c_d 는 상수 값으로써, c 는 l_1 과 l_2 대한 허용 배율값이며, c_d 는 허용각도 값이다. 본 논문에서는 $(c, c_d) = (4, 10)$ 을 사용한다.

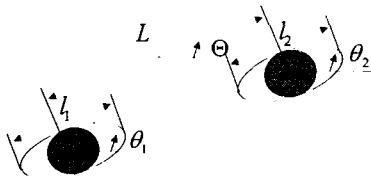


그림 5. 눈요소 쌍을 찾는 기준

눈 요소가 찾아진 후에는 L, θ 을 기준으로 얼굴 영역의 사각형을 구한다.

4. 결과 및 향후 연구방향

얼굴 영역을 검출한 결과는 그림 6과 같으며, 결과로써 눈의 위치와 얼굴 영역을 원과 사각형으로 나타내 주었다. 본 논문에서는 77개의 이미지(400x300 또는 300x400)에 포함된 100개의 얼굴들에 대해 실험한 결과 76%의 검출율을 보였으며, 검출에 실패한 경우를 분석하면 다음과 같다.

1. 얼굴의 한쪽 면에 어두운 그림자가 강한 경우
2. 머리카락이 눈까지 내려와 연결된 경우
3. 너무 작은 얼굴 : 특징 추출 실패
4. 두꺼운 안경테에 의한 실패.
5. 눈과 얼굴 앞선이 연결된 경우

본 논문이 제안한 방법은 피부색 영역으로 추출된 각 영역에 대해서 모멘트를 이용하여 눈요소를 추출함



그림 6. 얼굴 영역이 검출된 결과

으로써 처리속도가 빠르고, 얼굴이 기울어진 경우와 한 이미지 내에 얼굴이 여러 개인 경우에도 정확한 얼굴 위치를 검출해 낼 수 있다.

향후 연구 과제로는 현재의 눈요소 추출을 기반으로 얼굴의 다른 구성요소인 코와 입을 추출하는 방법을 연구함으로써 얼굴의 여러 구성요소들 중 한 부분이 추출되지 않아도 피부색 영역 내에서 얼굴이 존재할 경우에 얼굴 영역을 검출할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 눈이 얼굴 외곽선과 겹치는 경우와 머리카락이 눈의 외곽선과 연결된 경우에 대해 처리하는 방법의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J.C. Terrillon and H. Fukamachi, "Automatic Detection of Human face in Natural Scene Images by Use of a Skin Color Model and of Invariant Moments", IEEE 3rd Intl. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, Nara, Japan, 1998
- [2] T.Sakai, M. Nagao, and S. Fujibayashi, " Line Extraction and Pattern Recognition in a Photograph", Pattern Recognition, Vol.1, pp. 233-248, 1969
- [3] M.D. Kelly, "Visual Identification of People by Computer", Tech. Rep. AI-130, Stanford Univ., Stanford, CA, 1970
- [4] V. Govindaraju, D.B. Sher, "A Computational Model for Face Location", in Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision, pp. 718-721, 1990
- [5] A.Yuille, D.Cohen, and P. Hallinan, "Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates", in Proceeding, IEEE Computer Society on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 104-109, 1989
- [6] I.Craw, H.Ellis, and J. Lishman, "Automatic Extraction of Face Features", Pattern Recognition Letters, Vol. 5, pp. 183-187, 1987
- [7] I. Craw, D.Tock and A.Bnnett, "Findinf Face Features", in Proceeding, 2nd European Conf. on Computer Vision, pp. 92-96, 1992.
- [8] H.A.Rowley, S.Baluja, and T.Kanade, "Neural Network-Based Face Detection", IEEE Trans. Pattern

- Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, pp. 23-38, 1998
- [9] 서정원, 박정희, 송문섭, 안동언, 정성중, "배경을 포함한 이미지에서 타원 모델링과 피부색 정보를 이용한 얼굴영역 추출", 대한전자공학회하계 종합학술대회 논문집, 제22권 제1호, pp.421 - 424, 1999. 6
- [10] Shi-Hong Jeon, Hong Yuan Mark Lio, Chin Chuan Han, M. Yang Chern, and Yao T. Liu, "Facial feature detection using Geometrical face model : An efficient approach", Pattern Recognition, Vol.31, No.3, pp. 273 - 282, 1998