

컬러정보와 국부 최적 임계치 기법을 이용한 얼굴 영역 검출

박상근^o 박영태^o
경희대학교 전자공학과
winning6@kornet.net^o, ytpark@khu.ac.kr

Facial Region Detection by using Color Information and Shape-resolving Local Thresholding

Sanggeun Park^o Youngtea Park^o
Dept. of Electronics Engineering, Kyunghee University

요 약

사람의 얼굴을 검출 및 인식을 하는 여러 가지 다양한 알고리즘이 소개되고 있다. 본 논문에서는 사람의 피부색을 이용한 컬러정보(Color Information)와 국부 최적 임계치 기법을 사용하여 얼굴의 형상정보를 검출하고 얼굴 영역을 검출하는 방법을 사용한다. 컬러정보를 사용하여 얼굴의 후보영역을 선정한 후에 그 후보영역에서 얼굴의 특징인 눈, 눈썹, 입을 찾는 방법을 제안한다. 피부색은 일정한 분포를 가지고 있기 때문에 후보영역을 비교적 정확히 찾을 수 있으며, 국부 최적 임계치 기법은 효과적인 얼굴 특징 검출방법이다.

1. 서 론

사람의 신체를 이용한 생체인식기법은 지문, 얼굴, 홍채 등을 이용한 많은 방법들이 있다. 그중에서도 얼굴을 이용한 인식기법은 다른 방법들과 달리 사용자가 직접 접촉하지 않기 때문에 거부감이 적은 방법으로 쉽게 사용할 수 있어서 넓은 카드워조, 인터넷뱅킹 사고 같은 예를 보았을 때 금융 분야에서의 비밀번호 뿐만 아니라 사람 얼굴의 특징을 기반으로 개인 인증의 방법으로도 사용될 수 있다. 또한 대규모 공공장소에서의 출입 및 감시 시스템의 활용에도 그 사용이 늘어나고 있다.

얼굴인식은 크게 얼굴영역의 추출과 인식부분으로 나뉘질 수 있는데, 얼굴영역 추출은 얼굴인식의 전단계로서 매우 중요한 방법이다. 현재 얼굴영역 추출의 방법으로는 다음과 같이 크게 2가지 방법으로 분류할 수 있다. 특징-기반 방법(Feature-based approach)과 이미지-기반 방법(Image-based approach)으로 분류할 수 있다. 특징-기반 방법으로는 칼라(Skin Color)정보, 에지(Edge)정보를 이용한 방법 등이 있다. 이미지-기반 방법으로는 신경회로망(Neural Network), 움직임 정보(Motion), 선형 부분 공간 방법(Linear Subspace Method), 통계적 접근 등이 있다.

2. 본 문

본 논문에서는 얼굴영역을 찾는 방법이 크게 2가지 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계는 컬러정보를 사용하여 얼굴의 후보영역을 찾는 것이고, 다음으로 후보영역에 대해서 국부 최적 임계치 방법을 사용하여 얼굴의 구성요소(눈, 눈썹, 입)들을 검출하여 얼굴영역을 찾는 방법을 사용한다.

2. 1 컬러 정보를 이용한 후보 영역의 검출

컬러정보를 바탕으로 사람의 피부색을 사용하여 얼굴을 검출하기 위해서는 적절한 피부색 모델(Skin color model)이 필요하다. 얼굴인에 적합한 컬러 모델을 선택하기 위한 다양한 컬러공간(Color ace)에 대해서 많은 연구가 진행되었다[1]. 피부색 검출을 위해 B, YCbCr, HSI, YIQ 등 여러 가지 컬러공간들이 사용되고 있으며 같은 컬러공간에 대해서 적절한 피부색 모델을 검출하기 위한 결과 YCbCr가 가장 좋은 결과를 보여주었다.

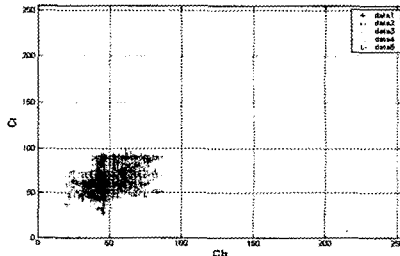


그림 1. 피부색의 분포

피부색 분포가 조명조건의 간섭에 의해 정보가 왜곡되는 것을 방지하기 위해서 YCbCr에서 Chromatic 성분인 Cb, Cr값을 가지고 피부색 검출을 시도하였다. 사람의 피부색은 컬러공간상에서 일정한 영역에 집중되어 있는 것을 알 수가 있다(그림. 1). 이러한 분포는 피부색이 다른 여러 인종 사이에서도 비슷한 공간상의 분포로 나타난다.

이러한 분포는 다양한 조명 조건하에서 여러 사람들(인종)의 피부색 모델이 가우시안 분포 (Gaussian Distribution)와 유사하다는 것을 알 수 있다. 따라서 피부색 분포는 식(1)처럼 평균과 분산을 가지는 2D 가우시안 분포로 표현할 수가 있다.

$$G(\bar{m}, \bar{v}) \quad (1)$$

$$\bar{m} = (\bar{C}_b, \bar{C}_r) \quad \bar{v} = \begin{pmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{rg} \\ \sigma_{gr} & \sigma_{gg} \end{pmatrix}$$

$$\bar{C}_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{b_i} \quad \bar{C}_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{r_i}$$

이러한 피부 컬러 모델(Gaussian Distribution)을 사용하여 영상에서 피부색을 찾는 과정을 거치게 되면 그림3(b)와 같이 컬러영상에서 피부색만을 검출할 수가 있다. 이러한 결과 영상을 이진화와 모폴로지(Morphology)[2]를 사용하면 그림3(c)와 같은 후보영역을 구할 수 있다. 그림3(d)는 원영상에서 후보영역을 표시한 것이다. 그림3(d)를 살펴보면 피부색모델에 적합한 영역이 선택되었지만, 원하지 않는 후

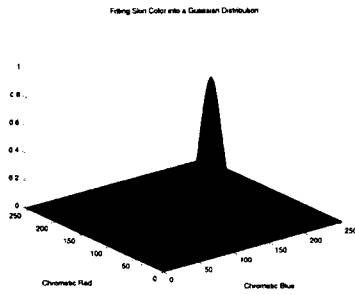


그림 2. 피부색의 Gaussian Distribution

보영역까지 선택이 되었는데, 이것은 다음 과정에서 후보영역들의 특징을 판별함으로써 제거될 수 있다. 또한 검출된 후보영역의 넓이가 설정된 값보다 작다면 의미 없는 정보로 판단하여 후보영역에서 제외시켰다.

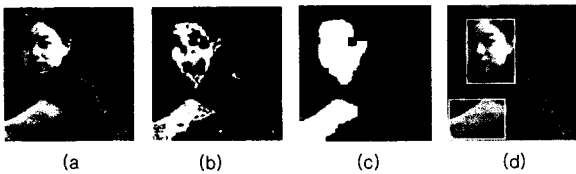


그림 3. (a) 원영상 (b) 가우시언 분포 (c) 이진화 (d) 얼굴후보영역

2. 2 얼굴 특징 검출

2. 1에서 검출된 후보 영역을 바탕으로 얼굴이 가지고 있는 특징요소인 눈, 눈썹, 입을 찾아서 얼굴영역을 검출하고자 한다. 이러한 특징들을 찾기 위해서는 각 요소들만 검출할 수 있는 전처리 과정을 거쳐야한다. 이러한 전처리 과정으로 주로 사용되는 것이 임계치(Thresholding value)를 이용한 영상의 분할방법이다. 그러나 이 방법을 전체영상에 대해 실행할 경우에는 적절한 임계치를 설정하기 어려움이 있을 뿐만 아니라 선택한다고 해도 검출된 요소들의 왜곡이 발생할 수가 있다. 따라서 본 논문에서는 국부영역에서 최적의 임계치를 선택해 주는 형상분해 국부 최적 임계치 기법(Shape-resolving local thresholding)[3]을 사용하여 얼굴요소들을 검출하려고 한다. 또한 주어진 전체영상에서 구하지 않고 얼굴 후보로 선택된 영역에서 수행함으로써 후보영역의 적절한 임계치를 구하여 얼굴요소들을 검출할 수 있을 것이다.

2. 2. 1 형상분해 국부 최적 임계치 방법

- step 1 : 영상에서 가장 밝은 그레이 레벨을 임계치로 T 로 정하고, $T_0 = 128$ 로 정한다.
- step 2 : T 를 사용해서 이진 영상을 구하고 Labeling과정을 적용한다. 연결영역에 대한 경계박스의 초기좌표들을 $S_1 = R_1^1, R_2^1, \dots, R_n^1$ 에 저장한다. (Level $p = 1$)
- step 3 : Do { $T \leftarrow T - \eta, p \leftarrow p + 1$
임계치 T 로 이진화하고 Labeling과정을 수행하고 경계박스 좌표들을 $S_p = \{R_1^p, R_2^p, \dots, R_n^p\}$ 에 저장한다.
} while ($T > T_0$)

step 4 : S_1, S_2, \dots, S_m 으로부터 관심 영역(seed region)의 변화목록 $G_i = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{in}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$)을 작성한다. m 은 step 3에서 이진화 레벨의 단계이다. R_{ij} 는 S_i 의 경계박스 중에서 R_{ij-1} 을 포함하는 경계박스이다. 따라서 R_{ij} 의 크기는 단조 증가한다.

step 5 : 각 G_i 마다 α 와 β 를 계산한다. 한 개의 관심영역에서 시작해서 $\alpha > \tau_2$ 조건을 만족하는 $\beta > \tau_1$ 를 갖는 첫 번째 임계치를 선택한다.

step 6 : 만약 그러한 임계치가 존재한다면 해당하는 국부영역의 국부 임계치로 선택한다.

step 7 : 그렇지 않고 오직 $\alpha > \tau_2$ 만을 만족한다면, $\alpha > \tau_2$ 를 만족하는 국부 임계치로 저장한다.

step 8 : step 6, 7에 해당되지 않는다면 최대 화소값 255를 저장한다.

각 임계치 단계마다 α 와 β 를 계산하여 최적의 결과를 나타낼 때 후보요소로 선택하게 된다. 여기서 α 와 β 는 각각 응집도(compactness)와 높이의 변화율로서, α 는 i 번째 임계치가 적용되었을 때 분할된 영역의 화소수를 N_{ki} , 분할된 영역의 경계박스의 면적을 M_{ki} 라고 했을 때 응집도 $\alpha_{ki} = N_{ki} / M_{ki}$ 로 주어진다. 낮은 값을 갖는 α 는 얼굴 구성요소가 아닌 것으로 판단을 한다. 또한 임계치 단계에 따른 얼굴요소의 높이 변화율 β 는 H_{ki+1} / H_{ki} 로 주어지는데 β 의 값이 갑자기 높아진다는 것은 얼굴요소의 변화량이 크게 변하는 것을 가르킨다. 따라서 최적의 임계치를 찾는 기준으로 그림 4와 같이 $\alpha > \tau_2$ 와 $\beta > \tau_1$ 을 만족하는 조건을 검색한다. 그림 5는 이와 같은 조건들을 만족하는 경우를 나타내고 있다.

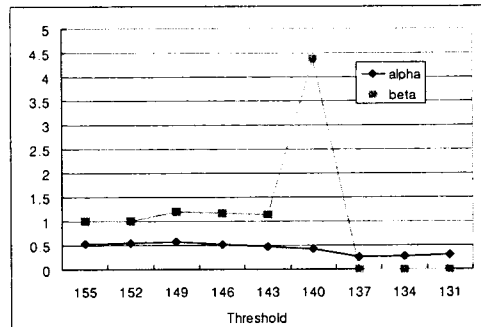


그림 4. 얼굴요소의 α 와 β 의 변화량

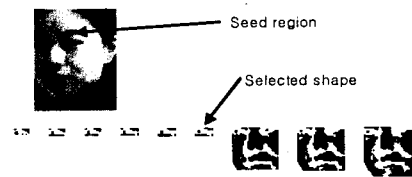


그림 5. α 와 β 를 만족하는 얼굴요소의 결정

2. 2. 2 후보영역의 검증

국부 최적 임계치 방법으로 후보영역에서 얼굴 요소들을 검출했다면 그림 6과 같은 형태를 파악하여 얼굴인지 아닌지를 판별해야한다. 먼저 얼굴요소들의 관계를 파악하여 정보가 부족한 후보영역은 제거하도록 한다. 일반적인 사람 얼굴 요소인 눈, 눈썹, 입의 개수는 3~5개를 가지고 있다. 따라서 검출된 요소들의 개수를 파악하여 기준치 이하(S=3)인 영역은 후보영역에서 제외시켰다.

$$C_i = \sum_{k=1}^n r_k \quad (2)$$

(i : i번째 후보영역, n : 검출된 얼굴 요소들의 개수)

$$candidate = \begin{cases} 1 & C_i > S \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

두 번째로 얼굴이 가지고 있는 기하학적 조건을 그림 6과 같은 방법으로 판별하여 후보영역에서 얼굴 영역을 검출한다.

※ 얼굴요소 검색 방법

- (1) 좌측 눈썹의 가장 오른쪽 x좌표와 우측 눈썹의 가장 왼쪽 x좌표는 입 영역의 x좌표 사이에 있다. 마찬가지로 눈의 쌍도 비슷한 조건을 가진다. (그림 6(a))
- (2) 입은 눈썹 쌍의 폭만큼의 길이로 만들어진 정사각형 안에 포함이 된다. (그림 6(b))

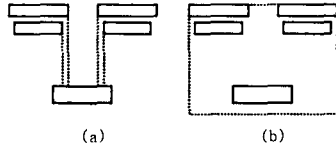


그림 6. 얼굴의 기하학적 요소

그림 7은 이와 같은 검증과정을 거친 후에 검출된 얼굴 영역의 영상이다.



그림 7. (a) 눈, 입을 검색한 경우 (b) 순수 얼굴영역의 검출

2. 2. 3 회전된 얼굴의 보상

얼굴이 기울어져 있는 경우에는 눈-쌍, 눈썹-쌍을 찾는 과정에서 눈썹과 눈이 결합되어서 얼굴요소들의 정보가 왜곡이 되는 경우가 발생하였다.(그림 8(a), (b))

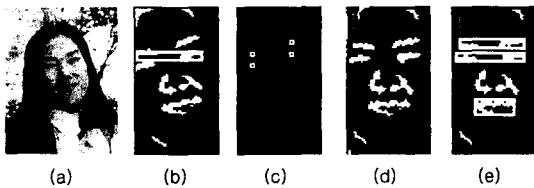


그림 8. (a) 기울어진 영상 (b) 정보가 왜곡된 경우 (c) 프로젝션 결과 (d) 회전보상 (e) 얼굴요소들을 정확히 찾은 경우

얼굴이 기울어졌는지 찾기 위해서 눈-쌍, 눈썹-쌍을 찾았지만 입을 찾지 못한 경우에는 정보가 불충분 것으로 판단하고 회전보상을 하였다. 회전보상을 하는 방법으로는 눈, 눈썹에 대해서 프로젝션(그림 8(c))을 사용하여 특징점을 찾은 후에 특징점 사이의 각도를 계산하고 그 각도만큼 이진영상을 회전시키는 방법을 사용하였다(그림 8(d), (e)). 이러한 과정을 통과했을 경우 회전된 영상들도 보정이 되는 것을 알 수 있었지만 얼굴 특징들의 관계를 이용했기 때문에 너무 많이 기울어져 있는 경우에는 적용할 수 없었고 실험을 해본결과 -20°~+20°인 경우에서 적용되었다.

3. 실험결과

실험은 기존의 AR Database[4], Web에서 획득한 영상, USB 화상캠에서 캡처한 영상들을 가지고 실험을 하였다. 이러한 영상들은 다양한 얼굴표정과 조명조건들을 가지고 있으며, 표 1과 그림 8은 이와 같은 여러 가지 영상들에 대하여 적용했을 경우의 검출결과를 보여주고 있다.



그림 8. 다양한 영상의 예

표 1은 전체 119의 얼굴을 포함하고 있는 100장의 영상에 대해서 실험한 결과를 보여주고 있다.

total	detection	missing	false
119	108 (90.76%)	8 (6.72%)	5

표 1. 인식결과

4. 결 론

여러 상황의 영상을 가지고 실험을 한 결과 비교적 검출이 잘 되는 것을 볼 수 있었다. 하지만 얼굴이 심하게 기울어져 있을 때에는 기하학적 관계를 만족시키지 못하여서 얼굴 검출에 실패하는 것을 볼 수 있었다. 또한 영상의 조명조건이 매우 많은 양의 빛을 가지고 있는 경우에는 피부색 모델을 기준으로 한 얼굴 후보영역 검출에 실패하는 경우도 볼 수가 있었다. 따라서 이러한 문제점들을 보완한다면 한 단계 높은 검출 성능을 나타낼 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Ming-Hsuan Yang and David J. Kriegman, "Detecting Faces in Images: A Survey", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL. 24, NO. 1, pp. 34-57, JANUARY 2002
 [2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-wesley Publishing, 1992
 [3] Youngtae Park, "Shape-resolving local thresholding for object detection", Pattern Recognition Letters 22, pp.883-890, 2001.
 [4] A.M. Martinez, R. Benavente, "The AR Face Database." CVC Technical Report #24, June, 1998.