

Skin-tone과 특징형태를 적용한 효율적인 얼굴영역 자동검출 기법의 구현

김광희, 김성환, 최옥매, 이배호
전남대학교 컴퓨터공학과
bhlee@chonnam.chonnam.ac.kr

Efficient and Automatic Face Detection Using Skin-tone and Shape

Kwang-Hee Kim, Sung-Hwan Kim, Ok-Mae Choi, Bae-Ho Lee
Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University
Tel : 062-530-1799, Fax : 062-530-109
bhlee@chonnam.chonnam.ac.kr

Abstract

The principal features of a face are as follows : skin-tone, symmetry, and requisites such as shape of ellipse, eyes, nose, mouth. Also, faces have different size, various shape and position. In case of application of face recognition and detection without preprocessing, efficiency of the performance is decreased. In addition, face itself, complex background, image quality, etc. are included. Therefore, previous face recognition methods are implemented on the base of specific constraints of the face image.

In this paper, we propose the efficient and automatic face detection algorithm for minimizing influence such as complex background, image quality, etc. This face detection technique consists of skin-tone, candidate face region and face region extractions.

I. 서론

타원의 형태, 눈, 코, 입과 같은 얼굴 구성 요소와 피부색 및 좌우 대칭 등은 가장 뚜렷한 얼굴 특징들이다. 얼굴 인식 및 검출을 수행하기 위해서는 얼굴의 주요 특징을 이용할 수 있지만, 영상에 나타나는 얼굴은 그 크기 및 형태, 위치 등이 매우 다양하므로 전처리 과정 없이 바로 얼굴 특징을 인식 및 검출에 적용

할 경우 그 효율은 매우 낮아지게 된다. 또한, 얼굴 영상 자체뿐만 아니라 복잡한 배경, 영상의 질, 조명의 영향과 같은 복잡한 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 다양한 인식 및 검출 방법에 소개되었으나, 현재 좀더 효율적인 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이전의 인식 방법들은 흑백 명암 얼굴 영상을 주 대상으로 template matching[2-3], K-L(Karhunen-Loeve) expansion[4], Garbor wavelet 변환[1] 등을 적용하였으나, 대부분 입력 영상에 대한 특정한 제약아래 수행하는 방법이었다. 최근에는 흑백 명암보다 많은 정보를 제공하는 색상이나 모션 정보를 이용하여 얼굴 검출을 수행하거나[5-6] 일반화된 Hough 변환과 신경망을 적용하거나[9], 색상을 바탕으로 MPEG 동영상에서 얼굴 검출을 수행하는 방법[7] 등이 제시되고 있다.

본 논문에서는 얼굴 인식 및 검출에 관련된 복잡한 환경의 영향을 최소화하고 특별한 제약을 가하지 않은 일반적인 영상에서 효율적인 얼굴 검출을 수행할 수 있는 색상과 형태를 바탕으로 한 알고리즘을 제시하였다. 제시된 알고리즘은 skin-tone 추출 단계, 후보 영역 추출 단계, 얼굴 영역 추출 단계의 세 단계로 구성된다. 색상 추출단계에서는 표본 얼굴색상을 바탕으로 표본 skin-tone을 생성하여 얼굴 색상 영역을 추출하고, 후보 영역 추출 단계에서는 타원형의 형태 제약 조건을 통해 얼굴 영역으로 예상되는 후보 영역을 추출하였다. 마지막으로 후보 영역 중 얼굴 구성 요소(눈, 코, 입 등)를 포함하는 영역을 얼굴 영역 추출단계에서 최종 얼굴 영역으로 추출하였다.

II. 얼굴영상 검출 알고리즘

1. Skin-tone 추출 단계

얼굴의 주요 특징 중 skin-tone은 다른 사물과 구별되는 특정한 색상 영역을 가지고 있으며, 비슷한 색상을 포함하고 있는 사물들도 존재하지만 대부분의 경우 얼굴 색상과는 많은 차이를 보이고 있다. 따라서, 이를 이용할 경우 Skin-tone은 복잡한 배경에서 얼굴 영역 추출을 위한 훌륭한 선행 처리필터가 된다. 또한, 얼굴 색상은 개인, 인종마다 다르지만 색차(chrominance) 영역에서는 매우 비슷한 영역을 가지며, 단지 밝기의 차이(intensity)만이 있을 뿐이다. 본 논문에서는 YCrCb 색상계와 90개의 표본 얼굴 영상을 바탕으로 skin-tone을 생성한 후 이를 바탕으로 얼굴 색상 영역을 추출하였다. 표본 영상은 웹(WWW)과 사진 스캔을 통해 구축되었고 식(1)에 의해 YCrCb 색상계로 변환하였다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

본 논문에서는 인종 대신 얼굴 색상의 밝기 정도에 따라 Light, Medium, Dark로 구별하였으며, 표 1은 표본 얼굴 영상의 색상 분포를 나타내고 있다.

표 1. 표본 Skin-tone
Table 1. Sample Skin-tone

| Skin | 개수 | Cb | Cr |
|-----------|----|-------|------|
| Light | 30 | -25.8 | 33.2 |
| Medium | 30 | -23.5 | 25.7 |
| Dark | 30 | -23.2 | 30.4 |
| Skin-tone | 90 | -24.2 | 29.8 |

그림 1은 YCrCb 색상계의 색상을 나타내며 각각 Light, Medium, Dark Skin의 영역을 나타내고 있다.

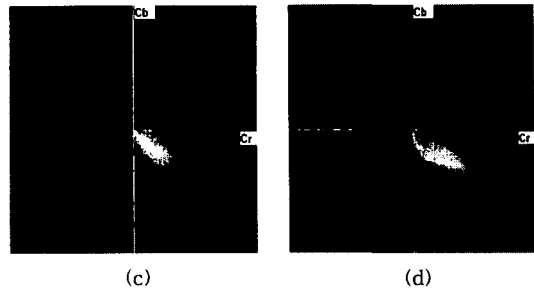
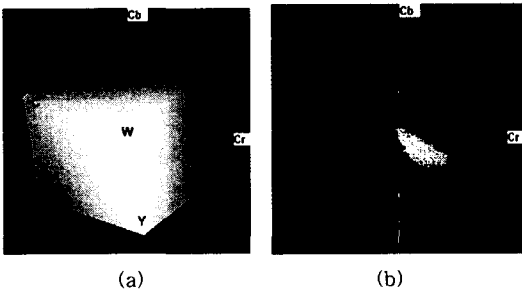


그림 1. (a) Cr-Cb 평면 (b) Light Skin
(c) Medium Skin (d) Dark Skin
Fig. 1. (a) Cr-Cb plane (b) Light Skin
(c) Medium Skin (d) Dark Skin

표본 영상에 의해 생성된 skin-tone을 바탕으로 입력 영상의 모든 픽셀에 대해 skin-tone 영역에 위치하는가를 검사하여 배경 중에서 얼굴 색상을 포함하는 모든 영역을 추출하였다.

$$x = Cr - 30, \quad y = Cb - 24 \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\frac{x'^2}{a^2} + \frac{y'^2}{b^2} \leq 0 \quad (a=25, b=15) \quad (4)$$

Cr-Cb 평면에서 skin-tone의 영역은 식 (2),(3),(4)에 의해 결정된다.

2. 후보 영역 추출 단계

2.1 Filtering

Skin-tone에 의한 얼굴 색상 영역 추출은 픽셀 단위로 이루어지므로 추출된 픽셀들은 완전한 영역을 이루지 못하며, 입력 영상에 나타나는 특정형태(체크 무늬, 돌의 광물질, 얼굴의 명암 등)에 따라 다양한 형태를 나타낸다. 따라서, 이들을 적당한 영역으로 묶고 노이즈를 제거하기 위해 filtering을 수행한다.

Opening(Erosion->Dilation)과 Closing(Dilation->Erosion)을 수행한 후 3*3 Median filter를 적용하여 영역을 균일하게 한다.

2.2 영역 분할

추출된 영역들의 크기는 매우 다양하고 각 영역들은 얼굴 영역 특징 비교를 위해 영역 단위로 분리될 필요성이 있다. 또한, 일반적인 영상에서 얼굴 영역은 최소한의 크기를 가지므로 이를 바탕으로 크기 상의 비 얼굴 영역 제거를 수행한다. 영역을 분할하기 위해

region growing 알고리즘을 사용하여 각 영역에 label 을 한 후 식(5)에 의해 비 얼굴 영역을 제거하였다.

$$N = \frac{1}{SN} \sum_x \sum_y I(x, y), N \geq T_h \quad (5)$$

(N: 총 픽셀 수, SN : Seed 번호, Th : 100)

2.3 형태 제약조건 (Shape Constraint)

얼굴의 큰 특징 중의 하나는 타원형의 얼굴 형태이며 일반적인 영상에서 얼굴의 크기 및 기울기는 매우 다양하게 나타난다. 이를 위해 영역에 대한 타원 파라미터를 구할 수 있는 Best-fit ellipse 알고리즘을 적용하여 얼굴 후보 영역을 추출하였다.

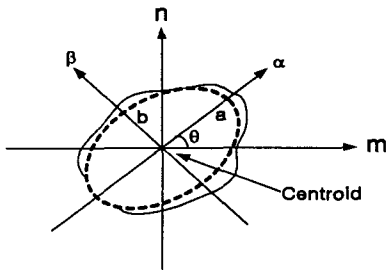


그림 2. Best-fit ellipse
Fig. 2. Best-fit ellipse

그림 2는 Best-fit ellipse의 주요 파라미터들을 나타내고 있으며, 식 (6),(7),(8)에 의해 타원 파라미터들을 구한다.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right] \quad (6)$$

식(6)의 μ 는 central moments 로서 pq차 μ_{pq} 는 $\mu_{pq} = \sum_{(m,n)} \sum_K (m-\bar{m})^p (n-\bar{n})^q$ 로서 구할 수 있다.

$$I'_{\min} = \sum_{(m,n)} \sum_K [(n-\bar{n})\cos\theta - (m-\bar{m})\sin\theta]^2$$

$$I'_{\max} = \sum_{(m,n)} \sum_K [(n-\bar{n})\sin\theta + (m-\bar{m})\cos\theta]^2 \quad (7)$$

$$a = \left(\frac{4}{\pi}\right)^{1/4} \left[\frac{(I'_{\max})^3}{I'_{\min}} \right]^{1/8}, b = \left(\frac{4}{\pi}\right)^{1/4} \left[\frac{(I'_{\min})^3}{I'_{\max}} \right]^{1/8} \quad (8)$$

또한, 사람 얼굴의 비는 보통 1:4~1:6의 비율을 가지므로 최대 a:b의 비율이 1:2, $|\theta| > 45^\circ$ 인 영역만을 후보 영역으로 선정하였다.

3. 얼굴 영역 추출 단계

얼굴 영역은 후보 영역에 수평 Sobel 에지 연산자를 적용한 후 얻어진 히스토그램 분석을 통해 얼굴 요소들의 위치를 추출하고 이들의 상대적인 거리를 통해 최종 얼굴 영역을 추출하였다.

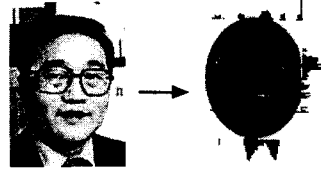


그림 3. 후보 영역 에지 히스토그램
Fig. 3. Candidate region edge histogram

그림 3은 에지 영상의 수평 투영을 나타내며 눈, 코, 입 영역의 위치에서 peak가 나타남을 알 수 있으며, 본 논문에서는 눈과 입의 관계를 이용하였다.

3.1 눈 영역 추출

눈은 얼굴 요소들 중 가장 그 특징이 가장 잘 나타난다. 먼저, 검은 눈동자와 눈썹으로 인해 얼굴 상단에 보통 가장 높은 peak를 형성하며 수직 투영에서 두 개의 대칭되는 peak를 갖는다. 또한, 눈 영역의 히스토그램 분포는 다른 요소들에 비해 배경(안경, 모자 등)의 영향을 가장 많이 받으므로, 최소한 두 개 이상의 peak를 포함하는 영역을 선택하였다.

3.2 입 영역 추출

입은 얼굴 하단에서 비교적 높은 peak를 나타내며, 수직 투영시 단 하나의 넓은 peak를 그 특징으로 하는 뚜렷한 분포를 가지고 있지만 배경의 영향으로 여러 개의 peak를 나타내는 널 경우 가장 넓은 peak영역을 입 후보 영역으로 간주하였다.

3.3 얼굴 영역 판별

최종 얼굴 영역은 추출된 눈과 입 위치의 상대적인 거리의 비를 이용하였다. 거리의 비는 얼굴 모양 통계 자료[8]를 바탕으로 하였으며, 눈의 거리, 입의 크기, 눈과 입사이의 거리 전체 평균을 사용하였다.

(단위 : mm)

- 눈의 거리:입의 크기 = 66.38:45.71 = 1.45:1
- 눈의 거리:눈과 입의 거리 = 66.38:67.28 = 1:1.01
- 눈 위치 \approx 입의 중심위치 + $\frac{1}{2}$ 입크기*1.45

III. 실험결과

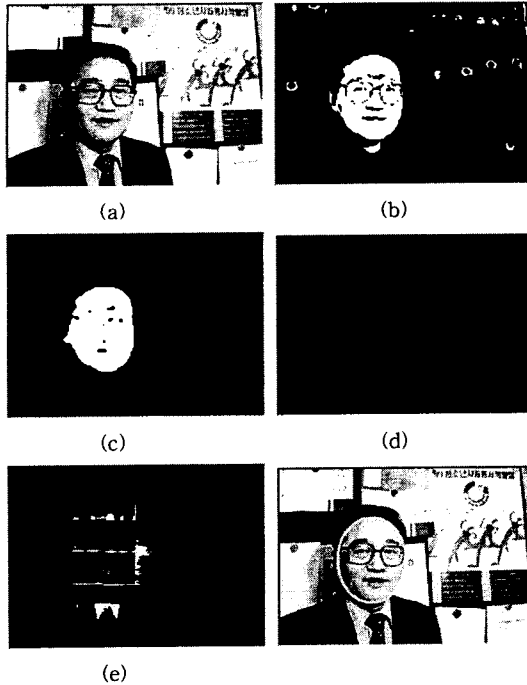


그림 4. (a) 입력 영상, (b) Skin-tone영상, (c) 영역분할, (d) Best-fit ellipse, (e) 에지 히스토그램, (f) 최종 얼굴

Fig. 4. (a) Input image, (b) Skin-tone image, (c) Region segmentation, (d) Best-fit ellipse, (e) Edge histogram, (f) Final face image

표 2. 실험 결과
Table 2. Experiment result

| Skin | 개수 | 성공 | 실패 |
|--------|-----|-----------|----------|
| Light | 50 | 46 92(%) | 4 8(%) |
| Medium | 80 | 74 93(%) | 6 7(%) |
| Dark | 20 | 12 60(%) | 8 40(%) |
| 계 | 150 | 132 88(%) | 18 12(%) |

표 3. 실패 원인
Table 3. Source of failure

| 원인 | 개수 | (%) |
|------------|----|------|
| 배경 | 8 | 44.4 |
| 얼굴 중복 | 5 | 27.8 |
| 기타(조명, 형태) | 5 | 27.8 |

표 2와 3은 실험결과를 나타내고 있다. Dark skin의 경우 피부색의 상당한 오차로 인해 가장 많은 검출 실패가 나타났으며, 전체 실패 원인 중 배경으로 인한 실패율이 가장 높았다.

IV. 결론

본 논문에서는 얼굴의 skin-tone과 타원 형태의 특징을 바탕으로 특별한 제약이 없는 일반영상에서 얼굴 영역을 검출하기 위한 효율적인 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 복잡한 배경에서 효과적으로 얼굴 영역을 분리하고 조명의 영향 등에 강건한 YCrCb 색상계를 이용하여 표본 영상에서 skin-tone을 생성하였다. 또한, 얼굴의 타원적인 특징 형태를 이용하기 위해 Best-fit ellipse 알고리즘을 적용하여 얼굴의 크기 및 기울기 변화 등에 강건한 얼굴 영역 자동 추출 기법을 구현하였다. 그러나, 얼굴의 수평 및 수직 히스토그램 분포는 영상에 따라 특징점을 찾기가 매우 힘든 경우도 있으므로 신경망 등을 추가 적용할 경우 보다 효과적인 얼굴 영역 추출이 가능할 것이다. 또한, skin-tone에 사용된 YCrCb 색상계는 MPEG[7]과 같은 동영상 압축에 사용되는 만큼 동영상에서의 얼굴 영역 분리와의 응용과 내용기반 검색에의 응용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] B. S. Manjunath, R. Chellappa and C. von der Malsburg, "A feature based approach to face recognition", Proc. CVPR, pp. 373-378, 1992
- [2] A. L. Yullie, D. S. Cohen and P. W. Hallinan, "Features extraction from faces using deformable templates", Proc. CVPR, pp. 104-109, 1989
- [3] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: features versus templates", IEEE Tr. on PAMI, Vol. 15, pp. 1042-1052, 1993
- [4] M. Kirby and L. Sirovich, "Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces", IEEE Tr. on PAMI, pp. 103-108, 1990
- [5] E. Saber, A. M. Tekalp, "Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color, Shape and Symmetry-Based Cost Functions", IEEE Proc. ICPR, 1996
- [6] C. H. Lee, J. S. Kim, K. H. Park, "Automatic Human Face Location in a Complex Background Using Motion and Color Information", Pattern Recognition, Vol. 29, pp. 1877-1889, 1996
- [7] H. Wang, S. Chang, "A Highly Efficient System for Automatic Face Region Detection in MPEG Video", IEEE Tr. TCSVT, Vol. 7, 1997
- [8] 유태웅, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", 정보과학회논문지, Vol. 24, pp. 180-192, 1997
- [9] 이진우, 성효경, 김성완, 최홍문, "폐쇄회로 카메라를 이용한 신분 확인용 실물 얼굴인식시스템의 설계", 전자공학회논문지, Vol. 35, pp. 50-58, 1998