

색 정보와 기하학적 위치관계를 이용한 얼굴 특징점 검출

정 상 현, 문 인 혁

연세대학교 보건과학대학 의공학과, 의공학 연구소,
첨단의료기기 기술혁신 센터, 의용계측 및 재활공학 연구센터
전화 : 033-760-2859 / 핸드폰 : 017-214-7199

Detection of Facial Features Using Color and Facial Geometry

Sanghyun Jung, Inhyuk Moon
Dept. of Biomedical Engineering, Yonsei University
E-mail : plxer@robot.yonsei.ac.kr

Abstract

Facial features are often used for human computer interface(HCI). This paper proposes a method to detect facial features using color and facial geometry information. Face region is first extracted by using color information, and then the pupils are detected by applying a separability filter and facial geometry constraints. Mouth is also extracted from Cr(coded red) component. Experimental results shows that the proposed detection method is robust to a wide range of facial variation in position, scale, color and gaze.

I. 서론

얼굴은 사람에 대해서 많은 정보를 갖고 있다. 이러한 얼굴의 정보를 이용하면 사용자의 편의를 제공하는 다양한 인터페이스 시스템을 만들 수 있다. 최근에는 얼굴 인식을 통한 신원확인 시스템[1]이나 얼굴 정보를 이용하여 원격지의 이동로봇을 제어하는 휴먼-컴퓨터 인터랙션(human-computer interaction, HCI)[2]에 관한 연구가 있었다. 특히 이러한 HCI를 사지를 사용하지 못하는 장애자나 거동이 불편한 노약자들에게 적용하여 그 유용함을 보인 연구가 제안되었다[3].

얼굴 정보 기반의 HCI는 CCD카메라로 얼굴 영상을 입력하고, 입력된 영상으로부터 눈, 눈썹, 콧구멍, 입 등의 얼굴 특징점을 검출한다. Feraud et al.[4]은 뉴럴 네트워크를 이용하여 얼굴 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다. 하지만 복잡한 배경이나 빛의 상태가 변

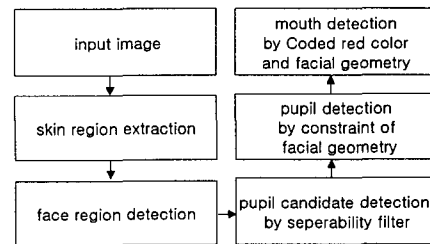


그림 1. 얼굴 특징점 검출 과정

하게 되면 얼굴 특징점 검출이 어려운 단점이 있었다. Maio et al.[5]은 facial templates를 이용하여 얼굴 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 정면을 보고 있는 얼굴에 대해서는 유용하였지만, 시선이 좌·우를 주시하고 있는 영상에는 적용할수 없다는 문제점이 있었다.

본 연구에서는 얼굴 특징점을 이용한 HCI를 구성하기 위한 기반 연구로서 얼굴 특징점 중 양 눈동자와 입술의 위치를 검출하는 방법을 제안한다. 색 정보와 얼굴 특징점의 수를 이용하여 복잡한 배경에서도 얼굴 영역을 검출을 하고, 검출된 얼굴 영역 내에서 색 정보와 기하학적 위치관계를 이용하여 양 눈동자와 입술의 위치를 검출한다(그림 1 참조).

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 얼굴 영역 검출 방법을 설명한다. III장에서는 분리도 필터[6]를 본 연구에 적용할수 있는 형태로 제안하고, 눈동자 후보를 검출한다. 또한 기하학적 위치관계를 고려하여 양 눈동자를 검출하는 방법을 제안한다. IV장에서는 색 정보와 양 눈동자와의 위치를 고려하여 입을 검출하는 방법을 기술하고, V장에서는 다양한 영상에 본

연구에서 제안한 방법을 적용한 결과를 보인다. 마지막으로 VI장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 얼굴 영역 검출

2.1. 색정보를 이용한 피부색 영역 검출

피부색을 검출하기 위해서는 먼저 입력된 RGB칼라 영상을 식 (1)을 이용하여 휘도성분이 분리된 YCbCr의 색좌표계로 변환하여 실험을 통해서 피부색의 문턱치(threshold value)를 통계적 방법으로 정한다.

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

여기서 Y는 휘도성분을, Cb와 Cr은 각각 파란색과 붉은색이 강조된 색정보를 나타낸다. YCbCr로 변경된 피부색은 Y값이 변화하더라도 Cb, Cr값은 크게 변화하지 않는다[7]. 따라서 피부색 임계치는 피부색 샘플로부터 Cb, Cr의 평균(μ_{Cb} , μ_{Cr})과 표준편차(σ_{Cb} , σ_{Cr})를 구하고, 피부색의 분포가 가우시안 분포를 갖는다고 가정하여 평균을 중심으로부터 $\pm 3\sigma$ 영역으로 정한다.

피부색을 가진 픽셀을 검출 후 영상잡음을 제거한다. 피부색 픽셀의 유무는 이진화 영상으로 표현할 수 있기 때문에 수축 및 확장의 모폴로지(morphology) 기법을 이용하여 고립된 잡음(salt-and-pepper noise)을 제거한다. 고립점이 제거된 영상에서 라벨링 기법을 사용하여 피부색을 이루는 영역의 크기를 조사하고, 군집된 영역들의 크기가 문턱치 이하일 때는 얼굴 후보에서 제외한다.

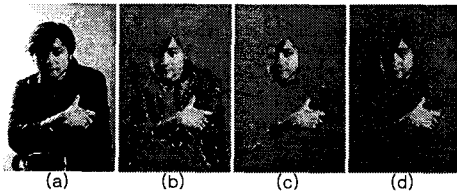


그림 2. 얼굴 후보영역의 검출

그림 2(a)는 입력된 칼라영상이고, 그림 2(b)는 피부색 문턱치내의 픽셀들을 나타낸다. 그림 2(c)는 모폴로지 기법에 의해 고립점이 제거된 영상을 나타내며, 그림 2(d)는 라벨링을 통해서 크기가 작은 영역을 제거하여 얻어진 얼굴 후보영역을 나타낸 결과이다.

2.2. 얼굴 특징점 검출 및 얼굴영역 판단

얼굴 후보 영역내의 눈, 눈썹, 콧구멍, 입과 같은 일

굴 특징점은 피부색에 비해 휘도치가 낮다는 특성을 이용하여 얼굴 특징점을 검출한다. 얼굴 후보영역 내의 픽셀들의 휘도값이 임계값(Y_{thres})이하인 경우를 얼굴 특징점의 특성을 갖는 픽셀로 간주하고, Y_{thres} 는 식 (2)에 의해서 얻을 수 있다.

$$Y_{thres} = 0.4 \times Y_{mean} \quad (2)$$

여기서 Y_{mean} 값은 얼굴 후보영역을 나타내는 픽셀들의 평균 휘도값이며, 실험적으로 이 값의 40%에 해당하는 값을 임계값으로 정하였다. 얼굴 특징점을 나타내는 픽셀들을 검출한 후 라벨링 기법으로 연결성 있는 픽셀들을 묶는다. 묶여진 한 군집은 얼굴 특징점 중 하나와 대응되며 이 개수가 5개 이상인 얼굴 후보영역을 얼굴영역으로 판단한다.

III. 눈동자 검출

3.1 분리도 필터를 이용한 눈동자 후보 검출

분리도는 영상을 두 영역으로 나누었을 때 그 두 영역간의 휘도치 분포의 상관 관계를 수치로서 나타낸 척도이다. 분리도는 0에서 1의 값을 갖게 되며 1에 가까울수록 두 영역의 휘도치 분포의 차이가 크다는 것을 나타낸다. Fukui[6]는 분리도 값을 이용한 분리도 필터를 제안하여 얼굴 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 눈동자 검출에 적합하게 분리도 필터를 개선하여 적용하였다.

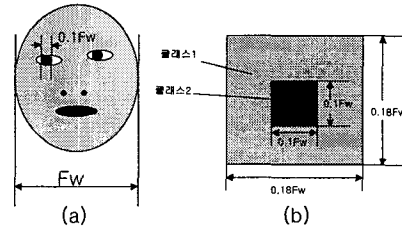


그림 3. 분리도 필터의 템플릿

그림 3(a)는 분리도 필터 템플릿의 크기를 결정하기 위해 구성한 얼굴 모델이며, 그림 3(b)는 얼굴 폭의 크기(F_w)에 따라 변화하도록 개선된 분리도 필터의 템플릿을 나타낸다. 개선된 분리도 필터는 눈동자가 검은 반면(클래스 2)에 눈동자 주위는 흰색(클래스 1)으로 되어있기 때문에 얼굴 특징점들 중 개선된 분리도 필터 템플릿을 적용할 경우 눈동자와 비슷한 모양과 휘도를 갖는 영역의 분리도 값이 크게 나타나 눈동자 후보를 검출할 수 있다.

분리도 필터 템플릿내의 두영역 클래스 1과, 클래스 2간의 영역간 휘도치의 분산 σ_b^2 와 템플릿 전체의 휘도치 분산 σ_T^2 은 각각 식 (3)과 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_b^2 = n_1(\overline{P_1} - \overline{P_m})^2 + n_2(\overline{P_2} - \overline{P_m})^2 \quad (3)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N (P_i - \overline{P_m})^2 \quad (4)$$

여기서 n_1 과 n_2 는 각 클래스내의 픽셀수이고, $\overline{P_1}$, $\overline{P_2}$, $\overline{P_m}$ 은 각각 클래스 1과 2, 그리고 템플릿 전체의 휘도치 평균을 나타낸다. P_i 는 각 픽셀의 휘도치이고, N 은 템플릿 전체내의 픽셀수이다. 각 클래스의 평균 휘도치의 차가 크고 전체 템플릿의 휘도치 분산이 작으면 두 클래스는 분리되어 있는 정도가 크다. 이 관계를 나타내면 식 (5)와 같고, η 가 분리도이다.

$$\eta = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_T^2} \quad (5)$$

분리도는 검은색, 흰색과 같이 두 클래스의 휘도치가 완전히 분리되었을 때 $\eta=1$ 이다. 식 (5)에서 분모가 0이 되면 계산이 되지 않기 때문에 식 (4)에서 구한 전체의 분산치가 임계치 이하의 값이 될 때에는 분리도 $\eta=0$ 로 한다.

그림 4는 분리도 필터를 영상에 적용하여 눈동자 후보를 검출한 결과를 나타낸 것으로 그림 4(a)는 검출된 얼굴 영역을, 그림 4(b)는 검출된 얼굴 특징점을 나타낸다. 그림 4(c)는 얼굴 특징점에 분리도 필터를 적용한 결과이다. 여기서 밝은 부분일수록 분리도 값이 큰 영역이 된다. 그림 4(d)는 설정치 이상의 분리도 값을 가진 픽셀들만을 나타내었고, 이것이 눈동자의 후보들이다.

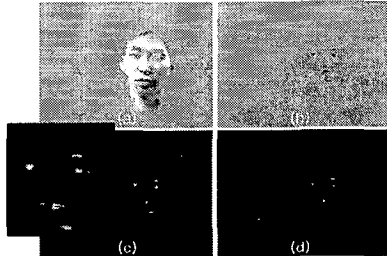


그림 4. 눈동자 후보 검출 결과

각도(α)를 구할 수 있다.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (6)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (7)$$

고개가 옆으로 급격히 기울어져 있지 않다는 가정하고, 각 쌍의 거리와 각도가 식 (8)을 만족하면 눈동자 쌍의 후보로 선택한다.

$$\frac{1}{5} F_w \leq d \leq \frac{4}{5} F_w$$

$$-\frac{\pi}{5} \leq \alpha \leq +\frac{\pi}{5} \quad (8)$$

여기서 F_w 는 검출된 얼굴의 폭이다.

그림 5는 눈동자 검출과정은 나타낸다. 그림 5(a)는 검출된 얼굴영역내의 얼굴 특징점을 나타내고, 그림 5(b)는 분리도 필터를 적용하여 얻은 분리도 결과이다. 그림 5(c)는 임계값 이상의 분리도를 가진 영역을 눈동자 후보로 선택한 결과이다.

그림 5(c)에서 (1, 4), (1, 5), (2, 4), (2, 5)의 네 가지 쌍이 식 (8)의 조건을 만족한다. 검출된 눈동자 후보 중에는 눈썹이 포함될 수 있으므로 이 네 쌍 중에 y_1 과 y_2 의 평균이 가장 낮은 (2, 5)번 쌍을 눈동자로 검출한다. 그림 5(d)는 눈동자의 위치를 검출한 결과이다.

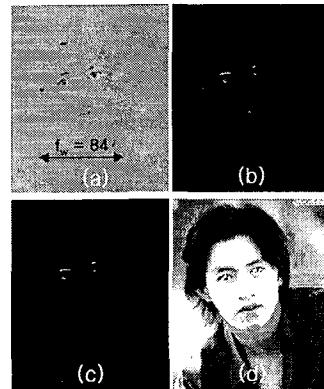


그림 5. 눈동자 검출 결과

3.2 기하학적 위치관계를 고려한 눈동자 검출

검출된 눈동자 후보들로부터 위치관계를 고려하여 눈동자를 검출하기 위해서는 각각의 눈동자 후보의 중심을 구하여 눈동자 후보의 대표점으로 하고, 대표점들의 상호위치 관계를 계산한다. 일반적으로 눈동자는 2개이므로 대표점들의 개수가 n 개이면 nC_2 개의 가능한 대표점들간의 쌍이 존재한다. 각각의 쌍에 대해서 한점을 (x_1, y_1) 다른 한점을 (x_2, y_2) 라 하면 식 (6), (7)에 의해서 쌍을 이룬 두 대표점간의 거리(d)와

IV. 입 검출

입을 검출하기 위해서는 검출된 얼굴 내에서 다른 피부들보다 입술이 더 붉은 색을 지니고 있으며, 또한 입술의 위치가 검출된 양 눈동자를 이은 선에 대한 법선 근처에 위치한다는 것을 이용한다. 먼저 붉은 색을 뽑기 위해 식 (1)에 의해 계산된 Cr 값으로부터, 붉은 색을 강조하기 위해서 Cr^2 을 구한다. 이 색정보로부터 입에 해당하는 픽셀을 추출하고, 확장기법을 이용해서 영역확시킨다. 그리고 III에서 얻어진 눈동자 간 연결

선의 법선방향에 가장 근접한 영역의 중심을 입의 중심으로 판단한다.

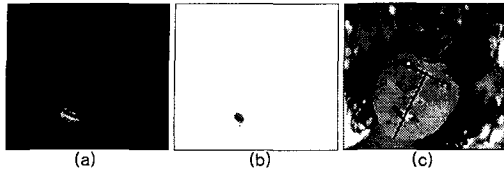


그림 6. 입 검출 결과

그림 6(a)는 입력된 RGB칼라 영상에서 변경된 Cr값을 제공하여 최대값이 255가 되도록 정규화(normalization)한 결과이며, 그림 6(b)는 Cr²값이 임계값 이상인 입 후보 영역을 나타낸다. 그림 6(c)는 검출된 눈동자의 연결선과 그 법선을 나타내며, 법선 방향에서 가장 가까운 입 후보영역을 얻은 결과를 나타낸다.

IV. 실험 및 결과

본 연구에서 제안한 방법을 CCD카메라를 이용하여 입력받은 영상과 인터넷을 통해 얻어진 얼굴이 있는 다양한 영상에 적용하였다.

그림 7은 실험실에서 CCD카메라를 이용하여 입력된 영상에 제안된 방법을 적용시킨 결과이다. 영상은 320×240의 크기이며 복잡한 배경을 갖고 있다.



그림 7. 실험실 환경에서의 얼굴 특징점 검출 결과

그림 8은 인터넷을 이용해서 얻은 다양한 영상에 제안 방법을 적용시킨 결과이다. 그림 8(a)와 그림 8(b)는 얼굴이 기울어진 경우이며, 그림 8(c)는 시선이 위를 향한 경우이고, 그림 8(d)는 시선이 좌를 향하고 있는 경우이다. 영상 처리 결과로부터 제안된 방법은 얼굴의 방향에 크게 영향을 받지 않으며, 그림 8(a)와 그림 8(d)와 같이 배경이 얼굴색과 유사한 경우에도 얼굴특징점 검출에 유용함을 보인다.

IV. 결론

본 논문에서는 색 정보와 기하학적 위치관계를 이용하여 얼굴 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 다양한 영상에 적용하여 유용함을 보였다. 320×240 영상크기에 대해 0.17초의 처리 속도를 갖기 때문에, 동영상으로 처리함에 있어서도 효과적임을 알 수 있었다.



그림 8. 다양한 영상에서의 얼굴 특징점 검출결과

현재는 얼굴 특징점만을 검출하지만, 향후 특징점의 정보로부터 시선을 인식하도록 한다면, 장애인이나 노약자들의 HCI를 위한 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 이선화, 차의영, "신원확인을 위한 얼굴 영역 탐지 및 얼굴 구성 요소 추출", 한국정보과학회, 추계 학술 발표 논문집, 2001.
- [2] T. Sawaragi, T. shiose and G. Akashi, "Foundations for designing an ecological interface for mobile robot teleoperation", Robotics and Autonomous Systems, vol. 31, pp. 193-207, 1999.
- [3] 정상현, 문인혁, 윤형로, "얼굴주시방향 제스처 기반 휴먼-컴퓨터 인터랙션을 이용한 장애인용 복지 시스템", 제25회 대한의용생체공학회 추계학술대회, 2001
- [4] R. Feraud et al., "A Fast and Accurate Face Detection Based on Neural Network", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 1, pp. 42-53, 2001.
- [5] D. Maio and D. Maltoni, "Real-time Face Location on Gray-scale Static Images," Pattern Recognition, vol. 33, no. 9, pp. 1525-1539, 2000.
- [6] K. Fukui and O. Yamaguchi, "Facial Feature Point Extraction Method Based on Combination of Shape Extraction and Pattern Matching", 日本電子情報通信學會論文誌, vol. j80-D-II, no.8, pp. 2170-2177, 1997.
- [7] M. Park, C.W. Park and W.H. Kim, "Skin Color Extraction in Varying Backgrounds and Illumination Conditions", ICCAS2001, 2001