

입술의 기울기특징과 눈과의 위상관계를 이용한 얼굴확인기법

김민석, 한현수

승실대학교 전자공학과

전화 : 02-821-2050 / 핸드폰 : 011-646-9971

Face Identification Using Topological Relationship between Lips' Axes and Eyes

Minseok Kim, Hernsoo Hahn

Dept. of Electronic Engineering, Soongsil University

E-mail : mskim@visionlab.ssu.ac.kr

Abstract

This paper proposes a face identification algorithm, robust on lighting condition and complex background. The proposed method estimates facial area under bad light condition by expanding face color boundaries and then finds a lip using the templates for lips. Then the eyes are found using their topological relationship with the long and short axes of lip area. The experimental results have shown that the proposed algorithm is robust on lighting conditions and complex background.

는 조명으로 인한 그림자로 인해 입술의 형태를 추출하기가 어렵다는 문제점을 가진다.

이와 같이 조명문제는 어느 방법을 사용하든지 발생하는 문제로 이를 해결하는 방안이 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 논문에서는 복잡한 배경에서 얼굴을 정확하게 분리해내는 기법과 밝은 빛을 등지고 있는 역광상태에서 조명 보상을 위한 스킨영역확장 기법의 전처리를 수행하여 얼굴의 위치를 추정한 후, 얼굴의 특정정보인 입술을 찾아내고 입술의 위치와 기울기 정보를 이용하여 눈의 양쪽 눈을 찾아내 얼굴임을 확인하는 알고리즘을 제안한다.

제안된 방법의 조명문제에 대한 강인성은 다양한 조명조건 하에서 실험한 결과를 통해 입증한다.

I. 서론

생체인식 및 보안시스템에서 사람을 인식하기 위해 홍채, 얼굴 등의 여러 가지 신체정보를 이용하는 방법들이 많이 연구되고 있다. 특히 신체 부위를 검사 장비에 닿아야 하는 불편함이 없는 얼굴인식에 많은 연구가 이루어지고 있다.

가장 보편적으로 사용되는 색상정보를 이용한 입술 검출기법[1]은 입술이 항상 정해진 색상을 유지할 때만 검출이 가능하다. 립스틱을 바른 경우나 입술색상이 보통사람과 다른 경우에는 기본적으로 입술의 검출이 불가능하며 조명에 따라 색상이 변하는 경우에도 적용이 어렵다. 색상에 의존하는 방법의 문제를 해결하기 위해 사용하는 윤곽선을 이용한 검출기법[2]이나 템플릿 매칭[2] 기법은 얼굴이나 입술 부근에 발생하

II. 얼굴후보영역 검출

본 논문에서는 입력영상에 포함된 얼굴이 아래와 같은 조건을 만족한다고 가정한다.

- 얼굴 수직 회전각이 $-30^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 이어야 한다.
- 얼굴 기울어짐이 $-40^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 이어야 한다.
- 얼굴의 크기가 100×120 화소이상이어야 한다.
- 눈동자가 보이는 눈을 가져야 한다.

본 논문에서는 스킨칼라를 기반으로 하여 얼굴 후보영역을 구하고 있다. 입력영상의 RGB Color Space를 YIQ Color Space로 바꾼 다음 I와 Q값이 식 (1)과 같은 범위에 있는 색상을 스킨칼라의 영역이라고 판단한다.

$$113 < I < 149, -9 < Q < 11 \quad (1)$$

2.1 조명보상을 위한 스킨영역 확장 기법

태양 빛을 바로 받는 직광 상태나, 형광등이나 태양을 등지고 있는 역광상태에서는 스킨 칼라 영역이 정해진 범위를 벗어나 더 높거나 낮은 영역에 분포한다. 이 경우 얼굴영역이 식 (1)의 영역을 벗어나서 얼굴로 판단되지 않는다. 그런 경우는 앞에서 가정한 얼굴영역이 만족해야하는 조건을 벗어난다. 이와 같은 경우, 얼굴의 판단기준이 되는 스킨칼라의 범위를 확장하여 얼굴영역을 찾는 방법을 사용한다.

스킨칼라의 범위확장은 영상에서 검출된 스킨영역의 I값과 Q값의 평균을 구하여 I_{skin} 과 Q_{skin} 으로 정의하고 얼굴영역의 크기가 앞에서 가정한 범위에 들어 올 때까지 스킨영역의 범위를 식 (2)와 같이 자동적으로 변경하면서 얼굴영역을 검출한다. 그림 1의 (b)는 그림 1(a) 영상을 기반으로 한번만 확장하여 검출한 얼굴영역을 보여주고 있다.

$$\begin{aligned} I_{skin} - 10 < I_{skin} < I_{skin} + 10, \\ Q_{skin} - 10 < Q_{skin} < Q_{skin} + 10 \end{aligned} \quad (2)$$



(a) 확장 전 영상 (b) 확장 후 영상

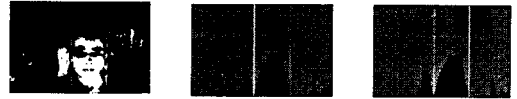
그림 1. 스킨영역 확장 결과

2.2 복잡한 배경에서의 얼굴영역 검출

복잡한 배경에서 정확한 얼굴영역을 검출하기 위해 X Profile 분석 방법을 사용하고 있다. 식 (3)의 X Profile의 특징은 얼굴의 중앙부분에서 가장 높은 값을 가지고 얼굴의 양쪽 끝에서는 급격히 감소하는 것이다. 그러나 복잡한 배경에는 얼굴색상이 포함되는 경우가 대부분이며 X Profile에서 잡음으로 나타나게 되며 얼굴영역의 경계선을 구분하기 어렵게 만든다. 예를 들어 그림 2(a)의 경우는 배경에 포함된 얼굴색상으로 인해 그림 2(b)와 같은 X profile을 만들어내므로 얼굴영역을 정확히 구분해내기가 어렵게 된다. 이러한 경우, X profile에서 얼굴영역의 경계선을 용이하게 찾기 위해 저주파통과필터를 사용한다. 저주파통과필터를 사용한 후의 X profile은 그림 2(c)와 같이 경계선 부분이 비교적 명확하게 나타나며 얼굴영역 내에서 발생할 수 있는 끊김 현상도 해결할 수 있다.

$$X(i) = \sum_{j=0}^M f(i, j) \quad (3)$$

이와 같은 방법으로 찾아낸 얼굴영역을 그림 2(a)에서 사각형으로 구분하여 보여주고 있다.



(a) 스킨영상 (b) Lowpass전 (c) Lowpass후

그림 2. X Profile

III. 입술 특징정보 추출

3.1 입술 영역 추출

얼굴영역이 얻어지면 입술이 있을 것으로 추정되는 입술검사영역(LSW: Lip Search Window)을 결정한다. LSW는 입술이 얼굴에서 차지하는 위상학적 특징을 이용하여 예측되는 것으로, 2절에서 제시한 얼굴영역의 특징을 만족하는 영상들을 통계학적으로 분석하여 99%이상의 영상에서 입술이 존재하는 영역을 그림 3과 같이 정의한다. 얼굴영역전체 대신에 LSW만을 검색하면 상당한 시간을 절약할 수 있게 된다.

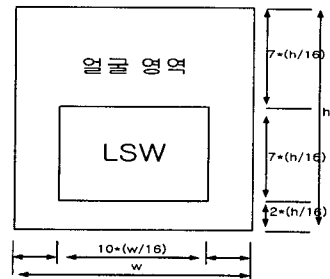


그림 3. LSW 영역

LSW영역이 결정되면 LSW영역을 thresholding 하여 입술영역을 찾아낸다. 윗입술과 아랫입술의 중앙라인은 얼굴색상보다 밝기가 어둡다는 특징을 갖는다. 이 특징은 영상을 반전시킨 경우에 찾기가 용이하므로 LSW를 반전시키고 threshold 값을 250에서 70까지 한 단계씩 낮추어 LSW영역을 thresholding 하면서 입술영역인 입술의 중앙라인을 구할 수 있는 정확한 threshold 값을 찾아낸다. Threshold 범위를 250과 70 사이로 정하여 입술의 feature를 찾고 있는데 그 외 부분은 입술이 가질 수 없는 너무 밝거나 어두운 밝기 값이기 때문이다.

그림 4는 LSW영역을 thresholding 하면서 구해진

feature중에 가장 긴 축을 가지는 입술 feature의 변화를 나타내는 그래프이다. 노란색 라인은 입술 feature의 픽셀 수를 나타내고 있다. 입술의 feature가 600개 이상의 픽셀을 가질 경우에는 over line을 설정한다. over line을 넘어가면 입술의 feature가 입술이 아닌 다른 feature와 붙은 경우이므로 over line 전에서만 입술의 feature를 찾고 있다. 파란색 라인은 입술의 장축에 길이의 변화를 나타내며 이 변화가 가장 작은 부분 즉, 빨간색 라인인 입술의 장축의 누적이 가장 큰 부분에서 threshold 값을 정하고 있다. 그림 5의 (b)에서 입술 장축의 변화 분석을 이용하여 구한 threshold 값으로 thresholding 한 결과를 보여주고 있다.

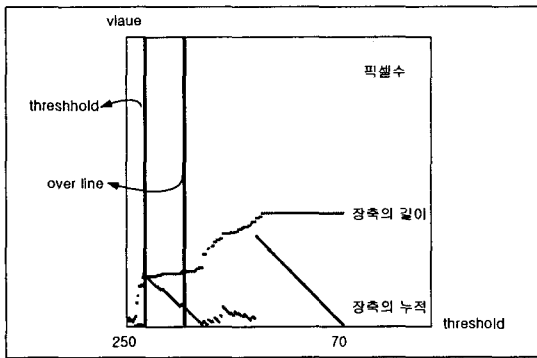


그림 4. 입술 장축의 변화 그래프

입술을 벌려 이가 보이는 경우 이 부분에 Intensity가 입을 다문 상태의 입술의 중앙라인의 Intensity보다 높기 때문에 입술의 feature를 구해내기가 어렵다. 스킨 영역과 입술의 색상을 분석해 본 결과 Red성분과 Blue성분의 Intensity가 최소 20이상 차이가 난다. 반면에 이의 색상 성분은 스킨과 입술의 색상과 달리 Red와 Blue 성분이 비슷하게 나타난다. 이러한 특징을 이용하여 이 부분을 입술의 중앙라인에 포함시켜 입술의 feature를 구한다.

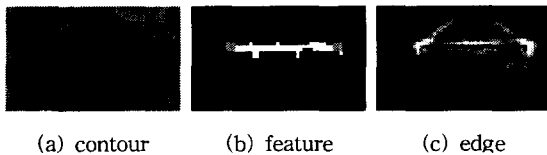


그림 5. 입술 검출

3.2 입술 확인 기법

입술을 확인하기 위해서 입술 feature의 양쪽 끝점을 구한다. 양쪽 끝점은 그림 5(b)의 feature 영상에서 양쪽 끝점들끼리 직선으로 연결하여 가장 에너지가 많은

직선의 양쪽 끝점을 입술의 양쪽 끝점이라고 정한다.

양쪽 끝점을 기준으로 그림 5(c)의 edge영상에서 그림 6(a)과 같이 타원을 입술 위아래로 확장시켜가면서 가장 에너지가 많은 타원을 정한다. 그림 5(a)는 가장 에너지를 많은 가지고 있는 타원을 그린 그림이다. 식 (4)는 타원을 확장시켜 입술의 윤곽선을 따내는 수식이다.

$$E_{lip}(b) = \max \{E_{upper}(b)\} + \max \{E_{lower}(b)\}$$

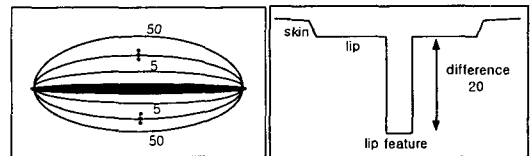
$$E_{upper}(b) = \sum_{i=x_s}^{x_e} S(i, K(i))$$

$$E_{lower}(b) = \sum_{i=x_s}^{x_e} S(i, -K(i))$$

$$K(i) = \sqrt{b^2 - \left(\frac{b \cdot i}{x_s - x_e}\right)^2} \quad (4)$$

x_s : 입술의 시작점 x좌표, x_e : 입술의 끝점 x좌표
 S : edge 영상, b : 타원의 높이

입술을 확인하는 기법으로 구해진 입술의 위아래 윤곽선 사이에 어두운 Intensity를 가진 입술의 중앙라인이 있는지를 검사한다. 입술 윤곽선의 밝기 값과 입술 중앙라인의 밝기 값은 최소 20 이상 차이가 난다. 그림 6(b)에서 이를 그림으로 보여주고 본 논문에서 이러한 영역을 valley region이라고 부른다. 구해진 입술 영역에서 valley region이 80% 이상이어야 입술이라고 판정 짓고 있다. 입가에서는 valley region이 존재하지 않을 수도 있으므로 80%라고 정의하고 있다.



(a) 타원 확장 (b) valley region

그림 6. 얼굴 확인

입술이 확인되면 식(5)에서 입술의 양쪽 끝점인 (x_s, x_e), (y_s, y_e)를 이용하여 얼굴의 기울어짐 정보를 구해낸다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_e - y_s}{x_e - x_s} \right) * \frac{180}{3.14} \quad (5)$$

IV. 얼굴 확인

4.1 양쪽 눈 영역 추출

입술의 특징 정보인 위치와 기울어짐 정보를 이용하여 그림 7과 같이 눈이 있을 곳이라 추정되는 눈 검사

영역(ESW: Eye Search Window)을 결정한다. 눈의 feature를 찾기 위해서 양쪽 ESW영역에서 ESW영역의 15%의 픽셀이 검출 될 때까지 threshold 값을 255에서부터 0까지 낮춰간다. 15%를 넘으면 눈과 눈썹의 feature가 붙는 경우가 생기고 15%가 안되면 눈썹 때문에 눈이 검출되지 않을 수가 있다.

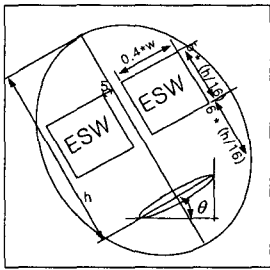


그림 7. ESW 영역

4.2 눈 확인 기법

ESW영역에 있는 feature들의 비율, 입술의 각도, 거리를 이용하여 한 쌍의 눈을 찾아 눈이 존재함을 확인한다. 눈의 feature는 눈동자를 찾고 있기 때문에 양쪽 눈의 가로세로 비율인 v_1 와 v_2 이 1에 가까워야 하고 양쪽 눈의 각은 입술의 각과 차이가 없어야 한다. 식 (6)을 이용하여 cost값이 가장 작은 한 쌍을 눈으로 판정 짓는다. 이때 양쪽 눈의 거리가 입술의 길이보다 커야하고 양쪽 눈의 각인 θ_{eye} 와 입술의 각인 θ_{lip} 의 차이가 10도를 벗어날 경우 눈으로 인정하지 않는다.

$$\begin{aligned}
 C(i) &= \min \{CS(i)\} \\
 CS(i) &= C_1(i) + C_2(i) + C_3(i) \\
 C_1(i) &= \sqrt{(r_l(i) - 1)^2} \\
 C_2(i) &= \sqrt{(r_r(i) - 1)^2} \\
 C_3(i) &= \sqrt{(\theta_{lip} - \theta_{eye})^2}
 \end{aligned} \tag{6}$$

V. 실험결과

본 논문에서는 가격이 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 칼라 USB 카메라를 사용하였다. 이는 좋지 않은 해상도에서도 정확한 얼굴확인이 가능함을 확인시켜주고, 가격이 저렴하기 때문에 여러 얼굴 확인 시스템에 적용될 수 있음을 보여준다.

실험영상은 40명이 각각 다른 표정으로 5장을 찍은 영상으로 구성되어 있다. DB1은 정상표정의 얼굴로만 구성되어 있고, DB2는 입을 벌린 얼굴, 입을 꼭 다문 얼굴, 찡그린 얼굴, 기울어진 얼굴로 구성되어 있다.

DB1은 정상적인 얼굴로만 구성되어 있기 때문에 높은 성공률을 보여주지만, DB2에서는 여러 다양한 표정의 얼굴이기 때문에 비교적 낮은 성공률을 보여준다. DB2에서 기울어진 얼굴은 대부분 얼굴로 잘 인식하였으나 입을 벌린 얼굴에 대해서는 오류가 많아서 입을 벌린 얼굴에 대해 더 많은 연구가 필요함을 알 수 있었다. 그림 8에서 실험 결과 영상을 보여준다.

	입력개수	오류	성공률
DB1	128	9	92.9 %
DB2	72	16	77.7 %

표 5. 실험 결과



(a) 정상 얼굴

(b) 기울어진 얼굴

그림 8. 실험결과

VI. 결론

본 논문은 복잡하거나 조명환경이 열악한 배경에서 입술의 특징정보인 위치와 기울어짐 정보를 이용하여 눈이 있을만한 영역을 정의하고 그 영역에서 눈이 존재함을 확인하여 얼굴임을 확인하였다. 입 벌림 같은 다양한 표정의 얼굴에서는 더 많은 연구가 필요함을 보여주지만, 얼굴 회전이나 얼굴 기울어짐에 대해서는 안정적인 얼굴 확인 성능을 보여주었다. 이를 통해 제안한 방법이 실제 얼굴확인 시스템에 적용될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] Hong Liu, Wen Gao, Jun Miao, Debin Zhao, Gang Deng, Jintao Li, "Illumination compensation and feedback of illumination feature in face detection," Info-tech and Info-net, Vol. 3, pp. 444-449, 2001.
 [2] Kap-Ho Seo, Won Kim, Changmok Oh and Ju-Jang Lee, "Face detection and facial feature extraction using color snake," Industrial Electronics, 2002, ISIE 2002. Vol. 2, pp. 457-462, 2002.
 [3] Wen-Nung Lie; Hung-Chih Hsieh, "Lips detection by morphological image processing," Signal Processing Proceedings, 1998. ICSP '98. Vol. 2, pp. 1084-1087, 1998.
 [4] Rizon, M.; Kawaguchi, T.; "Automatic eye detection using intensity and edge information," TENCON Proceedings, Vol. 2, pp. 415-420, 2000