

## 얼굴 기하에 기반한 얼굴 검출 알고리즘

류 세 진, 은 승 업

한국항공대학교 컴퓨터 공학과

전화 : 02-300-0146(교환:86) / 핸드폰 : 011-9895-3510

### Face Detction Using Face Geometry

Se-Jin Ryu, Syng yup Ohn

Dept. of Computer Engineering, Hankuk Avivation University

E-mail : ryusj92@hanmail.net

#### Abstract

This paper presents a fast algorithm for face detection from color images on internet. We use Mahalanobis distance between standard skin color and actual pixel color on IQ color space to segment skin color regions. The skin color regions are the candidate face region. Further, the locations of eyes and mouth regions are found by computing average pixel values on horizontal and vertical pixel lines. The geometry of mouth and eye locations is compared to the standard face geometry to eliminate false face regions. Our Method is simple and fast so that it can be applied to face search engine for internet.

#### I. 서론

컴퓨터와 멀티미디어의 급격한 발달로 다양한 영상 정보의 분석과 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 얼굴 검출 기술은 얼굴 영상 정보를 이용하는 화상 회의에서의 얼굴 추적 시스템, 신원 확인 및 범죄자 색출을 위한 얼굴인식 시스템, 출입 통제 시스템등에서 얼굴 영역을 분리하기 위한 전처리로 활용된다. 사람의 얼굴은 사람마다 자신만의 고유한 특징을 가지고 있으면서도 공통적인 특성을 가진다. 공통적인 특성을

이용한 얼굴 영역 추출 기법은 얼굴의 모양, 크기, 색상, 방향, 헤어스타일의 차이와 복잡한 배경과 조명효과 등의 영향으로 해결하여야 할 문제점들이 많이 있다. 기존의 얼굴검출 방법은 신경망을 이용한 방법 [1]과 템플릿 매칭을 이용한 방법 [2], 피부색 정보와 눈의 위치를 이용한 방법 [3]등 다양한 방법으로 접근하고 있다.

본 논문에서는 인터넷 영상 자료에 포함된 얼굴 검색의 전처리 단계에 활용하기 위한 빠르고 효율적인 얼굴 검출 방법을 제안한다. 먼저 원 영상의 컬러 포맷을 YIQ 컬러 포맷으로 변환한 다음 색상을 나타내는 IQ 성분 영상에서 표준 피부색 모델과의 Mahalanobis distance를 계산하여 피부 색 화소를 추출하고 피부 영역을 분리한다. 밝기를 나타내는 Y 성분 영상에서 추출된 영역의 수직·수평 선상에 위치한 화소들의 평균값을 이용하여 각 영역에서 눈과 입으로 추정되는 부분의 위치를 찾아내고, 눈과 입의 위치를 정점으로 하는 삼각형의 기하학적인 형상을 표준 모델과 비교하여 해당영역이 얼굴인지 판정한다.

#### II. 피부 영역에서 특징 검출

인터넷 상의 많은 이미지들에서 얼굴을 검출하여 검색을 하려면 고속의 처리 시간을 가져야 한다. 따라서, 최소한의 특징 추출로 효율적인 얼굴 검출을 하여 계산 시간을 줄일수 있어야 한다. 본 논문에서는 YIQ 컬러 포맷의 입력영상에서 색상 정보인 IQ 성분을 이용

하여 피부영역을 분리하고, 밝기 정보인 Y 성분을 이용하여 눈과 입의 후보 영역을 검출한 다음 눈과 입의 기하 표준 모델과 비교하여 얼굴을 검출한다.

### 2.1 피부색 모델을 사용한 피부 영역 분리

컬러의 RGB 모델은 영상의 밝기 변화에 민감하다는 단점이 있기 때문에 RGB 컬러 포맷의 입력 영상을 YIQ 컬러 포맷으로 변환하여 빛이나 조명의 영향을 덜 받는 색채 요소(I와 Q)와 피부색 분포도를 사용하여 피부 영역을 검출한다. 각 화소의 RGB값은 식 (1)에 의하여 YIQ 색공간으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

얼굴의 피부색 분포는 식 (2)의 정규분포로 모델링된다. 식 (2)에서 x는 각 화소의 YIQ 성분벡터, m은 YIQ의 평균값을 나타내는 벡터이고, C는 공분산 행렬이다. [4]에서 사용된 m과 C는 아래와 같으며

$$m = \begin{bmatrix} 122.169 \\ 24.209 \\ -3.719 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 437.664 & 35.712 & -15.672 \\ 35.712 & 16.757 & -2.228 \\ -15.672 & -2.228 & 4.791 \end{bmatrix}$$

피부색의 정규분포와 각 화소값 사이의 Mahalanobis distance는 식 (3)으로 정의된다.

$$P(x) = \frac{\|C^{-1}\|^{1/2}}{2\pi^{3/2}} \exp[-x(x-m)^T C^{-1}(x-m)/2] \quad (2)$$

$$D = (x_i - m)^T C^{-1}(x_i - m) \quad (3)$$

각 화소의 Mahalanobis distance가 임계값 이하이면 피부 화소로 규정하고 이 화소들의 집합인 피부 영역을 찾는다.



그림 3 원 영상

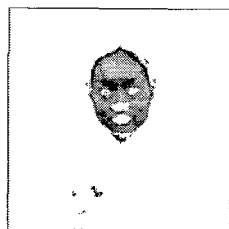


그림 4 피부 영역

(그림 1)의 입력 영상에서 검출된 피부 영역이 (그림

2)에 보여진다. 색정보를 이용하여 검출한 피부 영역에 대해서 식 (4)의 모폴로지 Opening & Closing 연산을 반복 수행하여 sal-and-pepper 잡음을 제거 한다.

$$\begin{aligned} X \oplus B &= \{p \in \varepsilon^2 : p = x + b, x \in X \text{ and } b \in B\} \\ X \ominus B &= \{p \in \varepsilon^2 : p + b \in X \text{ for every } b \in B\} \\ \cdot \text{Opening} : X \cdot B &= (X \ominus B) \oplus B \\ \cdot \text{Closing} : X \cdot B &= (X \oplus B) \ominus B \end{aligned} \quad (4)$$

(그림 3)에서 보여지는 것과 같이 잡음이 제거된 영상을 보면 눈과 코, 입 부분은 실제로는 얼굴 영역내에 포함되지만 Mahalanobis distance를 사용한 피부영역 검출에서는 포함되지 않는다. 본 논문에서는 (그림 4)와 같이 피부영역으로 둘러싸인 hole 부분은 피부영역에 포함시켜 얼굴의 특징을 찾는 영상으로 사용한다.

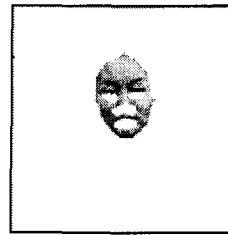


그림 5 잡음 제거

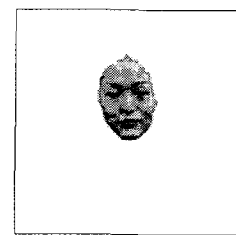


그림 6 Fill hole

### 2.2 Y 성분 영상으로부터 눈과 입의 좌표 추출

색상의 밝기 요소를 기준으로 볼때 얼굴의 전체적인 피부색의 밝기보다 눈과 입의 밝기 정도가 더어둡다는 점에 착안하여 눈과 입의 좌표를 추출한다. (그림 4)의 얼굴 영역에서 각 행에 위치한 화소들의 밝기를 나타내는 Y 성분 값의 평균을 구하고(그림 5), 미분 오퍼레이터를 적용하기 위해서 각 행의 평균값에 대하여 Smoothing을 위한 convolution을 적용한다. (그림 6)

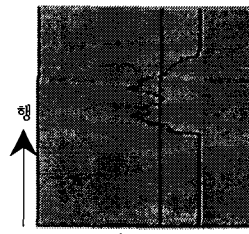
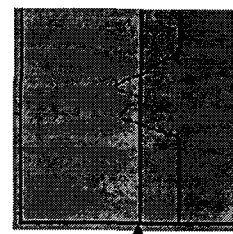


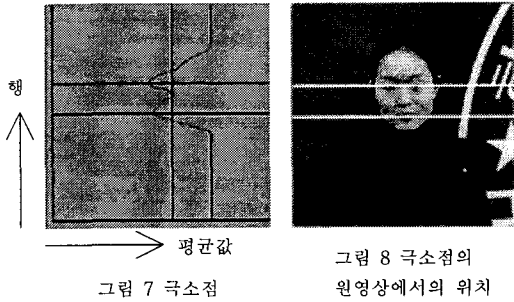
그림 5 화소 행의 평균



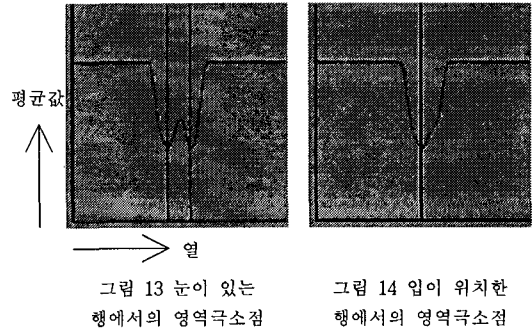
얼굴 영역 전체 평균값  
그림 6 Smoothing후

(그림 6)에서 나타나는 것과 같이 Smoothing을 하고

나면 눈과 입 부분이 가장 어둡다. 여기에 미분 오퍼레이터를 적용하여 최소값을 갖는 두개의 극소점을 찾는다. (그림 7) 이 극소점의 위치가 각각 눈과 입의 y 좌표가 된다. 원 영상에서의 극소점의 위치는 (그림 8)과 같다.



퍼레이터를 적용하여 눈의 위치에서는 두개의 최소값을 갖는 극소점을 찾고, 입의 위치에서는 한개의 최소값을 갖는 극소점을 찾는다. 이 극소점의 위치가 두 눈과 입의 x 좌표가 된다.



얼굴 영역에서 각각 눈과 입의 y 좌표 주위에 위치한 화소의 Y 성분 값을 취하여 평균을 구하고, Smoothing을 위한 convolution을 적용한다.

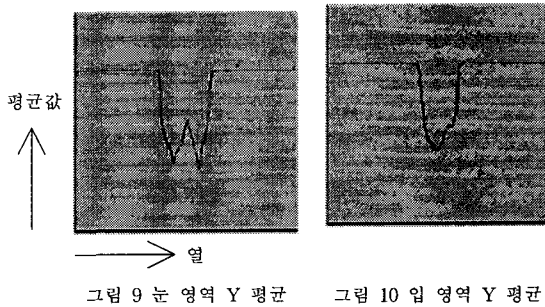


그림 9 눈 영역 Y 평균

그림 10 입 영역 Y 평균

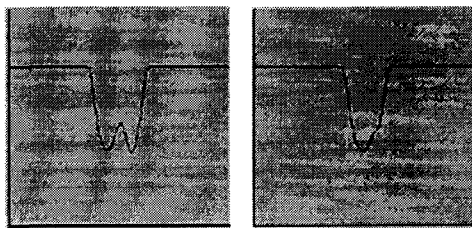


그림 11 눈 영역 Smoothing

그림 12 입 영역 Smoothing

(그림 9)와 (그림 10)에 눈과 입의 y 좌표 상에 위치한 화소의 Y 성분 값의 평균이 보여지며, (그림 11)과 (그림 12)에 Y 성분 값에 대해서 Smoothing을 위한 convolution을 적용한 결과가 보여진다. 눈의 위치에서는 양쪽 눈 부분에서 최소값이 나타나고, 입의 위치에서는 입의 중심 부분에서 최소값이 나타난다. 미분 오

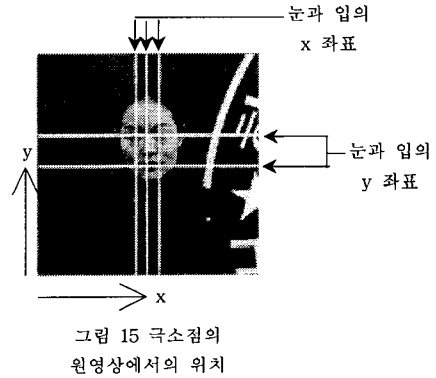


그림 15 극소점의 원영상에서의 위치

미분 오퍼레이터를 적용하여 구한 눈과 입이 위치한 행에서의 극소점은 (그림 13)과 (그림 14)에 보여지며, 극소점을 통하여 구한 두 눈과 입의 좌표 (x, y)의 원 영상에서의 위치는 (그림 15)에 보여진다. 여기서 두 직선이 만나는 곳이 두 눈과 입의 좌표이다.

### III. 얼굴 기하에 기반한 얼굴 검증

입력 얼굴 영상에서 구하여진 두 눈과 입의 위치를 정점으로 하는 삼각형과 표준 얼굴 모델의 삼각형의 기하학적 특성을 비교하고 특성의 차가 정하여진 임계치 이하이면 얼굴 영역으로 간주하고, 임계치 이상이면 얼굴 영역이 아닌 것으로 간주한다. 실험을 통하여 모델링된 표준 얼굴 모델의 삼각형의 기하학적인 특성은 다음과 같다.

1. 입의 x 좌표는 두 눈의 x 좌표 사이에 위치한다.
2. 눈과 입 사이의 수직거리(D1)는 두 눈 사이의 거리(D)의 약 1.36배 이다.

3. 두 눈의 중심을 연결한 직선과 입의 중심을 연결한 직선이 이루는 각  $\theta$ 는  $68.83^\circ$ 이다.

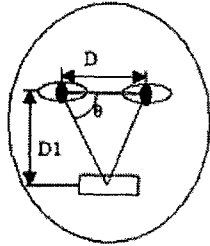


그림 16 얼굴모델

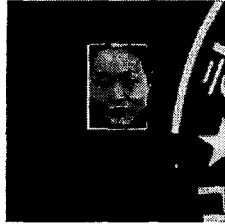


그림 17 얼굴 검출 결과

(그림 16)이 표준 얼굴 모델이며, (그림 17)이 추출된 두 눈의 위치와 표준 얼굴 모델과의 기하학적인 관계를 비교하여 최종 얼굴로 검출된 결과이다.

#### IV. 실험 결과

본 논문에서는 정면을 응시하는 얼굴이나 좌우로 약간 기울어진 영상들을 기본 대상으로 하였으며, 안경을 쓴 것과 쓰지 않은 것 여러 장소의 실내외에서 촬영한 영상에 대해 실험 하였다. 영상의 크기는  $348 \times 348$ 이고, 팬티엄III 933MHz 384M에서 얼굴을 검출하는데 0.27초의 실행 시간이 소요 되었다.



그림 18 실험 영상

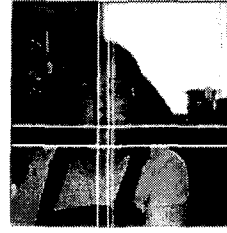


그림 19a

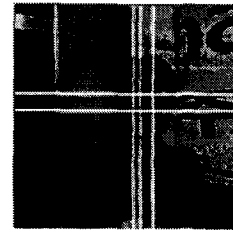


그림 19b

(그림 18)과 같은 입력 영상에 대해서 성공적으로 얼굴을 검출하였다. (그림 19a)의 경우는 눈을 거의 감고 턱 밑에 그림자가 쳐서 눈보다 어두워 눈의 y 좌표가 잘못 검출된 것이고, (그림 19b)의 경우는 오른쪽에서 빛이 들어와 코의 그림자가 생겼고 이를 보이고 있어서 입 중심의 x 좌표가 잘못 검출된 것이다.

#### V. 결론

본 논문은 인터넷 영상 자료에 포함된 얼굴 검색 시스템의 개발을 위한 얼굴인식의 선행요소인 얼굴 검출을 목적으로 한다. 따라서 눈과 입의 위치관계중 최소한의 특징을 사용한 빠르고 효율적 방법을 제안하였다. 여러 영상에 대한 실험결과 좋은 결과를 얻었으나 웃는 얼굴이나 목부분에 그림자가 있는 부분에 대한 효과적인 방법이 연구 되어야 한다.

#### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] H.A. Rowley and S. Baluja, "Rotation Invariant Neural Network-Based Face Detection," 1998 IEEE Computer Society Conference on, Page(s): 963-963, 1998
- [2] S. Nassif and D. Capson, "Real-Time Template Matching Using Cooperative Windows," IEEE 1997 Canadian Conference on, Page(s): 391-394 1997, vol.2
- [3] L. Zhang and P. Lenders, "Knowledge-Based Eye Detection for Human Face Recognition," Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems and Allied Technologies, 2000. Proceedings, Page(s): 117-120, 2000
- [4] K. Sobottka and I. Pitas, "Extraction of facial region and features using color and shape information," In Proc, 10th Int'l Conf, Pattern Recog., Page(s): 421-425, Vienna, 1996