

## 살색 정보와 타원 모양 정보를 이용한 얼굴 검출 기법

강 성 화, 김 휘 용, 김 성 대  
한국과학기술원 전자전산학과  
전화 : 042-869-5430

### A Face Detection Algorithm using Skin Color and Elliptical Shape Information

Sung-Hwa Kang, Hui-Yong Kim, Seong-Dae Kim  
Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, KAIST  
E-mail : fanny@sdvision.kaist.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we present an efficient face detection algorithm for locating vertical views of human faces in complex scenes.

The algorithm models the distribution of human skin color in YCbCr color space and find various face candidate regions. Face candidate regions are found by thresholding with predetermined thresholds. For each of these face candidate regions, The sobel edge operator is used to find edge regions. For each edge region, we used an ellipse detection algorithm which is similar to hough transform to refine the candidate region. Finally if a substantial number of the facial features (eye, mouth) are found successfully in the candidate region, we determine the face candidate region as a face region.

We show empirically that the presented algorithm can find the face region very well in the complex scenes.

#### I. 서론

본 연구에서는 정지 영상에서 살색 정보와 모양 정보를 이용한 얼굴 검출 기법 알고리즘을 제시한다.

얼굴 검출에 관한 기존의 연구 방법들로는 템플릿 정합[1], 신경망[2], 얼굴 패턴[3] 그리고 살색 정보[4]를 이용하는 방법 등이 있다. 템플릿 정합, 신경망, 얼굴 패턴을 이용하는 방법은 직립의 정면영상을 비교적 정확하게 찾아낼 수 있으나 계산량이 많다는 단점이 있고 크기 변화에 민감하다. 반면 살색 정보를 이용하는 방법은 계산량이 적고 얼굴의 다양한 형태나 크기 변화에도 얼굴을 비교적 잘 검색할 수 있다. 하지만 사람의 살색 특성은 인종이나 조명의 변화 등에 의해 달라지며 또 배경 중에 살색과 유사한 부분이 많을 경우 살색 정보만을 이용하는 방법은 얼굴 검출에 실패할 가능성이 높다.

본 연구에서는 조명의 변화가 많고 다양한 사람들이 다양한 형태로 나타나며 얼굴의 크기 또한 일정치 않은 일반적인 영상에서, 살색과 얼굴의 타원 정보를 이용하여 비교적 적은 계산량을 가지면서 얼굴을 효과적으로 검출해 낼 수 있는 얼굴 검출 기법을 제안한다.

먼저 살색을 충분히 포함할 수 있는 넓은 문턱값으로 살색 영역을 구한다. 살색 영역을 중심으로 에지를 검출하여 에지가 타원의 형태를 가지는 지를 조사하였다. 그리고 최종적으로 살색영역이면서 타원의 형태를 가지는 부분에서 얼굴이 가지는 눈, 입과 같은 특징 부분을 가지고 있는지를 조사하여 해당하는 영역을 얼굴 영역으로 검출하였다.

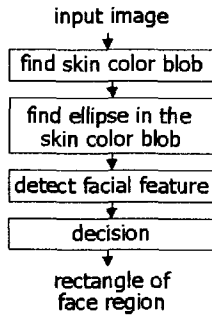


그림 1. 알고리즘 구성도

## II. 살색을 이용한 얼굴 후보 영역 검출

### 2.1 살색 Filter의 구현

본 논문에서는 YCbCr 색상축을 사용하였다. MPEG 등을 이용한 압축 부호화 과정에서 YCbCr 색상축을 사용하기 때문에 만약 압축 부호화를 하게 될 경우 색상축을 변경해야 하는 추가적인 작업이 필요치 않게 된다.

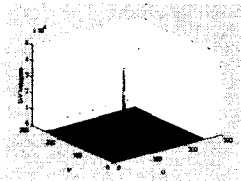


그림 2. 살색의 Cb-Cr 히스토그램

사람이 가지고 있는 살색영역을 분할하기 위해서 먼저 여러 영상에서 살색 부분만을 뽑아낸 영상에 대해 CbCr 히스토그램을 구하였다. 20000개 이상의 살색 픽셀이 나타내는 히스토그램 분포를 그림.2로 나타내었다. 우리는 살색과 조금이라도 비슷한 부분을 모두 골라내기 위해 살색이 가질 수 있는 충분한 범위를 고려하여 살색 필터의 문턱값을 다음과 같이 실험적으로 정하였다.

$$f_{skin}(x,y) = \begin{cases} \text{face region} & , \text{if } (132 < Cb < 169) \cap (81 < Cr < 131) \\ \text{non face region} & , \text{otherwise} \end{cases}$$

위 살색 필터로 구성된 영역에 대해서 가우시안 평활화를 ( $\sigma=2$ ) 한 후 작은 영역을 제거하는 후처리를 하여 얼굴 영역 이외에서 발생하는 점이나 얼굴 영역

이라고 할 수 없는 작은 영역을 제거하였다.

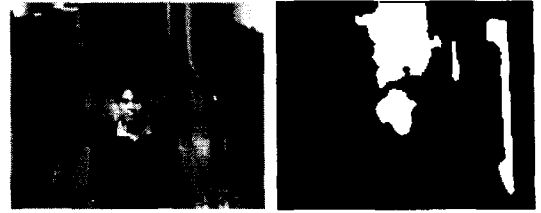


그림 3. 입력영상

그림 4. 살색 필터링 후 영상

### 2.2 살색 영역별 분할

위의 그림 4에서 우리는 살색 영역과 살색 영역이 아닌 부분으로 분리해 내었다. 우리는 이후의 과정을 위해 위에서 얻어진 살색 영역을 영역별로 분리해 내었다. 이때 얼굴 영역은 서로 떨어져 있지 않은 동일한 영역이라고 가정했다. 영역별로 처리함으로써 이후 에지를 이용해 타원검출을 하는데 있어서 계산량을 줄이고 정확도를 높일 수 있다.

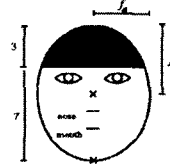


그림 5. 타원 얼굴 모델

그림 5와 같이 얼굴모델을 가정하였을 때 살색 부분은 얼굴 전체 높이에 70%정도를 차지한다고 가정할 수 있다. 이를 고려하여 살색 영역을 포함하는 최소한의 사각형 부분을 얼굴 후보 영역으로 설정한다. 이때 위쪽 방향으로 살색영역크기의 50% 정도 확장시켜주고 좌우와 아래 부분에 대해서는 살색 영역의 10%정도 확장한다. 이 영역에 대해 에지를 구하면 얼굴 전체의 에지를 얻을 수 있는 충분한 얼굴 후보 영역을 구할 수 있다. 이때 더해지는 높이는 일정 값 이상을 넘지 않도록 하여 배경부분에 살색이 많이 포함되었을



그림 6. 살색영역에서 얻은 에지 크기 영상

때 얼굴 후보 영역이 지나치게 커지는 것을 방지한다. 이 얼굴 후보 영역에 대해 전체 YCbCr 영상에서 Y를 소벨 에지 연산자를 이용하여 에지의 크기와 위상을 구한다. 에지를 구하기 전에 가우시안 평활화를 ( $\sigma=1.5$ ) 통해 세밀한 윤곽선은 제거시킨다. 그 결과는 그림 6과 같다.

### III. 에지를 이용한 타원 검출

#### 3.1 타원 검출 방법

$$\frac{(x-\alpha)^2}{a^2} + \frac{(y-\beta)^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

위의 타원의 방정식에서 타원을 결정하는 매개변수는 4개인데 이를 기존의 허프 변환을 통해서 추정하는 것은 많은 시간이 걸린다. 이런 문제를 해결하기 위해 윤곽선의 위상정보( $\phi$ )를 이용하여 매개변수를 줄이는 방법이 제안되었다. [5]

제안된 방법은 먼저 위의 타원의 식을 미분한다.

$$(x-\alpha) + k^2(y-\beta)m = 0 \quad (2)$$

이때 단축과 장축의 비( $k=a/b$ )를 얼굴의 황금율을 고려하여 실험적으로 미리 정의된 값( $k=0.788$ )으로 가정한다. 위에서  $m = \frac{dy}{dx}$ 은 타원의 윤곽선을 형성하는 임의의 한 점으로부터 계산된 접선의 기울기이다. 이  $m$ 값은 에지의 위상 정보를 이용하여  $m = -\cot \phi$ 로 나타낼 수 있다. 이때  $\phi$ 가  $\pi$ 의 정수 배 주변에서는 부정확한 값을 가질 수 있으므로 그 주변의 값을 제거해 주변 보다 정확한  $m$ 값을 구할 수 있다. 이렇게 하면 타원 위의 임의의 2개의 점들을 (2)식에 대입하고 연립하면 2개의 매개변수  $\alpha, \beta$ 로 타원 감축을 이룰 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \hat{\alpha} \\ \hat{\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{k^2(m_2 - m_1)} \begin{bmatrix} k^2 m_2 & -k^2 m_1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 + k^2 m_1 y_1 \\ x_2 + k^2 m_2 y_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

이때 (3)식에 대입할 타원 위의 임의의 두 점은 영상을 수평, 수직방향으로 scan 하여 살색 영역의 넓이와 높이로 예상한 얼굴 영역 이내에 존재하는

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 로 정한다. 두 점은 서로 반사대칭이라는 조건 ( $\phi_1 + \phi_2 = \pi$ )을 만족하게 하여 계산량을 줄이게 된다. 수직 방향으로 추가적으로 스캔을 하는 이유는 수평방향으로만 스캔을 할 경우 미리 가정된  $k$  값과 다른 비율을 갖는 타원일 경우, 중심의 위치가 수직방향으로 오차를 보이기 때문이다. 이때 수직방향으로도 스캔을 해줄 경우 중심의 수직방향의 위치를 보다 정확히 알 수 있다. 또한 복잡한 영상에서 타원의 좌우 측 윤곽선이 부정확하게 나오더라도 상하의 윤곽선을 이용하여 타원을 검출해 낼 수 있다.

#### 3.2 타원 중심 추출과 크기 계산

위의 타원 정합 방법을 2.2에서 구한 살색 영역 부근 윤곽선(그림 7)에 대해 적용시켰다. 식 (3)을 이용하여  $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$  값을 구하고 그 값을 누적시킨다. 그 결과는 그림 8에 나타내었다.



그림 7. 얼굴 에지 영상

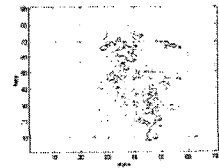
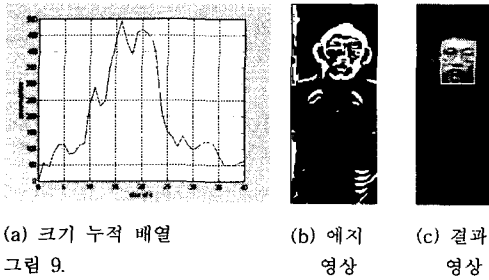


그림 8. 중심 누적 배열

입력 영상에서 사람의 얼굴이 존재하는 중심부근에 많은 점들이 누적되어 있는 것을 알 수 있다. 중심점을 찾는 과정은 다음과 같다.

먼저 최대 피크의 크기를 구하고 그 크기의 30%를 문턱값으로 하여 잡음을 없앤다. 이때 문턱값은 적당히 한정하여 너무 높거나 낮아지지 않게 한다. 그 후 수평방향으로 스캔하면서 누적된 값이 존재하면 그 점을 클러스터의 중심이라고 놓고 다음 점을 찾는다. 각 클러스터의 중심과 현재 점의 기하학적 거리를 비교하여 가장 가까운 클러스터로 배정한다. 이때 클러스터 중심과의 거리가 일정값이 넘으면 새로운 클러스터라고 정의한다. 클러스터의 중심과 새로 배정된 좌표값을 평균한 후 새로운 클러스터의 중심으로 잡고 앞의 과정을 모든 점들에 대해 반복한다.

중심점이 구해졌으면 중심점을 (1)식에 대입한 후 3.1과 3.2의 과정을 반복하여 크기를 추정한다. 이때 누적하는 값들은 타원의 크기인  $a$ 이다. 만약 적당한 크기를 계산할 수 없을 때는 그때의 중심점은 타원이 아니라고 결정한다. 그림9에 결과를 나타내었다.



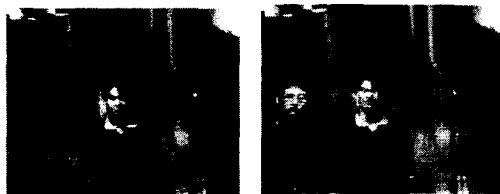
#### IV. 얼굴 특징을 이용한 얼굴 영역 결정

앞의 과정을 통해서 살색이고 또한 타원인 영역을 찾았다 해도 손바닥이나 옷과 같은 얼굴이 아닌 다른 영역이 검출되어 나올 수 있다. 그래서 최종적으로 검출된 영역 내에 검은색과 유사한 hole들을 찾고 그것들의 위치관계를 조사하였다. 이런 방식으로 눈, 코, 입 등의 유무를 조사하여 눈, 코, 입이 존재할 경우에 최종적으로 얼굴이라고 결정한다.

#### V. 실험 결과 및 고찰

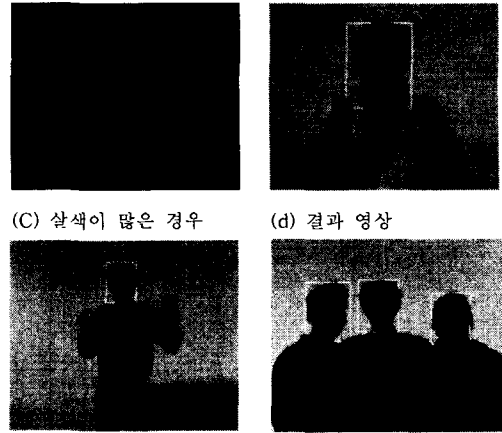
우리가 제안한 알고리즘을 다양한 영상에 대해 적용해 본 결과는 그림 10과 같다.

(a)와 (b)의 경우는 복도에 장치해 놓은 감시카메라의 영상이다. 영상이 어둡고 바닥과 벽에 반사가 심하여 살색이 넓은 부분에 걸쳐서 나타났지만 얼굴을 잘 검출하였다. (c)의 경우에는 노란색 옷을 입어 몸 전체가 살색으로 나타난 경우이다. 살색만을 이용할 때는 검출하기 어렵지만 이때에도 (d)에서처럼 얼굴 부분을 잘 찾아 낼 수 있었다. (e)의 경우에는 손을 둥글게 펴서 타원으로 검출될 수 있는 가능성이 높지만 얼굴 부분을 잘 찾아내었다. (f)에서는 3명의 사람이 있는 경우에 얼굴을 검출한 영상이다. 30 장의 영상에서 37개의 얼굴 중 34개를 검출하여 92%의 검출률을 기록하였으며 3개를 미검출 하였으며 오검출은 4개가 있었다.



(a) 복도영상

(b) 복도영상 2인



(C) 살색이 많은 경우

(d) 결과 영상

(e) 타원이 많은 경우

(f) 3명이 있는 경우

그림 10. 결과 영상

#### VI. 결론

본 연구에서는 살색 정보와 타원과 비슷한 얼굴의 모양 정보를 이용하여 얼굴을 검출하는 알고리즘을 개발하였다. 살색 정보를 이용하여 얼굴을 검출할 경우 빠르게 후보영역을 찾을 수 있었고 찾아진 후보영역 내에서 타원을 찾아봄으로서 계산량과 오검출을 줄일 수 있었다. 추후 연구 과제로는 얻어진 살색 부분에서 타원의 검색영역을 보다 효율적으로 얻어낼 수 있도록 하는 것이고 오검출을 더욱 줄일 수 있는 방법을 고안하여야 할 것이다.

#### Reference

- [1] R.Brunelli and T.Poggio. "Face recognition: features versus templates", IEEE Trans. PAMI, Vol.15, No.10, pp. 1042-1052, Oct, 1993
- [2] H.Rowley, S.Baluja and T.Kanade. "Neural Network-based Face Detection", PAMI, Vol.20, No.1, Jan. 1998
- [3] H.Schneiderman and T.Kanade. "Probabilistic Modeling of Local Appearance and Spatial Relationships for Object Recognition" CVPR 1998. pp45-51
- [4] D.Chai and King N.Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications", IEEE Trans. on CSVT, Vol.9, No.4, Jun. 1999
- [5] J.I.Seo, I.Choi and S.I.Chien, "Automatic Face Detection using Symmetry and Hough-like Ellipse Fitting", KICS, Vol.13, No.1, pp461-464, 2000