

# 얼굴 검출을 위한 Flood Fill 기반의 개선된 피부색 추출기법

이동우<sup>1</sup>, 이상훈<sup>2\*</sup>, 한현호<sup>3</sup>, 채규수<sup>4</sup>

<sup>1</sup>광운대학교 플라즈마바이오디스플레이학부 석사과정, <sup>2</sup>광운대학교 인제니움학부 교수,  
<sup>3</sup>광운대학교 정보과학교육원 겸임교수, <sup>4</sup>백석대학교 정보통신학부 교수

## Improved Skin Color Extraction Based on Flood Fill for Face Detection

Dong Woo Lee<sup>1</sup>, Sang Hun Lee<sup>2\*</sup>, Hyun Ho Han<sup>3</sup>, Gyoo Soo Chae<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Master's Student, Dept of Plasma Bio Display, KwangWoon University

<sup>2</sup>Professor, Ingenium College of Liberal Arts, KwangWoon University

<sup>3</sup>Adjunct Professor, Institute of Information Technology, KwangWoon University

<sup>4</sup>Professor, Division of Information Communication Eng., Baekseok University

요 약 본 논문에서는 YCbCr 색공간을 이용한 피부색 추출에서 조명과 그림자에 의한 손실 영역을 Flood Fill 알고리즘을 이용하여 보완하고 Haar-like 특징을 이용한 Cascade Classifier 얼굴 검출 방법을 제안하였다. Haar-like 특징을 이용한 Cascade Classifier는 이미지에서 기존의 YCbCr 색공간을 이용한 피부색 추출은 단순히 임계값만 사용하기 때문에 조명, 그림자 등에 의해 잡음과 손실 영역이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 침식, 팽창 연산을 사용하여 잡음을 제거하였고 손실 영역을 추정하기 위해 Flood Fill 알고리즘을 사용하여 손실 영역을 추정하였다. 추정된 영역에 대하여 YCbCr 색공간의 임계값을 추가로 허용하였다. 나머지 손실영역에 대하여 위에서 추정된 영역중 추가로 허용한 영역의 평균값으로 색을 채워 넣었다. 추출한 이미지에 Haar-like Cascade Classifier를 사용하여 얼굴을 검출하였다. 기존의 Haar-like Cascade Classifier의 방법보다 제안하는 방법이 정확도가 약 4% 향상되었으며 YCbCr 색공간만을 이용한 피부색 추출보다 제안하는 방법의 검출률이 약 2% 향상되었다.

주제어 : Haar-like, Cascade Classifier, 피부색 추출, Flood Fill, YCbCr 색공간

Abstract In this paper, we propose a Cascade Classifier face detection method using the Haar-like feature, which is complemented by the Flood Fill algorithm for lossy areas due to illumination and shadow in YCbCr color space extraction. The Cascade Classifier using Haar-like features can generate noise and loss regions due to lighting, shadow, etc. because skin color extraction using existing YCbCr color space in image only uses threshold value. In order to solve this problem, noise is removed by erosion and expansion calculation, and the loss region is estimated by using the Flood Fill algorithm to estimate the loss region. A threshold value of the YCbCr color space was further allowed for the estimated area. For the remaining loss area, the color was filled in as the average value of the additional allowed areas among the areas estimated above. We extracted faces using Haar-like Cascade Classifier. The accuracy of the proposed method is improved by about 4% and the detection rate of the proposed method is improved by about 2% than that of the Haar-like Cascade Classifier by using only the YCbCr color space.

Key Words : Haar-like, Cascade Classifier, Skin Extraction, Flood Fill , YCbCr Color Space

\*The present Research has been conducted by the Research Grant of Kwangwoon University in 2019

\*Corresponding Author : Sang Hun Lee(leesh58@kw.ac.kr)

Received March 15, 2019

Accepted June 20, 2019

Revised May 13, 2019

Published June 28, 2019

## 1. 서론

최근 개인별 맞춤형 서비스, 보안 서비스 등에서 얼굴 인식 기술의 수요가 증가하고 있다. CCTV를 사용하여 사건현장에서 용의자 추적 기술, 스마트폰 혹은 PC 카메라를 통한 잠금 해제 등을 위해 얼굴 인식 기술, 글자 인식 등을 통한 서비스 등에 대한 연구가 진행되고 있다 [1-4].

얼굴 인식은 크게 얼굴 검출[5,6], 인식 기술[7,8]로 구분 된다. 얼굴 검출은 카메라와 같은 입력장치로부터 얻은 이미지에서 얼굴 부분을 검출하는 것으로 피부색을 사용하는 색 기반 얼굴 검출 방법[9], 얼굴의 특징을 이용하는 특징 기반 얼굴 검출 방법 등이 있다.

색 기반 얼굴 검출에서는 단순히 색[10,11]을 이용한 방법으로 매우 간단하며 연산량이 적어 빠르게 검출이 가능하다. 그러나 이러한 방법은 배경에 얼굴과 비슷한 색이 있는 경우, 얼굴에 분장한 경우, 흑백사진 등의 상황에서 오검출이 발생한다.

특징 기반 방법으로는 템플릿 매칭 기법[12-14], 학습 기반 방법[15] 등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 눈, 코, 입 등과 같은 특징으로 얼굴을 검출하기 때문에 눈, 코, 입의 특징을 검출하지 못하는 경우 혹은 얼굴과 비슷한 구도를 가지는 배경의 경우도 오검출이 발생한다.

제안하는 방법은 RGB 이미지를 YCbCr 색공간으로 변환 후 Y, Cb, Cr 각 채널의 특징을 이용하여 피부색 영역을 추출하였다. 추출한 피부색 영역에 침식, 팽창 연산을 사용하여 피부색 영역에서의 잡음을 제거하였다. 또한 조명, 그림자 등의 의해 피부색 영역 중 일부 색상 값이 크게 변하게 되어 추출이 되지 않는 손실 영역이 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일정한 값들로 둘러싸인 영역을 하나로 묶는 Flood Fill[16]을 사용하여 손실 영역을 추정하고 손실 영역을 보완하여 문제점을 해결하였다. 앞서 추출한 피부색 영역에서 Haar-like 특징을 검출 후 얼굴 부분을 학습한 Haar-like Cascade Classifier[17]를 비교하여 얼굴 영역을 추출하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 방법에서 사용되는 방법에 대한 관련연구에 대한 설명과 3장에서는 제안하는 방법에 대하여 설명하였다. 4장에서는 실험과 결과에 대해 다루고 5장에서는 결론 및 향후 연구계획을 제시하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 Haar-like

Haar-like 특징은 특정 위치에서 인접한 여러 직사각형 영역의 명도 값을 합산하고, 이러한 직사각형 영역의 차이를 계산한다. 이 차이가 일정한 임계값 이상의 차이가 발생하는 경우 특징으로 검출한다.

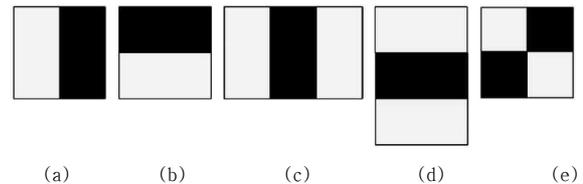


Fig. 1. Haar-like elementary feature

- (a) Vertical Edge (b) Horizontal Edge  
(c) Vertical Line (d) Horizontal Line  
(e) Diagonal Line

예를 들어 얼굴을 검출할 때 눈 영역이 볼의 영역보다 어둡다는 것이 일반적인 관찰 결과이다. 이러한 관찰에 따라 Fig. 1의 (b)는 특징이 Fig. 2의 첫 번째 이미지처럼 눈과 볼 영역 사이에서 관측된다. 이러한 방법으로 얼굴에서 특징을 추출할 수 있다. Fig. 2는 Haar-like 특징을 이용하여 얼굴의 특징을 추출한 이미지이다.

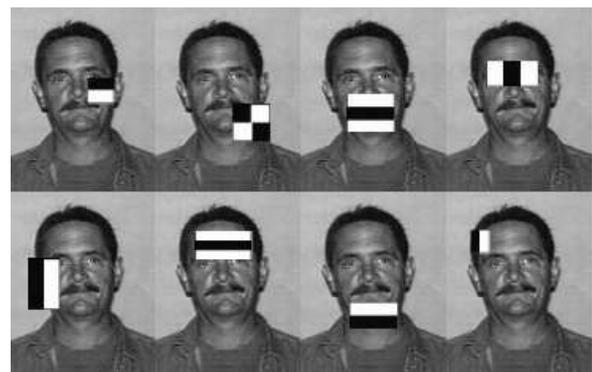


Fig. 2. Feature Detection using Haar-like

### 2.2 Cascade Classifier

Haar-like와 같은 특징을 이용하여 검출을 하는 약 검출기를 직렬로 연결하여 많은 수의 특징들을 조합하여 검출을 하는 강 검출기이다. 먼저 약 검출기의 조건을 만족하여 통과한 데이터를 다른 약 검출기의 조건과 비교한다. 또한 Fig. 3처럼 조건이 성립되지 않는 데이터를 검출기에서 제외한다. 최종 검출기를 통과한 데이터를 얼굴로 검출한다.

$$F(x) = \sum_{t=1}^T f_t(x) \quad (1)$$

식 (1)의  $F$ 는 Cascade Classifier[18]에서 강 검출기이며  $f_t$ 는 약 검출기이다. Fig. 3은 Cascade Classifier의 알고리즘이다.

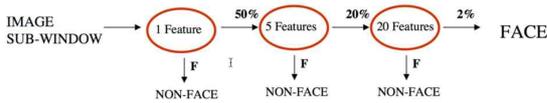


Fig. 3. Cascade Classifier

### 2.3 YCbCr 색공간

색을 표현하는 색공간으로 빨강, 초록, 파랑 세 종류의 광원을 가산 원리를 이용하여 색과 명암을 표현하는 RGB 색공간과는 다르게 YCbCr은 명암 값과 색상 값을 따로 표현하는 색공간이다. Y는 밝기 값을 Cb는 청색 색차 정보를 Cr은 적색 색차 정보를 가지며 Y, Cb, Cr을 각각 0 ~ 255의 값을 가진다. RGB 색공간은 명암 값을 처리하지 않아 피부색 검출 단계에서 빛에 의한 영향을 많이 받는다. 이러한 영향을 줄이기 위해 YCbCr 색공간을 이용하였다. 식 (2)는 ITU-R BT 601.1에 따른 RGB 색공간에서 YCbCr 색공간으로 변환하는 식이다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 2.4 Flood Fill

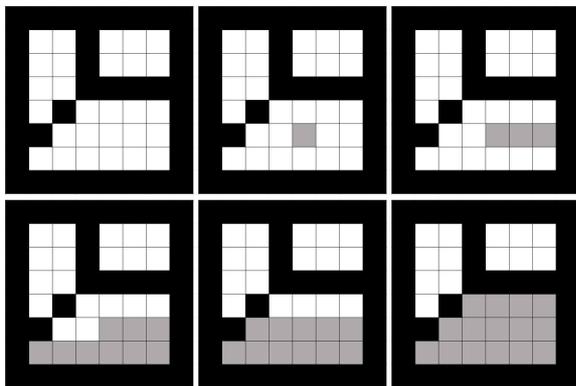


Fig. 4. 4-way Flood Fill

Flood Fill 알고리즘은 Seed Fill 알고리즘이라고도 불린다. 다차원의 배열에서 일정한 값들로 연결되어 있는

윤곽선 내부의 영역을 찾는 알고리즘이다.

어느 한 점을 기준으로 주변의 값과 거리를 비교하여 연결한다. Flood Fill은 현재 좌표에서 상하좌우 (4-way)의 값들을 혹은 대각선을 포함한 8-way을 비교하여 임계값을 넘지 않을 경우 연결한다. 또한 임계값을 넘는 경우 연결하지 않는다. 연결 후 비교한 좌표를 기준으로 위에서와 같이 비교를 하면서 연결한다. 이 때 주변으로 이동할 수 없을 경우 알고리즘이 종료된다.

$$R_n = \{a_1, a_2, \dots, a_m\} \quad (3)$$

$$a_i = (x', y'), \text{if } src(x', y') = src(x, y) \quad (4)$$

식 (3)의  $R_n$ 는 집합 n을 의미하며  $a_1, a_2, \dots, a_m$ 은 원소를 의미한다. 식 (4)에서  $src(x', y')$ 에서  $src$ 는 해당 픽셀의 값을 의미하며, 기준픽셀  $(x, y)$ 에서 4-way 방법의 경우 주변픽셀  $x' = x \pm 1$ 일 때  $y' = y$ 이며 혹은  $x' = x$ 일 때  $y' = y \pm 1$  값을 가지며 상하좌우 4-way로 연산을 진행한다. 조건이 참일 경우 집합n에 포함하며 기준 픽셀로 지정하여 식 (4)를 반복한다.  $x', y'$ 가 존재하지 않을 때 까지 반복한다. 8-way의 경우  $x' = x \pm 1$ 일 때  $y' = y \pm 1$  값을 가지며 기준 픽셀을 8-way로 연산한다.

### 3. 제안하는 방법

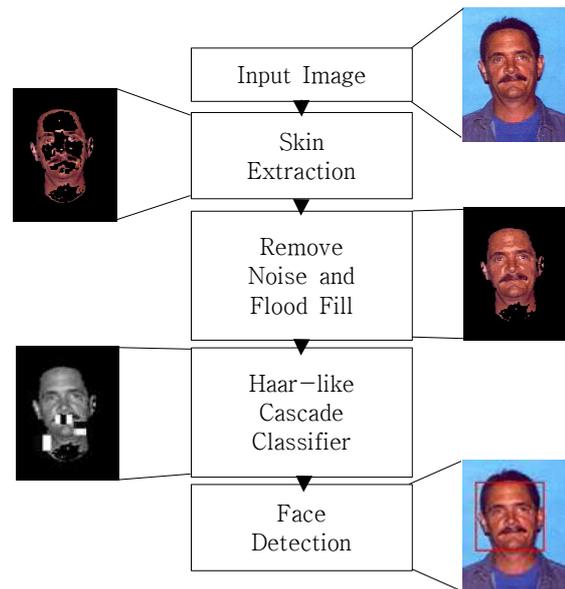


Fig. 5. Flow Chart of Proposed Method

Fig. 5는 제안하는 방법의 흐름도이다. 제안하는 방법을 수행하기 위해 입력 이미지로부터 YCbCr색공간이 휘도를 독립적으로 사용하는 특징을 바탕으로 피부색 영역을 추출하여 Haar-like Cascade Classifier가 얼굴이 아닌 영역을 검출하는 것을 개선하였다. 이 과정에서 발생하는 얼굴 검출에 불필요한 잡음 제거하기 위해 침식, 팽창연산을 사용하였으며, 조명과 그림자 등에 의해 추출하지 못한 부분을 개선하기 위해 Flood Fill 알고리즘을 사용하여 추출하지 못한 부분을 추정하였다. 위에서 추정한 피부색영역에 피부색의 임계값을 추가로 설정하여 피부색을 검출하였으며, 나머지 빈 공간에 대하여 추가로 검출한 피부색의 평균으로 추가하였다. Haar-like Cascade Classifier를 사용하여 최종 얼굴을 검출하였다.

### 3.1 피부색 추출

이미지에서 얼굴 검출에 불필요한 영역을 제거하기 위해 피부색 영역을 추출하였다. 색상 이미지에서 피부색은 붉은색 계열의 색이 강하며 녹색과 청색 계열의 색이 약하다는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징을 이용하여 피부색 영역을 추출하였다. 빛의 가산 원리를 이용하는 RGB 색공간에서 피부색 영역을 추출할 경우 빛의 영향을 많이 받아 각 채널의 변화가 크기 때문에 빛에 따른 변화를 고려해야한다. RGB 색공간에서 피부색을 추출할 때 식 (5)와 같이 3개의 채널의 값의 임계값을 모두 고려하면서 명도 값을 고려해야 하므로 복잡한 식을 거치게 된다.

$$\begin{aligned} R > 95 \text{ and } G > 40 \text{ and } B > 20 \text{ and} \\ \max[R, G, B] - \min[R, G, B] > 15 \text{ and} \\ |R - G| > 15 \text{ and } R > G \text{ and } R > B \end{aligned} \quad (5)$$

YCbCr은 명도 값을 따로 처리하기 때문에 빛에 의한 변화에 덜 민감하므로 식 (6)과 같이 간단한 방법[19]으로 추출이 가능하다.

$$\begin{aligned} 0 \leq Y \leq 255 \\ 77 \leq Cb \leq 127 \\ 133 \leq Cr \leq 173 \end{aligned} \quad (6)$$

Fig. 6는 YCbCr 색공간에서 식 (6)을 통해 나온 결과 이미지이다. 이미지에서 주변의 파란 배경과 옷을 제거하였으나 빛이 얼굴에 반사되어 검출되지 않았다.

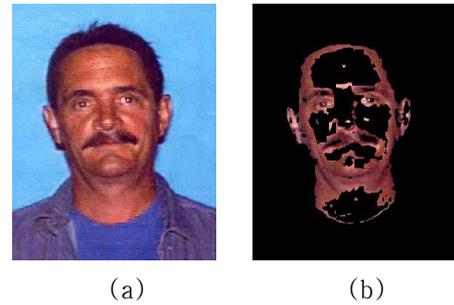


Fig. 6. Skin Detection using YCbCr  
(a) Original Image (b) Skin Detection

### 3.2 잡음제거 및 조명과 그림자 의한 손실 영역 보정

추출한 피부색 영역에 경우 배경과 얼굴 부분의 경계에서 얼굴 특징을 잃는 경우가 발생하며 이마, 코와 같은 부분에서 조명과 그림자의 의해 피부색 추출이 되지 않는 경우가 있다.

이러한 부분을 해결하기 위해 침식 연산을 사용하여 잡음을 제거하였으며, 팽창 연산을 통해 얼굴 검출에서 필요한 윤곽선 부분을 보완하였다. Fig. 6에서 목 부분의 불필요한 윤곽선과 작은 잡음을 제거하기 위해 침식, 팽창 연산을 진행하였다. Fig. 7은 침식, 팽창 연산 이미지이다.

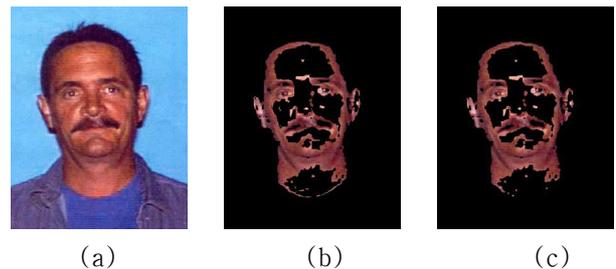


Fig. 7. Noise Removal Image  
(a) Original Image (b) Skin Detection  
(c) Noise Removal Image

침식, 팽창 연산을 통해 목 부분의 불필요한 윤곽선과 잡음을 제거하였으나, 빛 반사의 영향으로 생긴 얼굴의 손실 영역들의 의해 얼굴검출 단계에서 오검출의 가능성이 있다. 손실 영역들을 채우기 위해 Flood Fill 알고리즘을 사용하였다.

빛에 의한 손실 영역은 대부분 얼굴 영역에서 발생하기 때문에 피부색 추출에서 나온 검은색 영역에 Flood Fill을 사용하여 영역을 지정하였다. Flood Fill 알고리즘의 연산량과 색공간에서 각 채널의 조건을 최소화하기 위해 이진 이미지로 변환하여 사용하였다.

식 (7)을 사용하여 식 (3)의 집합을 구성하였다.

$$a_i = (x', y'), \text{if } src(x', y') = 0 \quad (7)$$

$$I_{bin}(x, y) = \begin{cases} 1, & (x, y) \in R_n \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)은 식 (7)에서 구한  $R_n$  영역에 원소 좌표의 값들을 1로 구성하였다. Fig. 8의 이미지는 식 (8)의 결과 이미지이다.

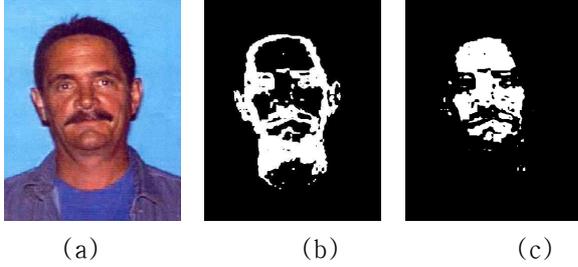


Fig. 8. Flood Fill Result  
(a) Original Image (b) Skin Extraction Binary Image  
(c) Binary Image Using Flood Fills

$$I_{Full}(x, y) = \begin{cases} I_{original}(x, y), & I_{bin}(x, y) = 1 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} 127 \leq Cb \leq 137 \\ 173 \leq Cr \leq 183 \end{aligned} \quad (10)$$

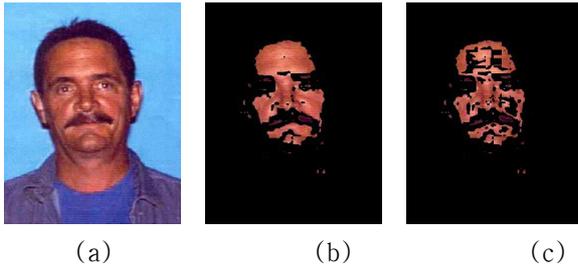


Fig. 9. Flood Fill Result  
(a) Original Image  
(b) Skin Extraction Binary Image Using Flood Fills  
(c) Skin Extraction Image

식 (9)을 이용하여 식 (8)에서 처리한 이진이미지에 대하여 원본 이미지에서 값을 추출하였다. 식 (9)에서 처리한 영역에 대하여 색공간의 범위 식 (10)을 사용하여 피부색을 추가로 추출하였다.

Fig. 9는 Flood Fill을 사용하여 나온 결과에 원본 이미지를 추출한 이미지(b)와 피부색을 추가로 추출한 이미지(c)이다.

식 (10)에서 나온 결과 이미지에서 아직 손실 영역이 존재한다. 손실 영역은 명암 값을 이용하는 Haar-like 특징의 특성상 적절하지 않은 값으로 생각할 수 있다. 영

역에 대하여 앞에서 구한 영역들의 평균으로 손실 영역을 채웠다.

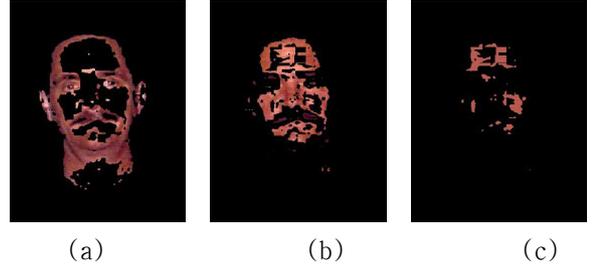


Fig. 10. Flood Fill Result  
(a) Skin Detection Image  
(b) Skin Extraction Image Using Flood Fills  
(c) Presume Skin Image

Fig. 10는 YCbCr 색공간에서 추출한 이미지와 Flood Fill과 추가된 YCbCr 색공간에서 추출한 이미지, 얼굴의 손실 영역을 추정하는 이미지이다. Fig. 10의 이미지를 모두 더하여 최종 이미지를 생성한다. Fig. 11은 제안하는 방법의 최종 이미지이다.

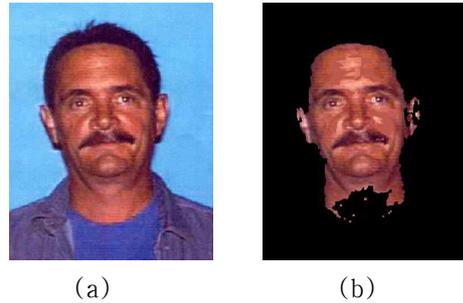


Fig. 11. Correction using Flood Fill  
(a) Original Image  
(b) Proposed Skin Extraction Image

### 3.3 Haar-like Cascade Classifier

Haar-like 특징의 경우 명도 차이를 이용한 특징이며 특징들의 크기와 조합으로 물체를 검출한다. 또한 이미지 전체에서 특징을 검출하기 때문에 얼굴과 비슷한 패턴을 가지는 경우 오검출이 가능하다. 또한 많은 수의 특징 조합이 가능하기 때문에 모든 조합을 검사하는 것은 비효율적이다. 효율적으로 검출하기 위해 특정 특징만 검출할 수 있도록 Cascade Classifier를 사용하였다.

Cascade Classifier를 학습하기 위해 다양한 얼굴 이미지에서 Haar-like 특징을 추출한다. 추출한 특징들이 반복적이고 공통적으로 나오는 부분을 Fig. 12의 Classifier에 모양과 크기, 위치 정보를 학습한다.

피부색을 검출한 이미지에서 검출한 Haar-like 특징

들과 얼굴을 학습하면서 얻은 Haar-like 특징들의 모양과 크기, 위치 정보를 비교하여 일치하는 경우 얼굴로 인식하여 얼굴 검출 결과를 보였다.

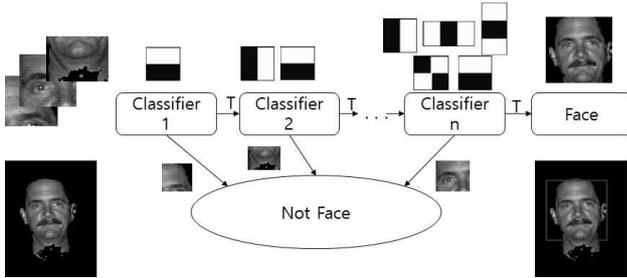


Fig. 12. Haar-like Cascade Classifier

#### 4. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서는 FDDB 데이터셋에서 무작위로 선정된 3807개 얼굴이 있는 2289장의 이미지로 실험하였으며 OpenCV에서 제공하는 학습된 Haar-like Cascade Classifier를 사용하였다.

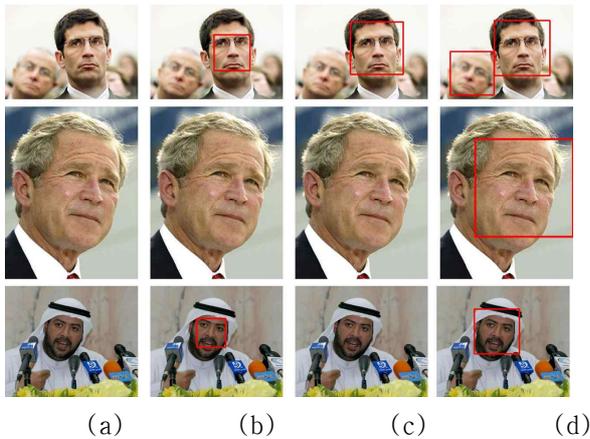


Fig. 13. Compared in people image  
(a)Original Image (b) LBP Cascade Classifier  
(c)Haar-like Cascade Classifier  
(d)Proposed Method

Fig. 13은 기존의 Haar-like Cascade Classifier의 경우 얼굴이 검출되지 않지만 제안하는 방법은 검출하는 결과를 보였다. Haar-like 특징은 일정한 구역에 명암값의 합을 이용하기 때문에 조명과 그림자에 의한 명암값의 큰 변화는 영역의 명암값이 크게 변화하게 된다. 제안하는 방법은 조명, 그림자의 의한 역영 중 일부 명암값이 크게 변화하는 영역에 대하여 적절한 값을 추정하여 검출되는 것을 확인할 수 있다.

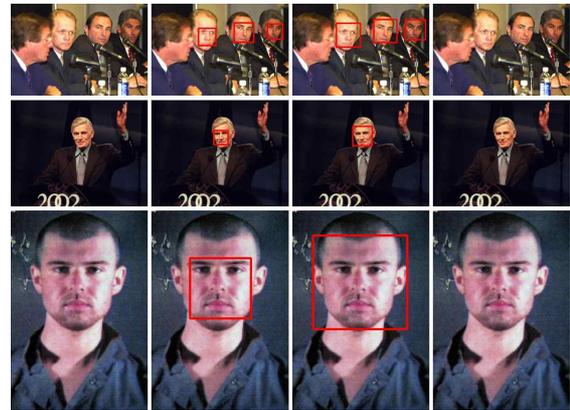


Fig. 14. Comparing images of objects with human figures  
(a)Original Image (b) LBP Cascade Classifier  
(c)Haar-like Cascade Classifier  
(d)Proposed Method

Fig. 14는 기존의 Haar-like 방법에서는 검출되었지만 제안하는 방법에서는 검출 되지 않는 결과 이미지이다. 제안하는 방법에서 피부색 추출단계에서 많은 잡음을 지니고 있는 이미지에서 추출이 되지 않으며, 이마 부분의 손실부분이 배경과 붙어 있어 손실영역을 추정하지 못하였다. 손실영역을 추정하지 못하기 때문에 얼굴검출이 되지 않는다.

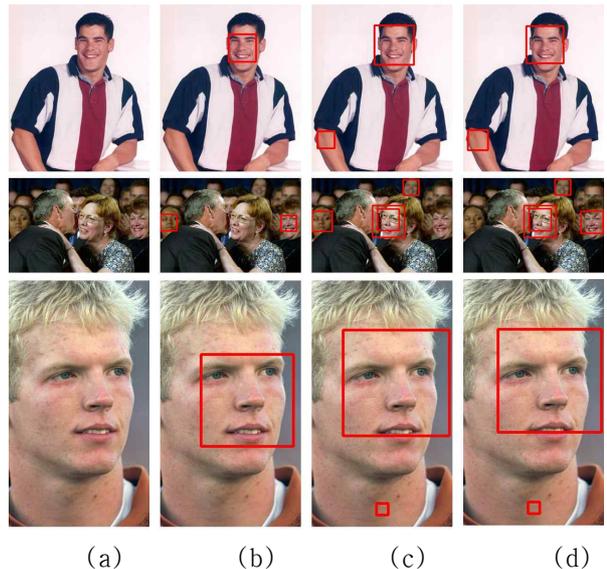


Fig. 15. Comparing Image of Gray Image  
(a)Original Image (b) LBP Cascade Classifier  
(c)Haar-like Cascade Classifier  
(d)Proposed Method

Fig. 15는 기존의 Haar-like 방법에서 오검출된 결과가 제안하는 방법에서 같이 검출되는 결과 이미지이다. 기존의 Haar-like 방법의 오검출 결과가 피부색 검출단

계에서 나온 피부색 영역 안에 존재하기 때문에 같이 검출되는 것을 확인할 수 있다.

Table 1. Comparison with other algorithms

	LBP Cascade Classifier	Haar-like Cascade Classifier	Proposed Method
Recall	94.408%	95.849%	95.150%
Precision	82.535%	92.102%	95.874%

Table 2. Comparison with other Skin Color Extraction

	YCbCr	Proposed Method
Recall	92.966%	95.150%
Precision	96.358%	95.874%

기존의 Haar-like Cascade Classifier의 방법보다 제안하는 방법이 정확도에서 3.772% 향상되었다. 또한 YCbCr 색공간만 사용한 피부색 추출보다 제안하는 방법의 검출률이 2.139% 향상되었다.

### 5. 결론 및 향후 연구

기존의 Haar-like Cascade Classifier는 일정한 영역에 대하여 명암 값의 합을 이용하기 때문에 조명, 그림자 등에 의해 명암 값의 합이 비정상적인 특징으로 추출될 수 있다. 이러한 부분을 개선하기 위해 YCbCr 색공간을 이용한 피부색 추출과 Flood Fill 알고리즘을 사용하여 손실 영역 후보를 추출하였다. 손실 영역 후보에 대하여 YCbCr 색공간의 Cb, Cr 채널에 추가로 추출하였다. 남은 손실영역을 이전 단계에서 나온 결과의 평균을 채워 넣었다. Haar-like 특징을 이용한 Cascade Classifier을 이용하여 최종 얼굴을 검출하였다. 그 결과 기존의 Haar-like Cascade Classifier보다 정확한 얼굴 검출을 하는 실험 결과를 보였다.

Haar-like 검출단계에서 피부색 영역에서 발생한 오검출의 경우 같이 검출되는 문제가 발생하였으며, FloodFill방법의 특성상 많은 메모리를 요구한다. 향후 연구로 피부색 영역에서 발생한 오검출 영역에 대하여 오검출이 발생하지 않도록 하며, FloodFill 알고리즘뿐만 아니라 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### REFERENCES

- [1] H. J. Kim, Y. S. Park, K. B. Kim & S. H. Lee. (2019). Modified HOG Feature Extraction for Pedestrian Tracking. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(3), 39-47.
- [2] S. K. Pyo, Y. S. Park, G. S. Lee & S. H. Lee. (2019). Hangeul detection method based on histogram and character structure in natural image. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(3), 15-22.
- [3] T. H. Yoo, G. S. Lee & S. H. Lee. (2012). Window Production Method based on Low-Frequency Detection for Automatic Object Extraction of GrabCut. *Journal of Digital Convergence*, 10(8), 211-217
- [4] H. H. Han, G. S. Lee, J. Y. Lee & S. H. Lee. (2012). Region Segmentation Technique Based on Active Contour for Object Segmentation, *Journal of Digital Convergence*, 10(3), 167-172.
- [5] J. H. Park. (2016). *Improved Face Detection Algorithm Using Color Distribution and Shape Characteristics*, Graduate dissertation. Kwangwoon University, Seoul
- [6] J. S. Oh (2018). Improved Face Detection Algorithm Using Face Verification. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 22(10), 1334-1339
- [7] M. A. Turk & A. P. Pentland. (1991). Face recognition using eigenfaces. In *Proceedings, 1991 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 586-591). IEEE.
- [8] S. F. Hafez, M. M. Selim & H. H. Zayed. (2015). 2d face recognition system based on selected gabor filters and linear discriminant analysis lda. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Boston: IEEE
- [9] S. Chang & S. Yoo. (2000). Face Detection Using Color Information. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 25(6), 1012-1020.
- [10] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb & A. K. Jain. (2002). Face detection in color images. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(4), 696-706
- [11] D. N. Chandrappa, M. Ravishankar & D. R. RameshBabu. (2011, April). Face detection in color images using skin color model algorithm based on skin color information. In *2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology*. (1, pp. 1988-2018) Kanyakumari : IEEE.
- [12] C. M. Kim & K. W. Lee. (2014). Face Region Detection of a Pedestrian Using  $\Omega$ -Feature in Video Surveillance System, *Journal of KIIT*. 14(9), 27-36
- [13] C. A. Perez, V. A. Lazcano & P. A. Estevez. (2007). Real-time iris detection on coronal-axis-rotated faces. *IEEE Transactions on Systems, Man, and*

*Cybernetics, Part C(Applications and Reviews), 37(5), 971-978.*

- [14] W. Chen, T. Sun, X. Yang & L. Wang. (2009, August). Face detection based on half face-template. In *2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments.* (pp. 4-54). Beijing : IEEE.
- [15] W. Wang & H. Niu. (2012). Face detection based on improved AdaBoost algorithm in E-Learning. In *Cloud Computing and Intelligent Systems.2012 IEEE 2nd International Conference on* (pp. 924-927). Hangzhou : IEEE.
- [16] D. C. Kim, C. H. Lee, M. H. Choi & Y. H. Haa. (2012). Skin Detection Method using Color Space based Methods and Focus Region. *Journal of Korean Society for Imaging Science and Technology, 18(4), 16-22.*
- [17] P. Viola & M. J. Lee.(2004). Robust real-time face detection, *Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision.* (pp. 137-154) Vancouver : IEEE
- [18] I. Kallenbach, R. Schweiger, G. Palm & O. Lohlein. (2006, September). Multi-class object detection in vision systems using a hierarchy of cascaded classifiers. In *Intelligent Vehicles Symposium,* (pp. 383-387). Tokyo : IEEE.
- [19] E. M. Nosal. (2008, October). Flood-fill algorithms used for passive acoustic detection and tracking. In *New Trends for Environmental Monitoring Using Passive Systems,* (pp. 1-5). Hyeres : IEEE.

이 동 우(Dong Woo Lee) [학생회원]



- 2018년 8월 : 광운대학교 컴퓨터공학과(학사)
- 2018년 8월 : 광운대학교 대학원 플라즈마바이오 디스플레이학과(석사과정)
- 관심분야 : 영상 인식, 기계 학습
- E-Mail : led0121@kw.ac.kr

이 상 훈(Sang Hun Lee) [중신회원]



- 1992년 2월 : 광운대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년 ~ 현재 : 광운대학교 정교수
- 2015년 2월 ~ 2017년 12월 : 한국융합학회 편집위원장
- 2018년 1월 ~ 현재 : 한국융합학회 회장
- 관심분야 : 영상인식, 3D 영상처리, 기계 학습, 영상 처리와 생체 인식, IOT 영상처리
- E-Mail : leesh58@kw.ac.kr

한 현 호(Hyun Ho Han) [정회원]



- 2009년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 광운대학교 정보콘텐츠대학원 유비쿼터스컴퓨팅학과(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 정보디스플레이학과(박사과정)
- 관심분야 : 무선 네트워크, 영상인식, 3D 영상처리, 기계 학습
- E-Mail : icewine@kw.ac.kr

채 규 수(Gyoo Soo Chae) [중신회원]



- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2000년 12월 : Virginia Tech(공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2003년 2월 : Amphenol Mobile(RF manager)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수
- 관심분야 : 안테나 설계, 초고주파 이론
- E-Mail : gschae@bu.ac.kr