

---

# 사용자 얼굴 검출을 이용한 ATM 사용 허가 판별 방법

이정화\* · 김태형\* · 차의영\*

\*부산대학교 컴퓨터공학과

## A Method for Deciding Permission of the ATM Using Face Detection

Jung-hwa Lee\* · Tae-hyung Kim\* · Eui-young Cha\*

\*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

E-mail : junghwa@pusan.ac.kr

### 요 약

본 논문은 ATM(Automated Teller Machine)에서 사용자의 얼굴을 검출하여 ATM의 사용 허가 여부를 판별하는 방법을 제안한다. 입력 영상에서 피부색 영역을 추출하여 얼굴 후보 영상을 만들고 AdaBoost(Adaptive Boosting) 알고리즘을 이용하여 얼굴을 검출한다. 검출된 얼굴에서 선글라스, 마스크 등의 액세서리 착용여부를 판단하기 위하여 template matching을 수행하며 그 결과를 이용하여 ATM의 사용 허가를 판별한다. 제안된 방법을 이용하여 실내 ATM 환경에서 액세서리 착용여부를 검출했을 때 만족할 만한 성능을 나타내는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a method for deciding permission from the ATM(Automated Teller Machine) using face detection. First, we extract skin areas and make candidate face images from an input image, and then detect a face using Adaboost(Adaptive Boosting) algorithm. Next, proposed method executes a template matching for making a decision on whether to wear accessories like sunglasses or a mask in detected face image. Finally, this method decides whether to permit ATM service using this result. Experimental results show that proposed method performed well at indoors ATM environment for detecting whether to wear accessories.

### 키워드

은행자동화기기(ATM), 얼굴 검출(Face detection), AdaBoost, Template matching

## 1. 서 론

최근 도난, 사기 등 ATM을 이용한 범죄가 증가되고 있다. 이를 방지하기 위하여 ATM에는 전면 거울에 카메라를 설치하여 사용자의 모습을 녹화하고 있지만 사용자가 선글라스나 마스크 등으로 얼굴을 가리게 되면 카메라는 무용지물이 된다. ATM이 범죄의 수단으로 이용되고 있는 현재의 상황을 개선하기 위한 보안 시스템의 필요성이 요구된다.

이를 위하여 본 논문에서는 ATM에서 실시간으로 사용자의 얼굴을 검출하기 위한 방법을 구하고 이를 바탕으로 ATM에서 사용자의 얼굴 검출 유무에 따라 ATM의 사용을 제한할 수 있는 방법을 제안한다.

실시간으로 동작하는 시스템의 성능을 만족하기 위하여 제안하는 방법은 최근 얼굴 검출에 많이 사용되는 AdaBoost (Adaptive Boosting) 알고리즘을 사용한다 [1]. 이 알고리즘은 학습이 오래 걸리지만 얼굴 검출 시간이 짧아서 실시간 얼굴 검출에 좋은 성능을 보이고 있다. 최종적으로 검출된 얼굴 영역에서 선글라스나 마스크 등의 액세서리에 의해 눈과 입이 가려졌는지를 확인하기 위하여 template matching 을 수행한다.

이러한 과정을 통해 카메라로부터 입력되는 영상에서 사용자의 얼굴을 검출하게 되며 일정 시간동안 얼굴이 검출이 된다면 ATM의 사용을 허가하고 얼굴 검출에 실패한다면 ATM의 사용을 제한하게 된다.

## II. 얼굴 후보 영역 추출

### 2.1 피부색 영역 추출

얼굴을 찾아내는 방법은 여러 가지가 존재하며 그 중에서 피부색상을 이용하는 방법을 얼굴 후보 영역 추출에 사용한다. 이 방법은 색상정보만 이용하기 때문에 쉽고 빠르게 얼굴 후보 영역을 추출할 수 있다는 장점이 있다.

사람의 피부색은 사람과 인종에 따라 차이가 있지만 색차 성분의 차이보다는 휘도 성분에 의해서 많은 차이가 난다. 이러한 특징을 이용하여 식 1과 같이 RGB 색 공간에서 YCbCr 색 공간으로 변환을 하여 휘도 성분인 Y 값은 버리고 색차 성분인 Cb 값과 Cr 값을 이용하여 피부색을 추출한다. 이 방법은 조명에 의한 영향을 덜 받으면서 피부색을 추출할 수 있다 [2,3]. 일반적으로 피부색을 모델링 하는 방법은 식 2와 같다 [4].

$$\begin{cases} Y = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \\ Cb = (-0.169 \times R) - (0.331 \times G) + (0.5 \times B) + 128 \\ Cr = (0.5 \times R) - (0.419 \times G) + (0.081 \times B) + 128 \end{cases} \quad (1)$$

$$SkinColor = \begin{cases} 1 & \text{if } (77 \leq Cb \leq 127) \cap (133 \leq Cr \leq 173) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

그림 1(a)는 원본 입력 영상이며 1(b)는 식 1과 식 2를 이용하여 검출된 피부색 영역을 나타낸다.



그림 1. 입력 영상 및 검출된 피부색 영역

### 2.2 Noise filtering and labeling

색 공간 변환을 이용해 추출된 피부색 이미지에 많은 잡영이 존재한다. 이러한 잡영들은 이후에 수행될 연산에서 overhead가 되며 크기가 작은 점들은 얼굴일 확률이 매우 낮기 때문에 이미지 필터를 사용하여 잡영들을 제거한다. 이미지 필터에는 mean filter, median filter, gaussian filter 등이 있고 제안된 방법에서는 중간 값을 사용하는 5x5 median filter를 사용하여 잡영들을 제거하며 그 결과는 그림 2(a)와 같다.

Noise filtering 후에는 얼굴 후보 영역을 추출하기 위하여 labeling을 수행한다. Labeling으로 connected component를 구할 수 있으며 이렇게 추출된 connected component가 얼굴 후보 영역이 된다. 또한 이미지 필터로 처리하지 못한 잡영까지 모두 제거가 가능하다. Labeling은 glass-fire 알고리즘을 사용하며 전체 이미지 크기의 1% 미만의 영역은 모두 제거한다 [5]. 그림 2(b)는 그 결과를 나타내며 labeling을 흰색에 한 번, 검정색

에 한 번 수행하여 피부색 영역 내에 잡영을 모두 제거한다.

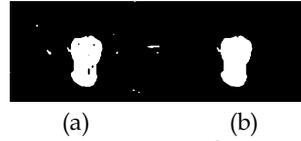


그림 2. Noise filtering 및 labeling 결과

## III. Adaptive Boosting을 이용한 얼굴 추출

### 3.1 사각 특징점 (Rectangle feature)

이미지의 pixel 값을 직접 이용하는 pixel 기반의 시스템보다 특징점 기반의 시스템이 수행속도가 훨씬 빠르다. AdaBoost는 이러한 특징점을 이용하여 패턴을 학습하는 알고리즘으로 사각 특징점들을 이용한다. 각 사각 특징점들은 두 개 이상의 사각형으로 이루어져 있으며 밝은 사각형과 어두운 사각형으로 구성되어 있다 [6,7].

각 사각 특징점들의 값은 사각형 내의 명암도 합을 차로 구한다. 다시 말하면 밝은 사각형 내의 모든 pixel의 명암도 합에서 어두운 사각형 내의 모든 pixel의 합을 빼 값이 특징점 값이다.

본 제안에서 사용하는 특징점은 그림 3과 같이 총 5가지의 대표 특징점을 사용하며 24x24 sub-window 내에서 여러 가지 크기와 위치를 조합하면 약 15만개의 특징점들이 생성된다. 이 15만개의 특징점 중에서 얼굴 검출에 가장 적합한 특징점을 찾는 것이 AdaBoost의 학습 방법이다.

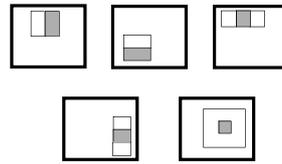


그림 3. 대표 사각 특징점

### 3.2 Integral image

사각 특징점의 특징점 값을 구하기 위해서는 사각 특징점 내의 모든 pixel을 값을 확인해야 하지만 매번 수행 때 마다 pixel을 연산해야 하므로 수행시간이 오래 걸리게 된다. 그러므로 제안하는 방법에서는 더 빠르게 특징점 값을 계산하기 위하여 integral image 방법을 이용한다.

$$ii(x,y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x',y') \quad (3)$$

식 3에서 ii(x,y)는 integral image를 나타내며 i(x,y)는 입력 이미지를 나타낸다. (x,y) 지점에서의 integral image의 값은 (x,y) 지점의 왼쪽과 위

쪽의 모든 pixel 값의 합이 된다. 그리고 이 integral image 값은 아래의 식 4와 5를 이용하여 쉽게 구할 수 있다.

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (4)$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (5)$$

$s(x, y)$ 는 해당 row 방향의 누적 값이며 이러한 integral image 값을 이용하면 사각형 내의 명암도 합을 쉽게 구할 수 있다.

### 3.3 AdaBoost 학습

AdaBoost는 얼굴 이미지인 positive 이미지와 비 얼굴 이미지인 negative 이미지를 학습하여 두 종류의 이미지를 분류할 수 있는 적절한 특징점을 찾아낸다. 약 분류기(Weak Classifier)  $h_j(x)$ 는 식 6과 같이 특징점  $f_j$ , threshold  $\theta_j$ 와 parity  $p_j$ 로 이루어지며 각 특징점에 대한 오차를 최소화할 수 있는 threshold를 결정한다.

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

학습의 첫 단계로 weight가 치중되지 않게 normalize 시키고 오류  $\epsilon$ 를 계산하여 오류가 가장 작은 classifier  $h_j$ 를 구한다. 그 이후에 weight를 수정하고 다시 첫 단계로 돌아간다. 이렇게 T 횟수만큼 반복하면 T 개수만큼의 classifier가 선택이 되며 이러한 약 분류기의 합이 강 분류기(Strong Classifier)가 된다.

### 3.4 Cascaded AdaBoost

Cascade 구조는 한 단계로 이루어진 강 분류기 구조를 여러 단계로 나누어서 처리를 하는 방식으로 그림 4와 같은 구조를 가진다.

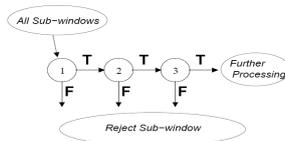


그림 4. Cascaded AdaBoost 구조도

Cascaded AdaBoost는 각 단계별로 분류기의 개수를 증가시키면서 학습을 수행하고 그 결과를 토대로 검출률과 FP-rate(False positive rate)를 구한다. 만약 검출률이 각 단계의 기준을 넘지 못한다면 threshold를 낮추어서 검출률을 증가시키며 그 결과로 FP-rate도 영향을 받아서 함께 증가한다. 증가한 FP-rate를 확인하여 각 단계의 기준을 만족시키지 못하면 분류기의 개수를 증가시켜

FP-rate를 낮춘다. 즉, 각 단계의 기준을 만족시킬 때까지 분류기 개수를 증가시키고 threshold 값을 낮추는 방법이다. 이러한 Cascade 구조의 AdaBoost 학습방법은 단계를 여러 개로 나누어서 검출률은 높아지고 수행시간도 빨라진다.

### 3.5 AdaBoost를 이용한 얼굴 검출

AdaBoost 학습의 결과 데이터를 이용하여 얼굴 검출을 수행한다. 얼굴 후보 영역 내에 다양한 크기의 얼굴이 존재할 수 있기 때문에 얼굴 후보 영역에 대하여 pyramid 형태로 축소를 한다. 원본 후보 영역에서 1.6배 축소시킨 후에 매 단계마다 1.25배씩 계속 축소시키면서 얼굴을 찾게 되며 이러한 방법은 실행 시간을 줄인다.

위의 방법을 이용하여 축소 이미지에서 sub-window의 위치를 변경해가면서 학습의 결과로 생성된 각 단계의 classifier를 적용하여 얼굴 검출 여부를 판단한다.

## IV. Template matching을 이용한 얼굴 검출

### 4.1 Template image 생성

추출된 얼굴 이미지를 template matching하기 위해서는 비교 대상이 되는 template image가 필요하다. 본 제안에서는 두 가지 template image를 사용한다. 첫 번째 template은 그림 5(a)와 같이 기본 얼굴 이미지를 모두 합성하여 만든 얼굴 template 이고, 두 번째 template은 그림 5(b)와 같이 각 얼굴 이미지에 horizontal sobel mask를 적용한 후 그 edge를 합성한 edge template 이다. 눈과 입 주위는 horizontal edge에 대하여 강한 성분을 가지고 있기 때문에 horizontal edge가 얼굴 비교에 좋은 요소가 될 수 있다.



그림 5. Template Image

### 4.2 상관 계수를 이용한 Matching

상관 계수(Correlation Coefficient)는 두  $x, y$ 에 대하여 상관관계의 정도를 나타내는 계수로써 식 7을 사용한다.

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{r=1}^N (x_r - \bar{x})(y_r - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (7)$$

$\bar{x}$ 와  $\bar{y}$ 는 각각  $x$ 와  $y$ 의 평균값이고,  $\sigma_x$ 와  $\sigma_y$ 는  $x$ 와  $y$ 의 표준편차이다. 상관계수는  $-1 \leq r \leq 1$ 의 값을 가지며 서로 양의 상관관계에 있을 때는

$\gamma > 0$ , 음의 상관관계에 있을 때는  $\gamma < 0$ , 아무런 상관성이 없을 때에는  $\gamma = 0$ 이다.

이 식을 사용하여 template 이미지와 얼굴 이미지의 상관계수를 구하고 그 값이 threshold 보다 큰 값을 가질 경우에만 얼굴로 판별된다. 상관계수는 얼굴 전체, 눈, 입에 대하여 계산하며 edge template에 대해서도 역시 얼굴 전체와 눈, 입에 대하여 계산한다.

## V. 실험결과

### 5.1 액세서리 종류에 따른 검출 결과

실험은 그림 6과 같이 실제 ATM이 위치한 은행에서 실험자가 안경, 선글라스, 마스크를 착용한 상태로 수행하였다. 총 10명의 실험자가 각 착용상태에 대하여 20번씩 반복하였으며 그 결과는 표 1과 같다.



그림 6. 실험 수행 예시

결과를 보면 마스크 착용의 경우는 완벽한 검출률을 보이고 있지만 선글라스 착용의 경우는 얼굴로 오인식 하는 경우가 종종 발생하였다. 선글라스 착용 여부를 눈 사이의 pixel 값보다 눈 주위의 pixel 값이 어두운 부분이 threshold 보다 많게 될 경우로 판단하였는데 조명 등의 주변 환경에 따라서 오인식 하는 경우가 발생하였다.

표 2. 액세서리 종류에 따른 검출률 (%)

	얼굴	안경	선글라스	마스크
Face	93.4	91.8	5.9	0.0
Non-face	6.6	8.1	94.1	100.0

### 5.2 장소에 따른 검출 결과

ATM 기기의 설치 장소는 실내외를 가리지 않고 어디든 위치할 수 있다. 설치 장소는 실내조명에 영향을 받는 실내장소와 햇빛에 영향을 받는 실외장소로 크게 나눌 수 있고, 실외도 역광, 양쪽 측광에 따라 나눌 수 있다. 각 장소에 따라서 앞의 실험과 마찬가지로 총 10의 실험자가 각 20 번씩 얼굴과 액세서리의 검출을 실험하였다. 표 2에서 나타내는 결과는 얼굴, 안경, 선글라스, 마스크 착용 상태의 결과를 평균하여 계산된 것이다.

표 3. 장소에 따른 검출률 (%)

	실내	실외 역광	실외 좌측광	실외 우측광
검출률	93.7	67.1	81.6	82.8

결과를 보면 실내의 경우는 좋은 검출률을 보이는 반면에 실외의 경우는 검출률이 많이 낮았다. 특히 역광의 경우는 카메라가 자동 노출로 동작하기 때문에 사용자의 얼굴이 어둡게 변하여서 얼굴 검출에 실패하는 경우가 많았다. 그리고 측광의 경우는 강한 태양광이 얼굴에 비춰져서 얼굴의 피부색이 피부색 추출 영역에 들어가지 못하는 결과를 나타냈다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 ATM 기기에서 범죄자 혹은 악의적인 목적의 사용자가 자신의 얼굴을 숨기는 것을 찾아내기 위해 카메라를 이용하여 사용자의 얼굴을 찾아내는 시스템을 제안하였다.

실외와 같은 특정 조건에서 좋지 못한 성능을 보이고는 있지만 본 시스템은 실시간 얼굴 검출에 좋은 성능을 보이고 있으며 액세서리를 착용하였을 경우는 눈과 입 부분을 구분하여 검출실패 이유를 사용자에게 알려준다. 현재 보안성이 취약한 ATM 기기에서 본 시스템을 통하여 보안성을 높일 수 있을 것으로 기대되며 추후 개선과정을 통하여 다양한 조건에서도 좋은 성능을 나타낼 수 있을 것을 기대한다.

## 참고문헌

1. Paul Viola, Michael Jones, Robust Real-time Object Detection, IJCV, 2001
2. 이상걸, 컬러영상에서의 얼굴 구성 요소에 대한 영역 검출과 상태 인식 기법, 부산대학교, 2005
3. 정성환, 이문호 저, Visual C++ 디지털 영상처리, 홍릉과학출판사, 2006
4. 정중교, 박상성, 장동식, 피부색과 Haar-like feature를 이용한 실시간 얼굴검출, 한국컴퓨터정보학회논문지, Vol.10, No.4, pp.113-121, 2005
5. I. Pitas, Digital Image Processing Algorithms, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1993
6. Shan Jiang, Xiaobo Zhou, Tome Kirchhausen, Stephen T. C. Wong, Detection of Molecular Particles in Live Cells via Machine Learning, The Journal of the International Society for Analytical Cytology, pp.563-75, 2007
7. Jung Sung Uk, Efficient Rectangle Feature Extraction for Real-time Facial Expression Recognition based on AdaBoost, KAIST, 2005