

## SVM 분류기를 이용한 실시간 얼굴 검출 방법

지형근, 이경희, 반성범  
한국전자통신연구원 생체인식기술연구팀  
전화 : 042-860-1674 / 핸드폰 : 019-209-4844

### Real-time Face Detection Method using SVM Classifier

Hyung-Keun Jee, Kyung-Hee Lee, Sung-Bum Pan  
Biometrics Technology Research Team, ETRI  
E-mail : hkjee@etri.re.kr

#### Abstract

In this paper, we describe new method to detect face in real-time. We use color information, edge information, and binary information to detect candidate regions of eyes from input image, and then extract face region using the detected eye pair. We verify both eye candidate regions and face region using Support Vector Machines(SVM). It is possible to perform fast and reliable face detection because we can protect false detection through these verification processes. From the experimental results, we confirmed the proposed algorithm shows very excellent face detection performance.

#### I. 서론

얼굴 인식 기술은 크게 얼굴 검출, 특징 추출, 동일성 검증의 세 단계로 이루어지며, 얼굴 인식의 성능을 높이고 실시간 처리를 하기 위해서는 첫번째 과정인 정확한 얼굴의 검출이 매우 중요하다.[1] 그러나 얼굴 인식 기술에 있어서 얼굴 검출은 배경, 조명 등 환경 변화 뿐만 아니라, 얼굴 표정, 머리 모양, 영상 내의 얼굴 크기 변화 등으로 인하여 많은 어려움이 있다.

영상 내의 얼굴 검출에 대한 기존의 연구 동향은 크게 흑백 영상을 이용한 방법과 컬러 영상을 이용하는 방법으로 나뉘어 진다. 최근에는 컬러 영상이 흑백 영상보다 많은 정보를 가지고 있는 점에 착안하여 피부색을 이용해 얼굴을 분리해내는 연구가 많이 진행되고 있으나, 이러한 방법은 입력 장치와 조명이 동일한 상태에서는 좋은 추출 결과를 갖지만, 빛의 세기와 방향에 매우 민감하여 조명 상태가 다르거나

배경에 얼굴색과 유사한 색이 있을 경우에는 제대로 검출하지 못하는 한계가 있다.

흑백 영상을 이용할 경우에는 지식 기반 방법과 모양 기반 방법 등이 있다. 지식 기반 방법[2]은 얼굴의 눈, 코, 입 사이의 거리, 위치 등의 정보를 이용하여 얼굴을 탐지하는 방법으로 보다 정확한 특징 추출에는 효과적이지만, 사전 지식을 필요로 하며 알고리즘 수행 시간이 많이 걸린다는 단점을 가지고 있다.

모양 기반 방법에는 템플릿 신경망을 이용한 방법[3], 주성분 분석에 의한 고유 얼굴(eigenface)을 이용한 방법[4], Support Vector Machine(SVM)을 이용한 방법[5], 템플릿 매칭을 이용한 방법[6] 등 여러가지 방법이 있다. 이 중에서 신경망을 이용한 방법은 상당히 많은 학습 데이터를 필요로 하고, 학습에 많은 시간이 걸린다는 단점을 가지고 있다. SVM을 이용한 방법은 신경망을 이용한 방법에 비해 학습 속도가 빠르고, 더 나은 얼굴 탐지율을 보여 최근에 패턴 인식 분야에서 많이 사용되고 있는 방법이다.

본 논문에서는 개인 인증을 위한 실시간 얼굴 검출 시스템의 구현에 목적을 두었으며, 컬러 정보, 에지 정보와 이진화 정보, 그리고 SVM을 복합적으로 이용하여 얼굴 검출을 하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 먼저 얼굴 후보 영역을 검출하는 과정에서 컬러 정보를 이용하여 영상에서 얼굴 후보 영역을 검출한다. 검출된 얼굴 후보 영역에서 에지 정보와 이진화 정보를 이용하여 두 눈의 후보 영역을 검출한 후 두 눈의 중심을 기준으로 얼굴의 기술기 보정 및 크기의 정규화를 수행하여 얼굴 영역을 검출함으로써, 실시간 얼굴 인식에 사용할 수 있는 빠른 얼굴 검출이 가능하도록 하였다. 그리고 각 단계에서 눈 후보 영역과 얼굴 영역을 SVM 검증기를 통한 검증 과정을 거침으로써 잘못된 얼굴 검출을 막아 보다 신뢰성 있는 얼굴 검출이 가능하였다.

## II. 제안한 얼굴 검출 방법

본 논문에서는 효율적인 얼굴 검출을 위해 입력 영상에서 컬러 정보, 에지 정보 및 이진화 정보, 그리고 SVM을 복합적으로 이용하여 얼굴을 검출한다.

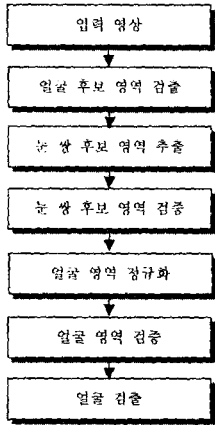


그림 1. 얼굴 검출 전체 흐름도

그림 1에서처럼 먼저 카메라로부터 입력된 320×240 크기의 컬러 영상으로부터 살색 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한다. 이 얼굴 후보 영역 내에서 다시 에지 정보와 이진화 정보를 이용하여 눈의 쌍 후보 영역들을 검출한다. 검출된 눈의 후보 영역들을 20×10 크기로 정규화 한 후 Support Vector Machine(SVM)을 이용한 검증 과정을 거쳐 하나의 눈 쌍 영역을 검출하게 된다. 두 눈을 검출한 후에는 두 눈의 중심의 각도를 이용하여 영상의 기울기를 보정한 후, 두 눈 사이의 거리를 이용하여 얼굴 영역을 추출하고 32×32 크기로 정규화한 다음 배경의 영향을 없애기 위해 마스킹을 한다. 정규화된 얼굴 영역은 다시 SVM 얼굴 검정기를 통해 검증을 한 후 최종적으로 얼굴 영역을 검출하게 된다.

### 2.1 얼굴 후보 영역 및 눈 검출

본 논문에서는 컬러 정보를 사용하여 얼굴 후보 영역을 검출하고 후보 영역 내에서 눈을 검출하는 방법을 사용하였다. 제안한 방법은 먼저 피부색에 대해 비교적 안정된 분포를 갖는 YCbCr 좌표계를 사용하여 입력 영상으로부터 컬러 정보를 추출한 후, 등록된 임계치를 이용하여 영상을 이진화해서 얼굴 후보 영역을 검출한다.

검출된 얼굴 후보 영역에서 눈 영역을 검출하기 위해서 본 논문에서는 에지 정보와 이진화 영상을 병합하여 이용한 방법[7]을 사용하였다. 먼저 수직, 수평으로 분리된 에지 연산

자를 적용하여, 눈동자의 경계선에 의한 강한 수직 성분의 에지를 이용한다. 즉 먼저 수직 성분의 에지 영상을 얻고, 이 에지 영상에 대하여 수평 프로젝션을 하면 대략적인 눈의 Y 좌표를 얻을 수 있다. 또한 [7]에서 기술된 방법으로 대략적인 눈동자 중심을 찾고, 다시 이진화된 영상과 수평 성분의 에지 영상의 프로젝션 히스토그램을 이용하여 눈의 쌍 후보 영역을 검출한다.

검출된 눈 쌍 후보들 중 하나의 눈 쌍을 선택하기 위하여 검출된 각 눈 후보 영역들에 대하여 검증 과정을 거친다. 눈 검증 과정에서 단순한 템플릿 매칭 방법을 사용하였을 경우에는 그림 2와 같이 눈썹과 같이 눈과 유사한 영역들을 눈으로 오인식하여 잘못된 검출하는 경우가 많이 발생하였다.



그림 2. 눈이 잘못 검출된 영상

본 논문에서는 이러한 눈의 잘못된 검출을 막기 위하여 각 눈 쌍 후보 영역들을 사전에 학습시켜서 생성해준 SVM 눈 검정기를 이용하여 검증하는 단계를 거친다. 검증 과정에서 각 눈쌍 후보 영역들에 대해 두 눈 중에 하나라도 눈이 아닌 것으로 검증이 되면 그 쌍은 눈이 아닌 것으로 판별한다.

### 2.2 얼굴 검출

두 눈 영역이 추출되면 두 눈의 중심의 위치를 이용하여 영상의 기울기 보정 및 크기의 정규화를 수행한다. 먼저 추출된 두 눈의 중심의 각도를 이용하여 영상의 기울기를 보정한 후, 얼굴 영역의 크기를 정규화 한다. 두 눈의 중심 사이의 거리를  $d$ 라고 하였을 때 눈 양 옆으로  $1/2 d$  만큼, 눈 위로  $1/2 d$  만큼, 그리고 눈 아래로  $3/2 d$  만큼을 얼굴 영역으로 추출하고 32×32픽셀의 크기로 정규화 한다.

그리고 배경의 영향을 최대한 없애기 위해 그림 3 (c)와 같은 32×32 픽셀 크기의 마스크를 이용하여 마스킹 작업을 수행한다. 그림 3은 위와 같은 방법으로 (a)처럼 얼굴이 기울어진 영상에서 두 눈의 영역이 추출되고 난 후, 기울기 보정 및 얼굴 영역을 정규화하고 마스킹을 하는 과정을 보여주고 있다.



그림 3. 두 눈을 이용한 얼굴 영역 정규화

본 논문에서는 32×32 크기로 정규화된 얼굴 영역에 대해서 SVM 얼굴 검증기를 통해 얼굴인지 아닌지를 다시 한번 검증하는 과정을 거친다. 이러한 과정을 수행하는 이유는 눈을 제대로 검출하지 못한 경우와 눈은 제대로 검출하였으나 얼굴이 상하 또는 좌우로 심하게 돌아간 경우에는 얼굴이 아닌 것으로 판별하기 위한 것이다.

### III. 실험 결과

본 논문에서의 얼굴 검출은 개인 인증 시에 사용하기 위한 것이기 때문에 실험 데이터는 대부분 카메라를 응시한 상태에서 상하좌우로 대략 15도 정도까지 기울어진 얼굴 영상들로 구성되었다. 50명의 사람에 대하여 각각 사무실 환경에서 조명, 표정, 안경 착용 여부 등의 변화가 있는 10장의 영상으로 구성된 ETRI에서 자체적으로 촬영한 총 500장의 얼굴 데이터베이스를 이용하여 실험하였으며, 입력 영상의 크기는 320×240 이다.

#### 3.1 눈 검출

눈 검증 SVM 생성에 사용된 학습 데이터는 20×10 픽셀 크기의 눈 영상 200개와 non-eye 영상 200개로 총 400개의 영상을 사용하였다. 모든 영상 데이터는 SVM 학습을 위하여 픽셀 값이 0에서 1사이의 값을 갖도록 정규화 하였고, 커널 함수는 Radial Basis Function (RBF) 커널을 사용하였다. 눈 영상에 비하여 non-eye 영상은 훨씬 변화가 다양하여 대표 영상을 선택하는 문제가 매우 어려우며, 학습에 어떤 non-eye 영상이 사용되느냐에 따라 SVM 검증기의 성능이 크게 좌우될 수 있기 때문에 non-eye 영상의 적절한 선택은 SVM 학습에 있어서 매우 중요한 문제이다. 본 논문에서는 먼저 기존의 실험 과정에서 눈으로 잘못 검출되었던 눈썹, 콧구멍, 입 등과 같이 눈과 유사한 영역들을 SVM 학습 초기에 non-eye 영상으로 사용하여 학습하였다.

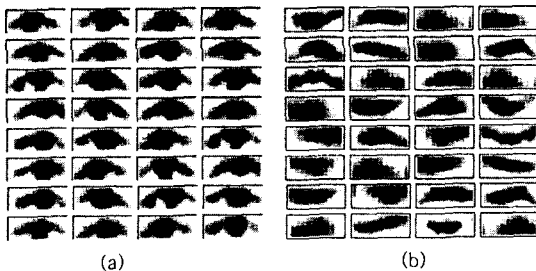


그림 4. 눈 검증 SVM 생성에 사용된 (a) 눈 영상들과 (b) non-eye 영상들

그리고 "bootstrapping" 방식을 이용하여 학습 과정에서

눈으로 오인식된 영상들은 non-eye 영상 학습 데이터에 추가 시키고, 눈 영상이지만 눈으로 인식하지 못한 영상들은 눈 영상 학습 데이터에 포함시켜 계속해서 추가로 반복 학습을 시켰다.

그림 5는 학습을 통해 생성된 SVM을 이용한 눈 검출 실험 결과의 예이다. 실험 결과 안경을 착용하거나 어느 정도 기울어진 얼굴 영상에 대해서도 눈 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.

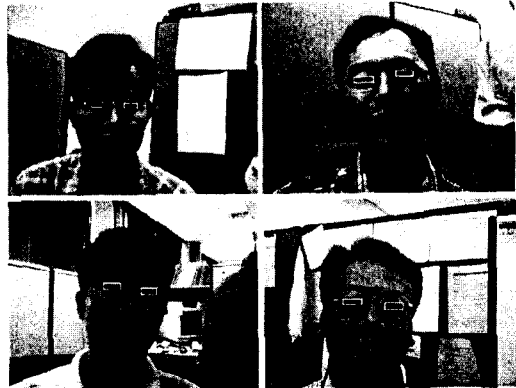


그림 5. 눈 검출 결과 영상

실험 결과 <표 1>에서 보여지듯이 제안한 방법이 템플릿 매칭을 이용한 방법에 비하여 더 높은 눈 검출 성능을 보였다.

<표 1> 눈 검출 성능 비교

방법	눈 인식 성공률	눈 인식 실패율
Template Matching	67.4%	32.6%
SVM verifier	92.5%	7.5%

#### 3.2 얼굴 검출

얼굴 검증 SVM의 학습에 사용된 영상의 사이즈는 32×32이며, 그레이 스케일의 흑백 영상이 사용되었다. 학습 데이터는 얼굴 영상 150개와 "non-face" 영상 150개로 구성되었으며, 얼굴 검증 SVM의 커널 함수로는 Polynomial 함수가 사용되었다

non-eye 학습 데이터와 마찬가지로 non-face 영상 또한 얼굴 영상보다 훨씬 변화가 다양하기 때문에 학습에 필요한 대표 영상을 선택하는 것이 non-eye 학습 영상의 선택보다 더 어려운 문제이다. 본 논문에서는 그림 2에서와 같이 먼저 두 눈이 잘못 검출되었을 경우에 정규화된 얼굴 영역들을 위주로 non-face 학습 데이터를 구성하였으며, 그림 6은 배경

의 영향을 없애기 위해 매스킹된 학습 영상들의 예이다.



그림 6. 얼굴 검증 SVM 생성에 사용된 (a) 얼굴 영상들과 (b) non-face 영상들의 예

그림 6의 (b)와 같은 영상들은 언뜻 보기에는 얼굴과 비슷하지만 정확한 눈 검출이 이루어지지 않아 이로 인해 잘못 검출된 얼굴이기 때문에, 이를 "non-face" 영상으로 학습시키는 것이 매우 효과적이다. 그리고 눈 검증 SVM 생성 때와 마찬가지로 "bootstrapping" 방식을 이용하여 계속해서 반복 학습을 하였다.

학습을 통하여 생성된 SVM 얼굴 검증기를 사용한 얼굴 검증 실험에 사용된 DB는 눈 검출 실험과 같은 영상들이 사용되었으며, 실험 결과 <표 2>에서 보여지는 바와 같이 99% 이상의 높은 검출율을 보였다.

<표 2> 얼굴 검출 실험 결과

방 법	얼굴 인식 성공율	얼굴 인식 실패율
SVM verifier	99.2%	0.8%

#### IV. 결 론

본 논문에서는 두 눈의 후보 영역을 검출하여 SVM을 통해 검증을 하고, 검출된 두 눈의 중심을 이용하여 얼굴 영역을 검출한 후 정규화된 얼굴 영역을 또 다시 SVM을 이용해 검증을 함으로써, 최종적으로 얼굴 영역을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 컬러 정보, 에지 정보와 이진화 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역 및 두 눈의 후보 영역을 검출한 후에 SVM을 이용한 검증 단계를 거쳐 최종적으로 얼굴을 검출하는 방법으로, 기존의 전체 영상을 사이즈를 줄여 가며 스캔하여 SVM만을 이용한 얼굴 검출 방법에 비해 검출 속도가 빨라 실시간 얼굴 검출이 가능하며, 눈 쌍 후보 영역과 얼굴 영역을 SVM을 사용해 검증하는 단계를 거침으로써 잘못된 얼굴을 검출하는 경우를 막아 얼굴 검출 시스템의 성능을 향상시킬 수 있었다.

#### REFERENCES

[1] M.H. Yang, N.Ahuja, D. Kriegman, "A survey on face detection method," Working paper, 1999.

[2] I. Craw, D. Tock, and A. Bennett, "Finding Face Features," Proc. of the Second European Conference on Computer Vision, pp.92-96, 1992.  
 [3] H. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection," Proc. IEEE Computer Society Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition, pp.203-208, 1996.  
 [4] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No. 1, pp.71-86, 1991.  
 [5] Osuna, E., Freund, R., Girosi, F., "Training Support Vector Machines: An Application to Face Detection," CVPR, 1997.  
 [6] Roberto B. and Tomaso P., "Face Recognition: Features versus Templates," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.10, pp.871-882, 1993.  
 [7] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출," 정보과학회 논문지, 제27권, 제7호, pp.731-741, 2000