

# SVM을 이용한 얼굴 검출 성능 향상 방법

지 형 근<sup>†</sup> · 이 경 희<sup>††</sup> · 정 용 화<sup>†††</sup>

## 요 약

실시간 자동 얼굴 인식 기술에 있어서 정확한 얼굴의 검출은 필수적이며, 얼굴 인식의 성능에 큰 영향을 미치는 매우 중요한 부분이다. 본 논문에서는 컬러 정보, 에지 정보 및 이진화 정보를 복합적으로 이용하여 입력 영상으로부터 두 눈의 영역을 검출하고 이를 이용해 얼굴 후보 영역을 검출한다. 검출된 눈 후보 영역과 얼굴 후보 영역에 대하여 얼굴 검출과 눈 검증용으로 학습된 각각의 SVM을 이용하여 검증한다. 이러한 검증 과정을 거침으로써 잘못된 검출을 막아 빠르고 신뢰성 있는 얼굴 검출이 가능하다. 실험을 통해 본 연구에서 제안한 방법이 99% 이상의 얼굴 검출 성공율을 보임을 확인하였다.

## Performance Improvement Method of Face Detection Using SVM

Hyung-Keun Jee<sup>†</sup> · Kyung-Hee Lee<sup>††</sup> · Yong-Wha Chung<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In the real-time automatic face recognition technique, accurate face detection is essential and very important part because it has the effect to face recognition performance. In this paper, we use color information, edge information, and binary information to detect candidate regions of eyes from input image, and then detect face candidate region using the center point of the detected eyes. We verify both eye candidate region and face candidate 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 process. From the experimental results, we confirmed the proposed algorithm in this paper shows excellent face detection rate over 99%.

**키워드 :** Support Vector Machines, 눈 검출(Eeye Detection), 얼굴 검출(Face Detection)

### 1. 서 론

최근 컴퓨터를 이용한 개인의 정보 보호 및 신분 확인을 위한 기술로 개인의 고유한 인체 특징을 이용한 생체 인식 기술이 많이 연구되고 있으며, 이러한 생체 인식 방법 중 얼굴 인식은 다른 생체 인식 기술과 달리 사용자의 특별한 동작이나 행위에 대한 요구 없이 자연스럽게 신분확인할 수 있다는 장점 때문에 가장 편리하고, 경쟁력 있는 생체 인식 기술로 평가된다.

얼굴 인식 기술은 크게 얼굴 검출, 특징 추출, 동일성 검증의 세 단계로 이루어지며, 얼굴 인식의 성능을 높이고 실시간 처리를 하기 위해서는 첫 번째 과정인 정확한 얼굴의 검출이 매우 중요하다[1]. 그러나 얼굴 인식 기술에 있어서 얼굴 검출은 배경, 조명 등 환경 변화 뿐만 아니라, 각 개

인별 특징의 차이, 얼굴의 상하좌우 각도, 얼굴 표정, 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 있다[2]. 그러나 이러한 방법은 입력 장치(카메라)와 조명이 동일한 상태에서는 좋은 추출 결과를 갖지만, 빛의 세기와 방향에 매우 민감하여 조명 상태가 다르거나 배경에 얼굴 색과 유사한 색이 있을 경우에는 제대로 검출하지 못하는 한계가 있다[3].

흑백 영상을 이용할 경우에는 지식 기반 방법과 모양 기반 방법 등이 있다. 지식 기반 방법[4,5]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 걸리는 단점을 가지고 있다[6].

<sup>†</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 정보보호연구단 생체인식기술연구팀 연구원

<sup>††</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 정보보호연구단 생체인식기술연구팀 선임 연구원

<sup>†††</sup> 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수

논문접수 : 2003년 6월 5일, 심사완료 : 2004년 2월 12일

모양 기반 방법에는 템플릿 신경망을 이용한 방법[7-9], 주성분 분석에 의한 고유 얼굴(eigenface)을 이용한 방법[10, 11], Support Vector Machine(SVM)을 이용한 방법[12], 템플릿 매칭을 이용한 방법[13-15] 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 더 나은 얼굴 탐지율을 보이며, 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있어 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 정보만 이용하였을 경우의 단점을 보완하기 위하여 살색 정보와 에지 정보를 동시에 이용하여 영상에서 얼굴 후보 영역을 검출한다. 검출된 얼굴 후보 영역에서 에지 정보와 이진화 정보를 이용하여 두 눈의 후보 영역을 검출한 후 두 눈의 중심을 이용하여 얼굴의 기울기 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 후보 영역을 SVM 검증기를 통한 검증 과정을 거침으로써 잘못된 얼굴 검출을 막을 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 눈 영역 및 얼굴 영역의 검출에 사용되는 Support Vector Machine의 이론적 배경에 대해 간단히 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 얼굴 검출 알고리즘에 대해서 상세히 기술한다. 다음으로 4장에서는 실험 및 결과를, 5장에서는 본 연구에 대한 결론을 서술한다.

**2. Support Vector Machines(SVM)**

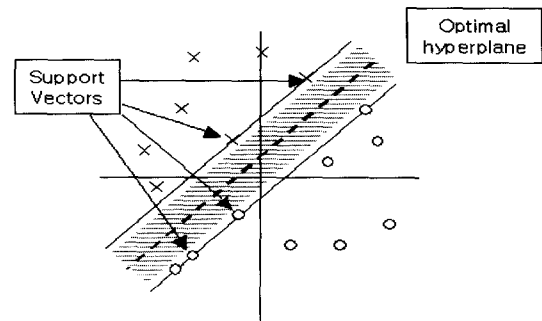
이 장에서는 본 논문의 주요 알고리즘인 Support Vector Machines에 대하여 간략하게 살펴 보기로 한다. SVM은 V. Vapnik에 의해 패턴인식 분야에서 최근에 제안[16]된 것으로, 구조적 위험 최소화(structural risk minimization)의 개념에 기반한 최적의 선형 결정 평면(optimal linear decision surface)을 찾는 이진 분류 방법이다. 결정 평면은 학습 집합의 원소들의 가중화된 조합(weighted combination)이다. 이러한 학습 집합의 원소들을 *support vectors*라 부르고, 이것은 두 클래스 간의 경계면을 나타낸다.

$N$ 개의 학습 샘플들  $(\mathbf{x}_i, y_i)$ 가 있다고 할 때, 여기서  $\mathbf{x}_i \in R^d$ 이고  $y_i$ 는 관련된 레이블이다 ( $y_i \in \{-1, 1\}$ ). 선형 분

리 데이터를 가정할 경우, 최대 여백 분류(maximum margin classification)의 목표는 (그림 1)과 같이 support vectors의 거리가 최대화되는 초월면(hyperplane)에 의해 두 개의 클래스를 분리하는 것이다. 이러한 초월면은 최적 경계 초월면(OSH : Optimal Separating Hyperplane)이라고 불린다. OSH는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i (\mathbf{x}_i^T \mathbf{x}) + b \tag{1}$$

여기서 계수들  $\alpha_i$ 와  $b$ 는 2차 프로그래밍(quadratic programming) 문제의 해이며, support vectors에 대한  $\alpha_i$ 는 0이 아닌 값을 갖는다.



(그림 1) 선형 분리 가능한 Optimal Hyperplane의 예.

선형 분리가 불가능한 데이터인 경우에는, SVM은 입력 벡터를 선형 초월면이 발견되는 고차원의 특징 공간  $F$ 로 비선형 매핑을 할 수 있다. 다음의 식 (2)와 같은 고차원 매핑은 비선형 SVM을 형성하는데 사용된다.

$$\phi : R^d \rightarrow F \tag{2}$$

목표 함수(objective function)와 결정 함수(decision function) 두 가지 모두 데이터 벡터  $\mathbf{x}$ 의 내적에 의해 표현됨에 따라, 계산적으로 복잡한 매핑  $\phi(\cdot)$ 는 명시적으로 계산할 필요가 없다. Mercer의 조건을 만족하는 커널 함수(kernel function)  $K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i)$ 는  $(\mathbf{x} \cdot \mathbf{x}_i)$ 대신에 사용되는  $(\phi(\mathbf{x}) \cdot \phi(\mathbf{x}_i))$ 를 다시 치환할 수 있다[16]. 따라서 결정 평면은 다음 식 (3)과 같은 수식을 갖는다.

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i (\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) + d \tag{3}$$

다음의 커널 함수들이 SVM에 종종 사용되는데, 다항식 커널(polynomial kernels)은 다음의 식 (4)와 같이 주어진다.

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = (\mathbf{x}^T \mathbf{x}_i + 1)^p \tag{4}$$

또한 RBF 커널(Radial Basis Function kernels)은 식 (5)

와 같으며,

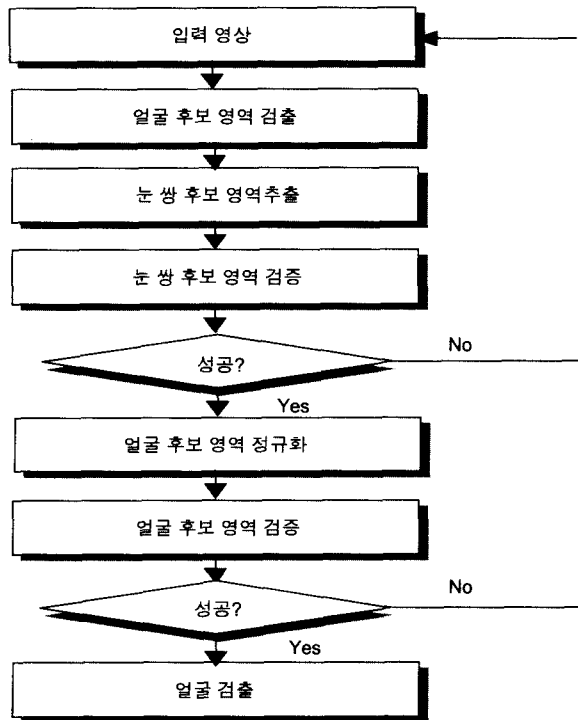
$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|^2\right) \quad (5)$$

tangent hyperbolic kernels은 다음 식 (6)과 같다.

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \tanh(\alpha \cdot \mathbf{x}^T \mathbf{x}_i + \beta) \quad (6)$$

### 3. 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 2) 얼굴 검출 전체 흐름도

(그림 2)에서 처럼 먼저 카메라로부터 입력된 320×240 크기의 컬러 영상으로부터 살색 정보와 에지 정보를 동시에 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 후보 영역을 추출하고 32×32 크기로 정규화한다. 정규화된 얼굴 후보 영역은 다시 SVM 얼굴 검증기를 통해 검증을 한 후 최종적으로 얼굴 영역을 검출하

게 된다.

#### 3.1 얼굴 후보 영역 검출

컬러 정보를 이용한 얼굴 검출의 가장 큰 문제점은 임계치를 설정하는 것이 어렵다는 것이다. 컬러 정보는 조명에 매우 민감하기 때문에 고정된 임계치를 이용하면 배경과 피부색이 유사할 경우에는 좋은 결과를 기대하기 힘들다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 본 논문에서는 에지 정보와 컬러 정보를 동시에 사용하여 얼굴 후보 영역을 검출하는 방법을 사용하였다. 제안한 방법은 먼저 Sobel 에지 검출 알고리즘을 사용하여 얼굴이 포함된 영역과 배경 영역을 분리하고 레이블링을 통해 고립 영역을 생성한 후 각 고립 영역에 대해 컬러 분포를 구한다. 본 연구에서는 입력 영상에서 컬러 정보를 추출할 때, 피부색에 대해 비교적 안정된 분포를 갖는 YCbCr 좌표계를 사용하였다. 각 고립 영역의 컬러 분포가 구해지면 각 고립 영역 중 등록된 피부색 영역과 가장 유사한 고립 영역들을 병합하는 과정을 거쳐 얼굴 후보 영역을 검출한다.

#### 3.2 눈 검출

일반적으로 얼굴 검출 과정에서 얼굴의 기울기 보정 및 정규화를 위하여 얼굴 구성 요소 중에 두 눈의 중심을 많이 이용한다. 따라서 눈 영역의 검출 결과에 따라 얼굴 인식 성능에 많은 차이가 생기게 되므로, 두 눈을 정확히 검출하는 단계는 얼굴 인식에 있어서 상당히 중요한 부분이다.

다른 얼굴 구성 요소들에 비해서 눈은 눈동자에 검은 화소들이 밀집해 있어서 눈 영역이 눈 주위 영역에 비해 뚜렷이 어둡게 나타난다는 특징이 거의 모든 얼굴 영상에 유사한 형태로 나타나 검출하기가 비교적 용이하지만 머리카락이나 눈썹, 검은테 안경 등에 인해 눈을 잘못 검출하는 경우가 많이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 잘못된 눈 검출을 막기 위하여 눈 영역을 검출하는 과정에서 먼저 컬러 정보와 에지 정보를 이용해 검출한 얼굴 후보 영역에서 에지와 이진화 정보를 이용하여 눈의 쌍 후보 영역을 검출한 후, SVM을 이용한 검증 단계를 거친다.

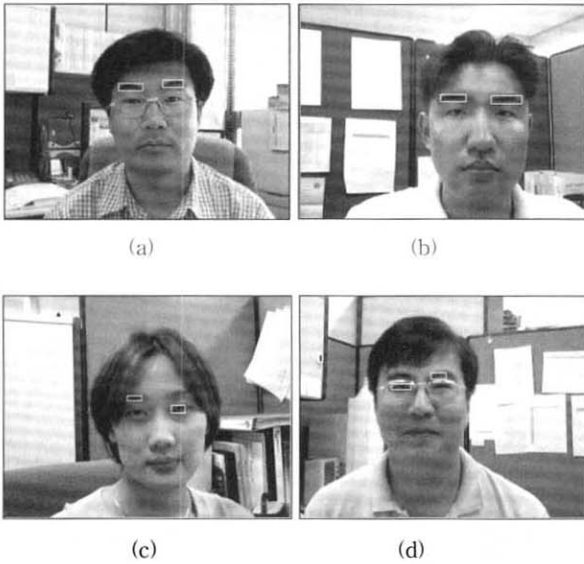
##### 3.2.1 눈 후보 영역 검출

얼굴 후보 영역에서 눈의 후보 영역을 추출하기 위하여 에지 정보와 이진화 영상을 병합하여 이용한 방법[17]을 사용하였다. 여기서 먼저 수직, 수평으로 분리된 에지 연산자를 적용하여, 눈동자의 경계선에 의한 강한 수직 성분의 에지를 이용한다. 즉 먼저 수직 성분의 에지 영상을 얻고, 이 에지 영상에 대하여 수평 프로젝션(Horizontal Integral Projection)을 하면 대략적인 눈의 Y좌표를 얻을 수 있다. 또한

[17]에서 기술된 방법으로 대략적인 눈동자 중심을 찾고, 다시 이진화된 영상과 수평 성분의 에지 영상의 프로젝션 히스토그램(Projection Histogram)을 이용하여 눈의 쌍 후보 영역을 검출한다.

3.2.2 눈 후보 영역 검증

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 3)과 같이 눈썹과 같이 눈과 유사한 영역들을 눈으로 오인식하여 잘못 검출하는 경우가 많이 발생하였다.



(그림 3) 눈이 잘못 검출된 영상

본 논문에서는 이러한 눈의 잘못된 검출을 막기 위하여 각 눈 쌍 후보 영역들을 사전에 학습시켜서 생성해둔 SVM 눈 검증기를 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. 각 눈쌍 후보 영역들을 검증한 결과 눈으로 검증된 후보 영역이 존재하면 얼굴 검출 단계로 넘어가고, 눈으로 검증된 쌍이 없으면 다시 영상 입력 단계로 돌아간다.

3.3 얼굴 검출

본 논문에서 제안한 얼굴 영역 검출 방법은 검출된 두 눈의 중심을 이용하여 영상의 기울기 보정 및 얼굴 후보 영역을 검출한 후 32×32 크기로 정규화한다. 마지막으로 정규화된 얼굴 후보 영역에 대하여 눈 후보 영역 검증 때와 마찬가지로 SVM을 이용하여 얼굴인지 아닌지를 판별함으로

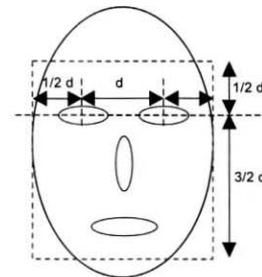
써 최종적으로 얼굴 영역을 검출한다.

3.3.1 얼굴 후보 영역 정규화

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 구한다. 왼쪽 눈의 중심의 좌표값을  $(y_1, y_1)$ , 오른쪽 눈의 중심의 좌표값을  $(x_2, y_2)$ 라고 하였을 때, 얼굴의 기울기 각도  $\theta$ 는 식 (7)과 같이 구해진다.

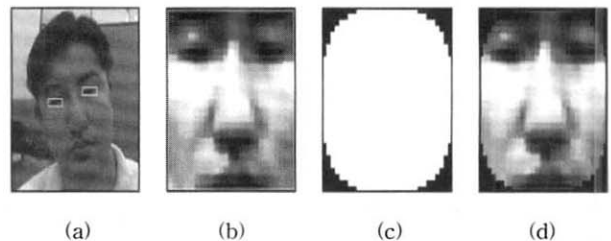
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right) \quad (7)$$

구해진 얼굴의 기울기 각도  $\theta$ 를 이용하여 영상의 기울기를 보정한 후, 얼굴 후보 영역의 크기를 정규화 한다. 두 눈의 중심 사이의 거리를  $d$ 라고 하였을 때 (그림 4)와 같이 눈 양옆으로  $1/2 d$  만큼, 눈 위로  $1/2 d$  만큼, 그리고 눈 아래로  $3/2 d$  만큼을 얼굴 영역으로 추출하고 32×32 픽셀의 크기로 정규화 한다.



(그림 4) 얼굴 후보 영역 크기의 정규화 방법

그리고 배경의 영향을 최대한 없애기 위해 32×32 픽셀 크기의 마스크를 이용하여 마스킹 작업을 수행한다. (그림 5)는 위와 같은 방법으로 (a)처럼 얼굴이 기울어진 영상에서 두 눈의 영역이 추출되고 난 후, 기울기 보정 및 얼굴 후보 영역 정규화하고 마스킹을 하는 과정을 보여주고 있다.



(그림 5) 두 눈을 이용한 얼굴 후보 영역 정규화

3.3.2 얼굴 후보 영역 검증

본 논문에서는 32×32 크기로 정규화된 얼굴 후보 영역

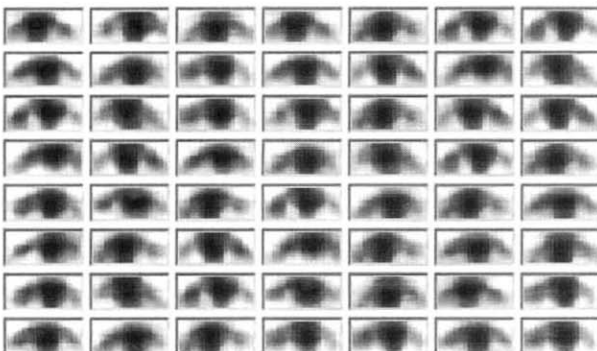
에 대해서 SVM 얼굴 검증기를 통해 얼굴인지 아닌지를 다시 한번 검증하는 과정을 거친다. 이러한 과정을 수행하는 이유는 눈을 제대로 검출하지 못한 경우와 눈은 제대로 검출하였으나 얼굴이 상하 또는 좌우로 심하게 돌아간 경우에는 얼굴이 아닌 것으로 판별하기 위한 것이다. 검증 결과 얼굴인 것으로 판별이 되면 얼굴 검출 과정을 마치고, 만약 얼굴이 아닌 것으로 판별이 되면 다시 영상 입력 단계로 돌아간다.

#### 4. 실험 결과

본 논문에서의 얼굴 검출은 개인 인증시에 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 320×240이다.

##### 4.1 눈 검출

검출된 눈 후보 영역들을 검증하기 위한 눈 검증 SVM 생성에 사용된 학습 데이터는 눈 영상 200개와 non-eye 영상 200개로 총 400개의 영상으로 구성되었다. 눈 영상과 non-eye 영상은 20×10 픽셀 크기의 벡터가 사용되었으며, 모든 영상 데이터는 SVM 학습을 위하여 픽셀값이 0에서 1 사이의 값을 갖도록 정규화 하였고, 커널 함수는 Radial Basis Function(RBF) 커널을 사용하였다. (그림 6)은 눈 검증 SVM 생성에 사용하기 위해 얼굴 영상에서 검출한 후 20×10 크기로 정규화된 눈 영상들의 예이다.

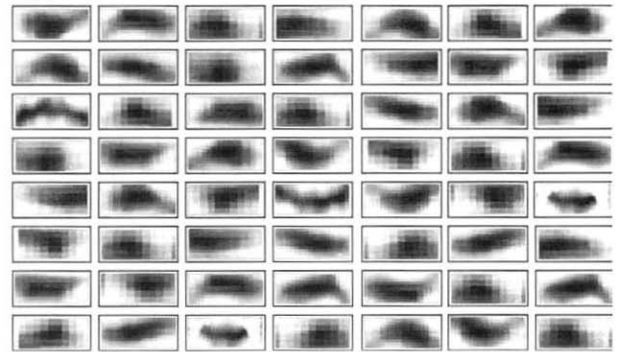


(그림 6) SVM 생성에 사용된 눈 영상들

그러나 눈 영상에 비하여 non-eye 영상은 훨씬 변화가 다양하여 대표 영상을 선택하는 문제가 매우 어려우며, 학

습에 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 (그림 3)에서 보여지는 바와 같이, 먼저 기존의 실험 과정에서 눈으로 잘못 검출되었던 눈썹, 콧구멍, 입 등과 같이 눈과 유사한 영역들을 SVM 학습 초기에 non-eye 영상으로 사용하여 학습하였다. (그림 7)은 이러한 non-eye 학습 영상들의 예이다. 그리고 “bootstrapping” 방식을 이용하여 학습 과정에서 눈으로 오인식된 영상들은 non-eye 영상 학습 데이터에 추가시키고, 눈 영상이지만 눈으로 인식하지 못한 영상들은 눈 영상 학습 데이터에 포함시켜 계속해서 추가로 반복 학습을 시켰다.



(그림 7) SVM 생성에 사용된 non-eye 영상들

(그림 8)은 학습을 통해 생성된 SVM을 이용한 눈 검출 실험 결과의 예이다. 실험 결과 (a), (b), (d), (f), (g)에서 보여지듯이 안경을 착용한 얼굴 영상에서도 대체적으로 안정된 눈 검출 성능을 보였으며, (b), (c), (f)와 같이 어느 정도 기울어진 얼굴 영상에 대해서도 눈 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.

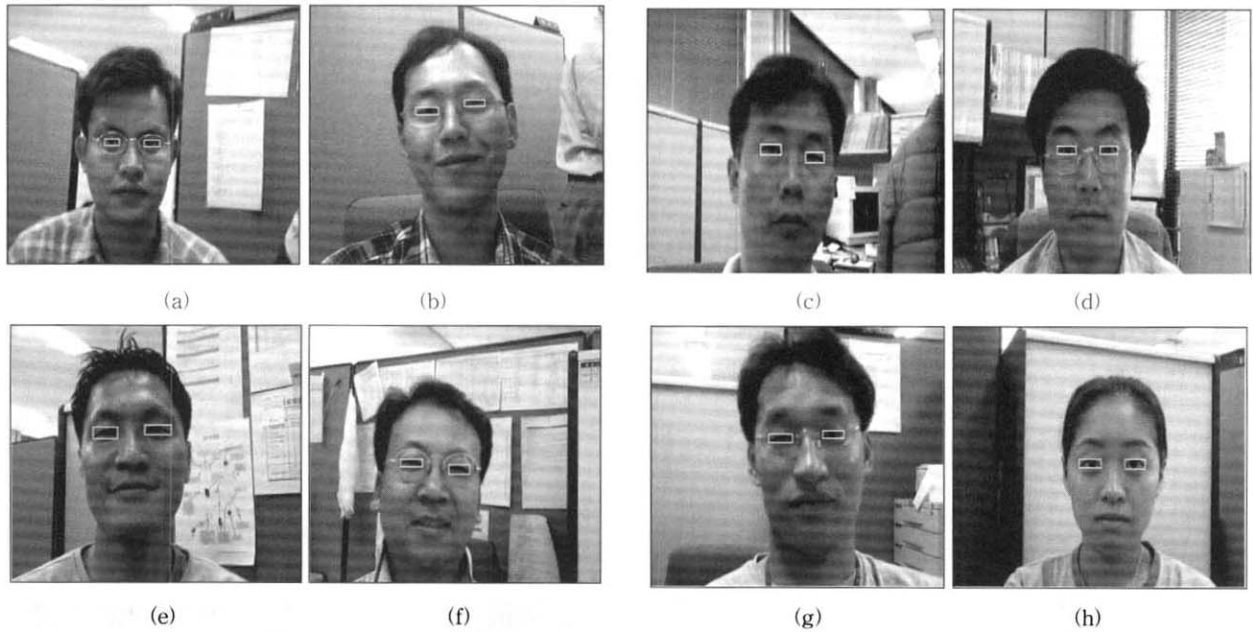
실험 결과 <표 1>의 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방법이 템플릿 매칭을 이용한 방법에 비하여 더 높은 눈 검출 성능을 보였다.

<표 1> 눈 검출 성능 비교

방 법	눈 인식 성공율	눈 인식 실패율
Template Matching	67.4 %	32.6 %
SVM verifier	92.5 %	7.5 %

##### 4.2 얼굴 검출

얼굴 검증 SVM의 학습도 눈 검증 SVM의 학습 방법과 유사한 방법으로 학습을 하였다. 얼굴 검증 SVM의 학습에 사용된 얼굴 영상과 non-face 영상의 사이즈는 32×32이며, 그레이 스케일의 흑백 영상이 사용되었다. 또한 눈 검증



(그림 8) 눈 검출 결과 영상

SVM과 마찬가지로 모든 영상 데이터는 모든 픽셀이 0에서 1사이의 값을 갖도록 정규화 하였다. 학습 데이터는 총 300개의 영상으로, 얼굴 영상 150개와 non-face 영상 150개로 구성되었으며, 배경의 영향을 없애기 위해 학습 영상에 모두 마스크 작업을 수행하였다. (그림 9)는 학습에 사용된 얼굴 영상들의 예이며, 얼굴 검증 SVM의 커널 함수로는 Polynomial 함수가 사용되었다



(그림 9) SVM 생성에 사용된 얼굴 영상들

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 3)에서와 같이 먼저 두 눈이 잘못 검출되었을 경우에 정규화된 얼굴 후보 영역들(그림 10)을

위주로 non-face 학습 데이터를 구성하였다. 이러한 영상들은 언뜻 보기에는 얼굴과 비슷하지만 정확한 눈 검출이 이루어지지 않아 이로 인해 잘못 검출된 얼굴이기 때문에 얼굴 영상과 이러한 non-face 영상을 구분하는 것이 얼굴 검증 SVM의 학습에 있어서 매우 효과적이다. 그리고 눈 검증 SVM 생성 때와 마찬가지로 “bootstrapping” 방식을 이용하여 오인식된 영상들을 추가시켜 계속해서 반복 학습을 하였다.



(그림 10) SVM 생성에 사용된 non-face 영상들

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
Template Matching	82.8%	17.2%
SVM verifier	99.2%	0.8%

## 5. 결 론

본 논문에서는 두 눈의 후보 영역을 검출하여 SVM을 통해 검증을 하고, 검출된 두 눈의 중심을 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한 후 정규화된 얼굴 후보 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 줄여가며 스캔하여 SVM만을 이용한 얼굴 검출 방법에 비해 검출 속도가 빨라 실시간 얼굴 검출이 가능하며, 눈 쌍 후보 영역과 얼굴 후보 영역을 SVM을 사용해 검증하는 단계를 거침으로써 잘못된 얼굴을 검출하는 경우를 1% 이하로 줄일 수 있었다.

그러나 눈을 작게 뜨거나 감은 경우, 그리고 검은테 안경이나 머리카락 등의 영향에 의해 눈이 부분적으로 가려진 경우에는 눈 검출 단계에서 실패하여 얼굴을 검출하지 못하는 경우가 발생하므로 보다 정확한 눈동자의 추출을 위한 방법 등이 연구되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. H. Yang, N. Ahuja, D. Kriegman, "A survey on face detection method," Working paper, 1999.
- [2] Haiyuan Wu, Qian Chen, Masahiko Yachida, "Detecting Human Face in Color Image," IEEE International Conf. on Systems, pp.2232-2237, 1996.
- [3] 박현남, 조형제, "조명의 영향을 최소화하기 위한 전처리 기법이 적용된 얼굴 인식", 한국정보처리학회 논문지, 제7권, 3호, pp.1000-1012, 2000.
- [4] I. Craw, D. Tock and A. Bennett, "Finding Face Features," Proc. of the Second European Conference on Computer Vision, pp.92-96, 1992.
- [5] H. P. Graf, T. Chen, E. Petajan and E. Cosatto, "Locating Faces and Facial Parts," Proc. of the First International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.41-46, 1995.
- [6] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection in complex background," Pattern Recognition, Vol.27, No.1, pp.53-63, 1994.
- [7] 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.
- [8] Paul Juell and Ron Marsh, "A Hierarchical Neural Network for Human Face Detection," Pattern Recognition, Vol.29, No.5, pp.781-787, 1996.
- [9] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Rotation Invariant Neural network-based face detection," Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.38-44, 1998.
- [10] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic visual learning for object recognition," IEEE Trans, Pattern Anal, 1997.
- [11] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No.1, pp.71-86, 1991.
- [12] Osuna, E., Freund, R., Girosi, F., "Training Support Vector Machines : An Application to Face Detection," Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997.
- [13] 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.
- [14] A. L. Yuill, "deformable Template for Face Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No.1, 1991.
- [15] G. Yang, T. Huang, "Human Face Detection in a Complex Background," Pattern Recognition, Vol.27, No.1, pp.53-63, 1994.
- [16] V. Vapnik, "Statistical Learning Theory," John Wiley & Sons, New York, 1998.
- [17] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출", 정보과학회논문지, 제27권 제7호, pp.731-741, 2000.



## 지 형 군

e-mail : hkjee@etri.re.kr

1999년 성균관대학교 정보공학과(학사)

2001년 성균관대학교 대학원 정보공학과  
(공학석사)

2001년~현재 한국전자통신연구원 정보  
보호연구단 생체인식기술연구팀  
연구원

관심분야 : 생체인식, 패턴인식, 정보보호



**이 경 희**

e-mail : uniromi@etri.re.kr  
1993년 연세대학교 컴퓨터과학과(학사)  
1993년~1996년 LG소프트(주) 연구원  
1998년 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과  
(공학석사)  
2004년 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과  
(공학박사)

2000년~현재 한국전자통신연구원 정보보호연구단 생체인식  
기술연구팀 선임연구원  
관심분야 : 생체인식, 패턴인식, 영상처리



**정 용 화**

e-mail : ychungy@korea.ac.kr  
1984년 한양대학교 전자통신공학과(학사)  
1986년 한양대학교 전자통신공학과(공학  
석사)  
1997년 미국 Univ. of Southern California  
컴퓨터공학과(공학박사)

1986년~2003년 한국전자통신연구원 정보보호연구본부 생체인  
식기술연구팀 팀장  
2003년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수  
관심분야 : 생체인식, 암호알고리즘, 병렬처리