

## 에지 정보와 SVM의 결합을 통한 눈 검출

지형근, 이정희, 정용화  
한국전자통신연구원 생체인식기술연구팀  
전화 : 042-860-1674 / 핸드폰 : 019-209-4844

### Eye Detection using Edge Information and SVM

Hyung-Keun Jee, Kyung-Hee Lee, Yong-Hwa Jung  
Biometrics Technology Research Team, ETRI  
E-mail : hkjee@etri.re.kr

#### Abstract

This paper describes eye detection algorithm using edge information and Support Vector Machine (SVM). We adopt an edge detection and labelling algorithm to detect isolated components. Detected candidate eye pairs finally verified by SVM using Radial Basis Function (RBF) kernel. A detection rate over the test set has been achieved more than 90%, and compared with template matching method. this proposed method significantly reduced FAR.

#### I. 서론

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 신분확인을 할 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 높이기 위해서는 첫 번째 과정인 정확한 얼굴의 검출이 선행되어야 한다. [1]

일반적으로 얼굴 검출 과정에서 얼굴의 기울기 보정 및 정규화를 위하여 얼굴 구성 요소 중에 두 눈의 중심을 이용하게 된다. 따라서 눈 영역의 검출 결과에 따라 얼굴 인식 성능에 많은 차이가 생기게 되므로, 두 눈을 정확히 검출하는 단계는 얼굴 인식에 있어서 상당히 중요한 부분이다. 흑백 영상에서는 에지 정보를 이용한 눈 탐지 방법이 많이 사용되고 있는데, 다수의 고립 영역이 검출되었을 경우, 검출된 후보 영역들을 검증하는 과정에서 머리카락이나 눈썹을 눈으로 오인식함으로써 해서 잘못된 얼굴을 검출하는 경우가 많이 발생한다.

본 논문에서는 눈 영역을 검출하는 과정에서 먼저 입력 영상에서 에지 정보를 이용하여 눈의 쌍 후보 영역을 검출한다. 검출된 후보 영역들을 2클래스 분류기인 Support Vector Machine(SVM)을 이용하여 검증한 후 최종적으로 눈 영역임을 확인하고 두 눈의 위치를 이용하여 얼굴을 검출하는 방법을 제안하였다.

#### II. 관련 연구

얼굴 인식 기술에 있어서 얼굴 영역 추출은 배경, 조명 등 환경 변화 뿐 만 아니라, 각 개인별 특징의 차이, 얼굴의 기울어짐과 회전각도 및 영상 내의 얼굴 크기 등으로 인하여 많은 어려움이 있다.

정지 영상에서 얼굴 영역을 추출하는 다양한 방법들이 연구되고 있는데, 만약 컬러 정보를 사용할 수 있

다면, 전형적인 얼굴 피부색을 이용해 얼굴을 분리해 낼 수 있다. 그러나 이 방법은 빛의 세기와 방향에 매우 민감하고, 배경에 얼굴 색과 비슷한 색이 있을 경우, 제대로 검출하지 못하는 한계가 있다.

흑백 영상을 이용할 경우에는 지식 기반 방법과 모양 기반 방법 등이 있다. 지식 기반 방법은 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.[2]

모양 기반 방법에는 신경망을 이용한 방법[4,5], Principle Component Analysis (PCA)를 이용한 방법 [6], Support Vector Machine (SVM)을 이용한 방법 [7] 등이 대표적이다. 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 탐지율을 보이며, 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있어 최근에 패턴 인식 분야에서 많이 사용되고 있는 방법이다.

그리고 에지 정보를 이용한 방법은 입력 영상에서 에지 추출 후, 고립영역을 생성하고 생성된 고립영역에 대한 검증을 통해 눈과 같은 영역을 찾아 이를 이용해 얼굴을 검출하는 방법이다.[3]

### III. 제안된 방법

본 논문에서는 효율적인 얼굴 검출을 위해 입력 영상에서 에지 정보와 SVM을 복합적으로 이용하여 먼저 눈 영역을 검출하고, 검출된 두 눈을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 그림 1과 같이 입력 영상으로부터 임계치를 이용하여 에지를 검출한 후, 레이블링을 통해 고립영역을 생성한다. 레이블링을 통해 생성된 고립영역에 대한 정보를 가지고 크기, 모양, 위치 정보들을 복합적으로 이용하여 눈의 쌍 후보 영역을 추출한다. 마지막으로 검출된 눈의 후보 영역들에 대해 검증 과정을 거쳐 최종적으로 눈 영역을 검출하게 되는데, 이 과정에서 보다 정확한 눈 검증을 위하여 기존에 많이 사용한 템플릿 매칭 방법 대신 2클래스 분류기인 Support Vector Machine(SVM)을 사용하였다. 마지막으로 추출된 두 눈의 중심의 각도를 이용하여 영상의 기울기를 보정한 후, 두 눈 사이의 거리를 이용하여 얼굴 영역을 추출하고 정규화하는 방법을 제안하였다.

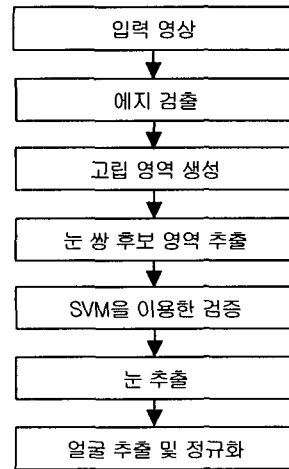


그림 3 전체 흐름도

### 3.1 Support Vector Machine (SVM)

SVM은 두 가지 클래스를 효율적으로 분류하는 방법으로 분류 및 인식 성능이 뛰어나 최근 패턴 인식 분야에서 각광받는 방법이다.[8] SVM은 그림 2와 같이  $n$ 차원 공간 위에서 두 클래스를 분류함에 있어서 가장 대표적인 특성을 갖는 소수의 벡터들을 이용하여, 두 클래스간의 거리를 최대화하면서 같은 클래스에 속하는 데이터들을 같은 쪽에 위치하게 하는  $n-1$ 차원의 Optimal Separating Hyperplane을 찾아가면서 학습을 수행한다.

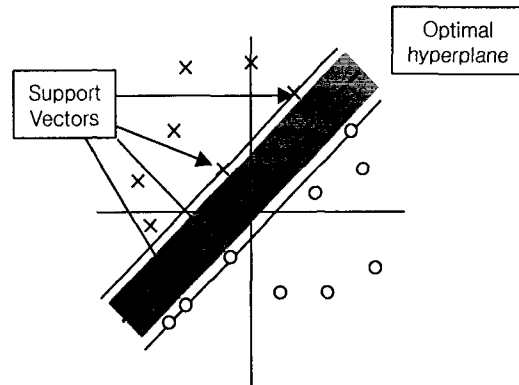


그림 2. 선형 분리 가능한 optimal separating hyperplane의 예

학습이 끝난 후 테스트 데이터는 생성된 Optimal

Separating Hyperplane의 방정식의 부호로서 어느 부류에 속하는지가 결정된다. 선형 분리가 가능하지 못한 패턴들을 분리하기 위해 커널을 사용하게 되는데, 일반적으로 SVM에 많이 사용되고 있는 커널 함수는 표 1에서 보여지는 바와 같이 Polynomial, Radial Basis Function 그리고 Perceptron 등의 세 가지 형태의 Kernel 함수를 사용하고 있다.

kernel	expression
Polynomial	$k(x, y) = (x \cdot y + 1)^p$
RBF	$k(x, y) = e^{- x_i - x_j ^2 / 2\sigma^2}$
Perceptron	$k(x, y) = \tanh(x \cdot y - \delta)$

표 5 커널 함수

### 3.2 SVM의 학습

학습에 사용된 눈 영상과 "non-eye" 영상은 20×10 픽셀 크기의 벡터가 사용되었으며, 모든 영상 데이터는 모든 픽셀이 0에서 1사이의 값을 갖도록 정규화 하였다. 학습 데이터는 눈 영상 180개와 "non-eye" 영상 180개, 총 360개의 영상으로 구성되었다. 커널 함수는 Radial Basis Function (RBF) 커널을 사용하였고, 눈 영상은 +1로 "non-eye" 영상은 -1로 학습을 시켜 SVM을 생성하였다. 그림 3은 학습에 사용된 눈 영상들의 예이다.

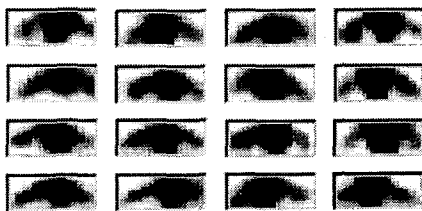


그림 5 학습에 사용된 눈 영상들

"non-eye" 영상은 눈 영상보다 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 그림 4에서 보여지는 바와 같이, 먼저 기존에 템플릿 매칭 방법에서 눈으로 잘못 인식하였던 눈썹, 콧구멍, 입 등과 같이

눈과 유사한 영상들을 "non-eye" 영상으로 사용하여 학습하였다. 그리고 "bootstrapping" 방식을 이용하여 눈으로 오인식된 "non-eye" 영상들과 눈인데 눈으로 인식하지 못한 영상들을 계속해서 추가로 반복 학습을 시켰다.

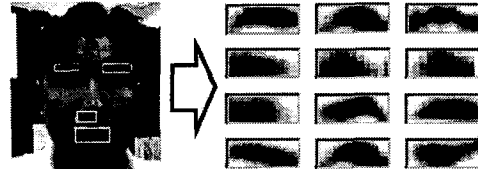


그림 6 학습에 사용된 non-eye 영상들

### 3.3 SVM을 이용한 눈 검증 및 얼굴 영역 추출

입력 영상으로부터 에지 정보를 이용하여 추출된 눈의 후보 영역들을 사전에 생성된 SVM을 이용하여 검증한 후 최종적으로 눈 영역을 추출하게 되는데 SVM에 의해 나온 결과가 양의 값이면 눈으로 검증이 되고, 음의 값이면 눈이 아닌 것으로 판별하게 된다.



그림 7 눈 검출 프로그램

검증을 통해 두 눈 영역이 추출이 되면 추출된 두 눈의 중심의 각도를 이용하여 영상의 기울기를 보정한다. 그리고 두 눈의 중심 사이의 거리를 d라고 하였을 때 눈 양옆으로 1/2 d 만큼, 눈 위로 1/2 d 만큼, 그리고 눈 아래로 3/2 d 만큼을 얼굴 영역으로 추출하고 32×32의 크기로 정규화한다. 그림 6은 위와 같은 방법으로 두 눈의 영역이 추출되고 난 후, 기울기 보정 및 정규화를 마친 얼굴을 보여주고 있다.

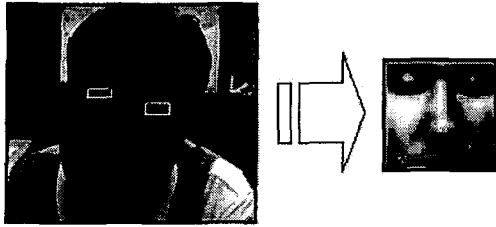


그림 8 기울기 보정 및 정규화

#### IV. 실험 결과

실험은 50명에 대하여 조명, 표정, 안경 착용 여부 등의 변화가 있는 10장의 영상으로 구성된 ETRI에서 자체적으로 촬영한 얼굴 데이터베이스를 이용하여 실험하였다. 실험한 결과 그림 7에서 보여지는 바와 같이 얼굴의 표정이나 안경 착용 여부에 상관없이 대체적으로 안정된 눈 검출 성능을 보였다.

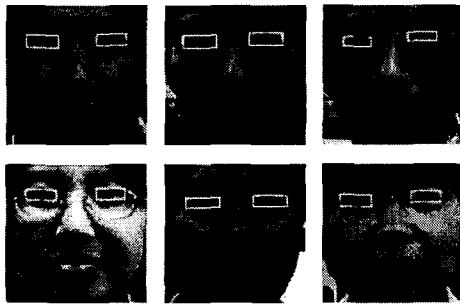


그림 7 눈 검출 결과 영상

총 500장의 영상을 사용하여 실험한 결과 90% 이상의 눈 검출 성능을 보였으며, 특히 기존의 템플릿 매칭 방법에 비해 눈썹을 눈으로 오인식하는 경우가 상당히 줄어들었다.

#### V. 결론

본 논문에서는 에지 정보와 Support Vector Machine (SVM)을 이용한 눈 검출 알고리즘을 새롭게 제안하였다. 제안된 방법은 먼저 흑백 영상에서 에지 정보를 이용하여 눈의 후보 영역들을 검출한다. 검출된 후보 영역들을 사전에 학습된 Support Vector Machine (SVM) 눈 검출기를 통해 검증함으로써 최종적으로 눈 영역을 검출하게 된다. 제안된 방법은 에지

정보를 이용하여 1차적으로 후보 영역을 검출함으로써 기존의 전체 영상에서 SVM만을 이용한 눈 검출 방법에 비해 검출 속도가 빨라졌으며, 후보 영역을 검증하는 과정에서 SVM을 사용함으로써 템플릿 매칭 방법에 비해 오인식율이 상당히 줄어들었다.

그러나 눈을 작게 뜨거나 감은 경우, 그리고 안경이나 머리카락 등의 영향에 의해 눈이 부분적으로 가려진 경우에도 정확한 눈 검출 성능을 보이기 위해서는 보다 정확한 눈동자의 정보 추출을 위한 방법 등이 연구되어야 할 것이다.

#### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] M.H. Yang, N. Ahuja, D. Kriegman, "A survey on face detection method", Working paper, 1999
- [2] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection in complex background", Pattern Recognition, 1994
- [3] 윤호섭, 왕 민, 민영우, "눈 영역 추출에 의한 얼굴 기울기 교정" 전자공학회논문지 제33권 B편 제12호, 1996. 12.
- [4] H. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection", IEEE Trans. Pattern Anal. 1998.
- [5] H. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Rotation variant neural network-based face detection", CVPR, 1998.
- [6] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic visual learning for object recognition", IEEE Trans. Pattern Anal. 1997.
- [7] Osuna, E., Freund, R., Girosi, F., "Training Support Vector Machines: An Application to Face Detection", CVPR, 1997.
- [8] V. Vapnik, "Statistical Learning Theory", John Wiley & Sons, New York, 1998.