

# Haar-like feature/HMM 을 이용한 얼굴 검출 및 인증 시스템

민지홍<sup>0</sup>, 이원찬, 홍기천  
 수원대학교 정보통신공학과 멀티미디어 연구실  
 {cklove77<sup>0</sup>, wondolcp, kchong}@suwon.ac.kr

## Face Detection & Identification System Using Haar-like feature/HMM

Jihong Min<sup>0</sup>, Wonchan Lee, Kicheon Hong  
 Dept. of Information and Telecommunications Engineering, The University of Suwon

### 요 약

얼굴인식 기술 분야에 있어서 Haar-like feature를 이용한 얼굴 검출 알고리즘은 많은 관련 알고리즘 중에 매우 빠른 트레이닝 시간과 처리속도 향상의 장점을 가지고 있다. 그러므로 특히 동영상에서의 얼굴 검출에서 유용하게 쓰일 수 있다. 이러한 방법으로 검출된 얼굴 데이터는 HMM(Hidden Markov Model)알고리즘을 이용하여 이미 트레이닝된 얼굴 데이터베이스와의 비교를 통해 얼굴인식에 있어서 가장 확률이 높은 사람을 본인의 얼굴로 인증하는 신원 확인 시스템을 구현할 수 있게 된다. 신원 확인 시스템에 있어서 얼굴 검출률이나 신원 확인 성공률은 모두 학습 과정에 의해 결정되기 때문에 얼마나 많은 학습을 효율적으로 하는냐에 따라 성능이 좌우된다. 이러한 시스템은 카메라에 얼굴을 보여주는 것만으로 신원 확인이 가능하기 때문에 번거로운 신원 확인 과정을 거쳐야 하는 다른 시스템 구조에 비해 매우 편리한 기능을 제공할 수 있다.

### 1. 서 론

얼굴인식기술이란 정지영상이나 동영상에 존재하는 한 사람 이상의 얼굴에 대하여 주어진 얼굴 데이터베이스를 이용하여 그 신원을 확인하는 기술을 일컫는다. 얼굴 인식 기술은 다른 생체인식기술인 지문인식등과 다르게 자신의 신체 일부를 인식장치에 직접 접촉시키지 않아도 되고 생체정보의 획득방법에서 강제성이 적지만 얼굴은 자체의 변화가 심하고 주변 환경에 매우 민감하기 때문에 인식이 타 생체 인식 시스템에 비해 낮다. 본 논문에서는 이러한 인식률을 높이기 위한 방법들 중에 하나로 HMM(Hidden Markov Model)에 기반을 둔 얼굴 인식을 수행한다. HMM 기법은 얼굴 영상을 부위별로 나누어서 처리하는데 이때의 입력 영상 데이터를 구축하기 위한 얼굴 추출방법을 본 논문에서는 Haar-like feature를 이용하여 추출하는 방식을 사용한다 [ 1 ]. Haar-like feature를 사용하여 추출된 얼굴 데이터는 HMM 알고리즘을 이용하여 이미 트레이닝 되어진 얼굴 데이터베이스와 비교를 통해 가장 확률이 높은 얼굴의 사람을 출력으로 내보내는 방식을 이용하여 인증하고 그 때의 인식률에 대해 논한다.

### 2. 얼굴 검출 방법

Haar-like feature 와 AdaBoost 학습 알고리즘은 전형적인 얼굴 검출 알고리즘 중에 하나이다. Haar-like feature 는 얼굴 검색에서 주로 사용하는 기법으로 많은 프로토타입이 존재하는데 이것들은 AdaBoost 학습 알고리즘에 의해서 얼굴을 잘 표현하는 것들만 사용하게 되기 때문에 보다 효율적인 얼굴 검출이 가능하다[ 2 ].

#### 2.1 Haar-like feature의 프로토타입

Haar-like feature는 Viola가 처음 얼굴 검출에서 사용한 인식자로서 방식이 간단하고 계산방법에 있어서도 단순 합연산만을 이용한다. 이는 얼굴을 검출하는데 있어 픽셀을 이용한 연산이 아닌 특징을 이용하여 각 영역 안에 있는 픽셀들의 값을 더하여 영역합을 구하고 그 값들에 가중치(weight)를 곱한 합만을 계산한다는 것으로 동영상에서의 얼굴 검출에 용이하게 쓰일 수 있게 된다.

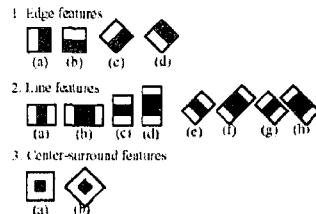


그림 1. Haar-like feature 의 프로토타입

그림1은 Haar-like feature의 프로토타입들로서 윈도우에서 특징에 맞게 위치가 변하기 때문에 인식할 영상의 따라 많은 특징값을 나타내는 것이 가능해진다.

#### 2.2 AdaBoost를 이용한 인식률 향상

본 논문에서는 얼굴과 얼굴이 아닌 영역간의 구별과 얼굴로 판단할 확률을 높이기 위해 Boost 알고리즘 중에서 단순하면서도 효율적인 AdaBoost 학습 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 그룹화하는 단계가 올라갈수록 각 Haar-like feature의 프로토타입들의 위치가 얼굴의 세밀한 특징까지도 나타내는 장점을 가지고 있다. AdaBoost 학습 알고리즘으로 얻은 특징값들은 그림 2와 같이 단계(stage) 그룹화(classifier)한다.

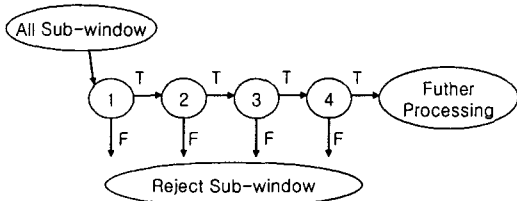


그림 2. AdaBoost를 이용한 각 단계별 그룹화

이러한 그룹화는 더 강력한 인식 알고리즘을 구현하기 위한 것으로 단계를 거듭할수록 전 단계보다 더 많은 수의 특징값을 만들어서 그룹화를 하여 본 논문에서는 25 단계까지 그룹화를 하였고 이 때 특징값의 개수는 200 개로 하여 실험하였다.

2.3 Haar-like feature를 이용한 얼굴 검출 방법

첫 번째로 얼굴 영상의 이미지 데이터를 받아 얼굴 부분에 윈도우를 씌운 후 그 영역에 대해서 Haar-like feature 값을 구한다. 그 다음 AdaBoost 학습 알고리즘을 통해 선택된 Haar-like feature를 그룹화 하여 저장한다. 이 때 첫 번째 단계의 그룹에서는 가장 적은 9개의 Haar-like feature가 들어간다. 각 단계는 총 25단계로 그룹화 되고 이 때에는 200개의 Haar-like feature가 들어가게 된다. 이렇게 그룹화한 데이터들은 텍스트 파일로 저장이 되어 얼굴 인식에 있어서 hidden cascade로 사용이 된다. 본 논문에서는 24\*24크기의 윈도우로 정해졌고 25개의 단계로 높은 단계로 올라갈수록 Haar-like feature의 개수도 증가하고 각각의 프로토타입들도 세밀한 부분까지 위치하게 된다[4].

2.4 Haar를 이용한 얼굴 검출 원리

그림 3은 Haar를 이용한 얼굴 검출 원리를 간단하게 표현한 것이다. 즉 한 프레임의 영상에서 트레이닝된 얼굴의 그룹을 이용하여 영상을 피라미드 구조의 형식으로 줄여나가며 얼굴인 영역을 결정하고 그러한 과정에서 얼굴 영역은 줄인 영상을 복원하는 과정에 여러 개의 후보영역이 출력되므로 그 영역의 평균을 낸 한 영역을 출력으로 하게 된다.

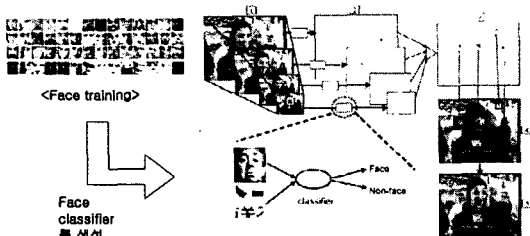


그림 3. Haar Face Detection의 흐름도

3. HMM을 이용한 얼굴 인증

HMM알고리즘은 과거와 현재의 주어진 상황에서 미래는 과거와 관계없이 현재에만 의존하는 마코프 성질을 이용하는 것으로써 마코프과정(state)은 숨겨져 있는 것이고, 다른 확률과정(observation)을 통해서만 과정이 관찰된다[5]. 얼굴을 인식하는데 있어서 HMM알고리즘은 얼굴의 특징들을 이용하여 인식한다. 이러한 얼굴의 가장 큰 특징은 크게 머리, 이마, 눈, 코, 입을 생각할 수 있는데 이러한 특징을 이용하여 1차 HMM(1D-HMM)을 사용하여 모델링 되어진다. 각각의 상태는 HMM의 과정에 종속적이고 순서는 얼굴 이미지의 위에서 아래로 순차적으로 적용된다. 또한 얼굴을 나누는 간격은 얼굴만의 이미지에 각각 고정적인 위치에 자리 잡게 된다. 이러한 1차 HMM은 약 85%의 인식률을 보인다[5], [6] [7].

1차 HMM에 대한 확장은 슈도(pseudo) 2D-HMM으로 확장될 수 있다[8]. 2D-HMM은 각각 얼굴의 블록의 확장으로 이루어지는데 그림 4와 같이 각 부분(super state)에 대하여 일정한 부분(state)으로 다시 나누어 각각의 확률을 계산하고 다시 전체에 대한 확률을 계산한 뒤 다음 과정으로 넘어가게 되는 것이다.

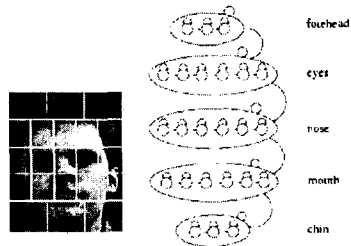


그림 4. 얼굴 인증을 위한 2D-HMM

4. 실험 결과

우선적으로 얼굴의 검출은 그림 5와 같이 Haar-like feature를 이용하여 선택된 얼굴 영역을 추출하여 BMP 포맷으로 저장하였다.

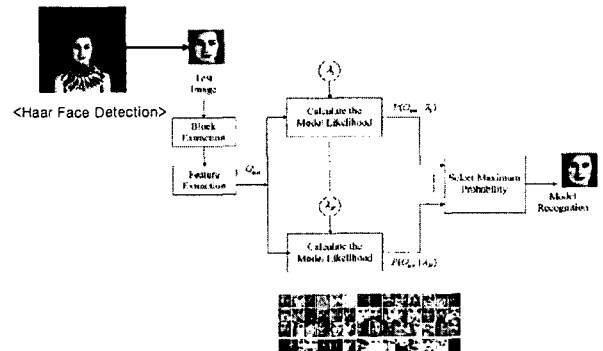


그림 5. 얼굴 검출과 얼굴 식별의 실험 흐름도

이때의 데이터는 8명의 얼굴과 각각 6개씩 48개의 이미

지를 데이터로 하고 여기에 기존에 수집한 얼굴의 데이터베이스(40명의 얼굴과 각각 6개씩 240개의 이미지)를 합하여 48명의 얼굴에 대한 데이터베이스를 실험하였다. 8명을 따로 한 것은 기존에 데이터베이스에 얼굴을 추가할 때 사진이 아닌 동영상에서 추가할 사람의 얼굴영역을 자동으로 추출하여 저장하는 것을 보이기 위함이다. 표 1은 24\*24 윈도우 크기에 haar-like feature의 프로토타입에 대한 트레이닝 된 위치정보와 임계치들을 나타내고 있다.

표 1. 트레이닝된 얼굴 데이터베이스의 그룹화

```
extern const char* FaceCascade[] = {
/* Stage 0 */
" 9 1 2 6 4 12 9 0 -1 6 7 12 3 0 3 haar_y3 -0.031512 0 -1 2.087538 -2.217210 1 2
6 4 12 7 0 -1Wn" " 10 4 4 7 0 3 haar_x3 0.012396 0 -1 -1.863394 1.327205 1 2 3
9 18 9 0 -1 3 12 18 3 0 3Wn" ..... " haar_y2 0.005974 0 -1 -0.859092 0.852556
-5.042550Wn"
/* Stage 1 */
" 16 1 2 6 6 12 6 0 -1 6 8 12 2 0 3 haar_y3 -0.021110 0 -1 1.243565 -1.571301 1
2Wn" " 6 4 12 7 0 -1 10 4 4 7 0 3 haar_x3 0.020356 0 -1 -1.620478 1.181776 1 2
1 8 19 12 0 -1Wn"
.....
}
```

얼굴 인증 시스템을 검증한 결과 표 2와 같은 결과를 얻었다.

표 2. 인증 실험 결과

실험 횟수	총 실험 인원 수	인증 성공 인원수	인증 실패 인원수	인증 성공 확률	인증 실패 확률
10회	48명	46명	2명	95.65%	4.35%

잘못 검증이 된 얼굴들의 특징을 보면 그림 6에서 보는바와 같이 공통적으로 이마 부분이 넓어 얼굴의 특징 영역 부분이 다른 사람의 얼굴과는 다른 것을 알 수 있고 이러한 이유는 2D-HMM으로 트레이닝 하기 위한 얼굴 분할 과정에서 눈의 위치가 영역 밖으로 벗어났다는 결과를 나타내 주고 있다.



그림 6. 얼굴 인증 결과

### 5. 결론 및 토의

본 논문에서는 Haar-like feature/HMM 을 이용하여 얼굴을 인증하는 시스템에 대해서 논하였다. 이러한 시스템은 정지 영상에서의 얼굴인증방법을 확장하여 실시간 동영상에서의 얼굴 검출 및 인증과정을 할 수 있기에 매우 유용하다. Haar-like feature를 이용을 하면 빠른 얼굴 검출 시간으로 인해 동영상으로의 적용이 용이하고 이렇게 검출된 얼굴 영역데이터를 바로 HMM 에 이용함으로써 실시간 처리를 요하는 비디오 영상에서의 빠른 얼굴 검출 및 인증이 가능하게 된 것이다. 인증률에 대한 향상은 향후 얼굴 검출 후에 HMM 을 적용함에 있어 눈과 입 등의 위치를 더욱 세밀하게 하고 피부색 검출 등을 이용하면 충분히 인식률을 향상 시킬 수 있다.

### 참고문헌

- [1] P. Viola and M.J. Jones, "Robust real-time object detection", Technical Report Series, Compaq Cambridge research Laboratory, CRL 2001/01, Feb. 2001.
- [2] 박성훈, 이재호, 김희율, "Haar-like feature/LDA를 이용한 얼굴 인식", 2004년 제 16회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, 2004년 1월.
- [3] Ziad M.Hafed and Martin D. Levine, "face Recognition using the discrete cosine transform", International Journal of Computer Vision, Vol. 43, No.3, pp.167-188, July 2001.
- [4] Alexander Kuranov, Rainer Lienhart, and Vadim Pisarevsky. An Empirical Analysis of Boosting Algorithms for Rapid Objects With an Extended Set of Haar-like Features. Intel Technical Report MRL-TR-july02-01, 2002.
- [5] F. Samaria and S. Young, "HMM based architecture for face identification," Image and Computer Vision, vol. 12, pp.537-543, October 1994.
- [6] A. V. Nefian and M. H. hayes, "A Hidden Markov Model for face recognition," in ICASSP 98, vol. 5, pp. 2721-2724, 1998.
- [7] A. V. nefian and M. H. hayes, "Face detection and recognition using Hidden Markov models," in International Conference on Image Processing, 1998. to appear.
- [8] S. Kuo and O. Agazzi, "Keyword spotting in poorly printed documents using pseudo 2-D Hidden Markov Models," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, pp. 842-848, August 1994.
- [9] F. Samaria, Face Recognition Using Hidden Markov Models. PhD thesis, University of Cambridge, 1994.