

# 지능형 영상 보안을 위한 얼굴 인식 시스템 구현

김수현\*, 정창성\*

\*고려대학교 전기전자전파공학부

e-mail:shkim84@korea.ac.kr

## The Implementation of Face Recognition System for Intelligent Surveillance

Su-Hyun Kim\*, Chang-sung Jeong\*

\*Dept of Electrical Engineering, Korea University

### 요 약

사건 발생 후의 대응이 아닌 영상 분석을 통해 실시간으로 위협 상황에 대응할 수 있는 지능형 영상 보안 기술이 매우 중요한 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 지능형 영상 보안에 사용할 수 있는 실시간 얼굴 인식 및 추적 기법을 제안한다. 사람의 정면 얼굴 영상을 ASM(Active Shape Model) 알고리즘을 이용하여 정규화 시키고 Gabor Wavelet Filter를 이용하여 얼굴 고유 특징 벡터를 추출하여 인식에 사용하였다. 인식이 완료된 얼굴은 Camshift와 Kalman Filter를 이용하여 카메라 감시 영역에서 벗어날 때까지 강건한 추적을 통하여 관리자가 실시간으로 확인 및 대응할 수 있게 하였다.1)

### 1. 서론

국내 설치된 CCTV는 현재 270만대 이상이고 앞으로 그 수량은 늘어날 전망이다. 하지만 이를 감시하는 인력의 부족과 감시 요원의 감시 주의력 지속시간이 매우 떨어져 사실상 CCTV는 사건 발생 후의 대응용으로 사용된다. 본 논문에서는 지능형 영상 보안에 사용될 수 있는 자동화된 실시간 얼굴 인식 및 추적 시스템을 제안하고 있다.

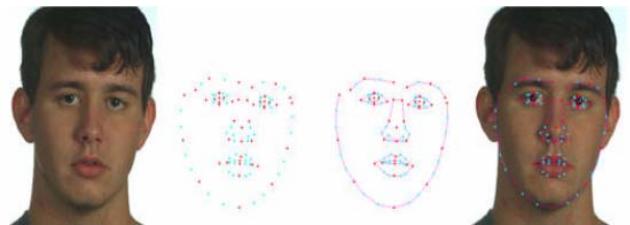
얼굴 인식은 얼굴의 위치와 표정, 조명의 영향에 따라 다르게 보일 수 있는 어려움으로 인해 패턴 인식분야의 주요 주제로 많이 연구되고 있다. 특히, 본 논문에서는 얼굴의 포즈(Pose) 변화에 대응하기 위하여 얼굴의 크기, 각도를 측정하여 얼굴 영상을 일정하게 정합하였고, 조명 변화에 강건한 인식을 위하여 조명 전처리(Illumination Preprocessing) 과정을 적용하였다. 정규화 과정이 끝난 얼굴 영상을 Gabor Wavelet Filter를 이용하여 고유의 피처를 추출하였다. 인식이 성공한 얼굴은 Camshift 알고리즘과 Kalman Filter를 이용하여 감시 영역에서 벗어날 때까지 추적하여 CCTV 감시 요원이 인지할 수 있게 구현하였다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 ASM(Active Shape Model)

1) 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터 육성·지원사업(NIPA-2013-H0301-13-3006)과, 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-차세대정보·컴퓨팅기술개발사업의 지원(2010-0020723)과, 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2012년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음(R2012030096).

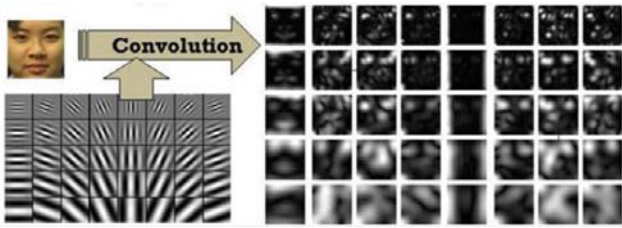
(그림 1)에서와 같이 ASM(Active Shape Model)은 물체의 외형 정보를 학습시키고, 이 정보를 바탕으로 물체의 외형 정보를 근사화시켜 새로운 영상 내에서 물체를 찾는 방법으로 특히, 사람 얼굴의 주요 위치를 획득하는 목적으로 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 ASM을 통하여 얼굴 주요 특징의 위치를 판단하여 비율을 고려한 얼굴 크기, 각도의 정합에 사용하였다.



(그림 1) ASM 처리 과정

#### 2.2 얼굴 특징 추출 알고리즘

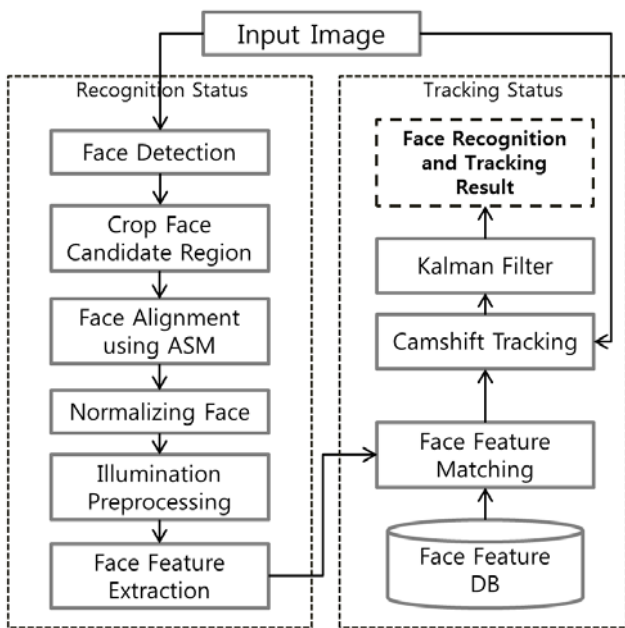
최근 얼굴의 고유 특징(Fiducial point)을 추출하기 위한 방법으로 Gabor Wavelet 피처와 LBP(Local Binary Pattern) 피처 혹은 두 방법을 혼합(Hybrid)한 방법을 많이 사용한다. 특히, Gabor Wavelet 피처는 질감의 특징 표현에 강점이 있어 얼굴 인식에 매우 우수한 성능을 보였다. 본 논문에서는 40개의 Gabor Filter를 이용하여 얼굴 매칭에 사용할 40개의 Gabor 컨볼루션 영상 획득에 사용하였다. (그림 2)는 40개의 Gabor Filter를 이용한 Convolution 연산 과정을 보여준다.



(그림 2) Gabor Filter를 이용한 Convolution 연산 과정

### 3. 실시간 얼굴 인식 시스템

제안하는 실시간 얼굴 인식 시스템은 얼굴 인식 단계와 추적 단계로 나뉜다. (그림 3)은 전체적인 얼굴 인식 알고리즘을 나타낸다.



(그림 3) 얼굴 인식 알고리즘

#### 3.1 얼굴 인식 단계

얼굴 인식 단계에서는 카메라로부터 들어오는 실시간 영상에서 얼굴 영역 탐지 후, 분석을 통하여 얼굴이 데이터베이스 존재하는지 판단한다.

##### 3.1.1 얼굴 영역 탐지

실시간 감시 영상에서 얼굴이 존재하는지 판단하기 위해서 Haar Cascade 피쳐를 사용하였다. 또한, 훈련 알고리즘으로 Adaboost 알고리즘은 적용하였다. Haar은 viola에 의해 제안된 강건한 얼굴 탐지 및 영역 검출이 가능하다. 얼굴이 검출되는 검출된 얼굴 중심으로 인식에 사용할 후보 영역으로 크로핑(Cropping)한다.

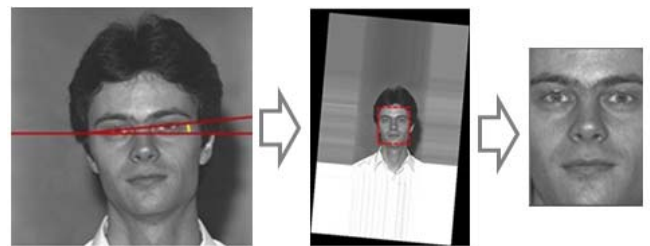
##### 3.1.2 ASM을 이용한 얼굴 정규화

ASM 알고리즘을 이용하여 얼굴 후보 영역에서 주요 위치를 근사화 시킨다. 미리 학습된 얼굴 특징 학습 데이터

를 사용하였으며, 본 과제에서는 눈, 코, 입 및 윤곽을 이루는 68개의 주요 특징을 사용했다.

ASM을 이용해 구한 양 눈의 위치를 기준으로 직선을 그리고 사진의 가로축 직선을 교차시켜서 두 직선 사이의 회전각을 구한다. 회전각을 어파인 변환(Affine Transform)을 거쳐 휘어진 얼굴을 정면 얼굴로 정규화 시킨다.

정면 얼굴로 정규화된 영상에서 얼굴의 고유 특징 벡터를 구하기 좋은 일정한 크기의 얼굴 영역만을 다시 한 번 크로핑(Cropping)한다. 순수한 얼굴 영역만을 자르기 위해서 ASM 과정에서 구한 얼굴 윤곽 점들을 이용하였다. (그림 4)는 얼굴 후보 사진에서 고유 특징을 추출할 수 있게 어파인 변환과 영역 크로핑을 통해서 일정하게 정규화하는 과정을 보여준다.



(그림 4) 얼굴 영역 정규화 과정

#### 3.1.3 조명 전처리(Illumination Preprocessing)

조명에 따른 영상의 차이에도 강건한 인식이 이루어 질 수 있도록 조명 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정은 감마 보정(Gamma Correction)과 Difference of Gaussian(DoG) Filtering, 대비 평활화(Contrast Equalization) 단계를 거친다. 조명 전처리 과정을 거친 얼굴은 비교적 어둡거나 밝은 환경에서 유사한 얼굴 영상을 유지한다.

#### 3.1.4 얼굴 고유 특징 추출 및 매칭

조명 전처리까지 완료된 얼굴 영상을 8개의 방향(Orientation)과 5개의 크기(Gradient) 조합으로 생성한 40개의 Gabor Wavelet Filter를 이용하여 컨볼루션(Convolution) 연산을 수행한다. 위 과정을 통해 획득한 40개의 특징 벡터가 고유 얼굴을 표현하는 특징 벡터가 된다.

얼굴 매칭은 얼굴 인식 단계의 각 과정을 거쳐 획득한 고유 특징 벡터들로 구성된 얼굴 데이터베이스에서 질의(Query)된 특징벡터와 가장 유사한 값을 찾는 방법으로 이루어진다.

### 3.2 얼굴 추적 단계

추적 단계는 얼굴 인식 후, 얼굴이 카메라 감시 영역을 벗어날 때까지 강건하게 추적하는 기능을 한다.

#### 3.2.1 Camshift Tracker

Camshift 알고리즘은 추적 대상의 컬러 확률 분포를 이용하여 위치뿐만 아니라 회전 각도, 크기까지 빠르게 계산

하여 추적한다. 하지만, 컬러 추적의 한계로 여러 얼굴이 겹칠 경우 추적 하던 얼굴의 컨트롤을 잃어버려 추적 오류가 발생하는 문제가 있었다.

### 3.2.2 Kalman Filter를 적용한 강건한 추적

강건한(Robust) 얼굴 추적을 위하여 Camshift의 과정에 Kalman Filter를 적용하였다. 추적 대상이 가려짐(Occlusion) 상태 이거나, 추적 실패인 경우 예측 및 보정으로 안정적인 얼굴 영역 추적이 가능하게 되었다. 정확한 추적을 위하여 Camshift를 통해 구한 추적 영역의 위치와 가속도를 State Vector와 Measurement Vector로 사용하였다.

## 4. 실험 결과 및 결론

제안한 실시간 얼굴 인식 및 추적 시스템을 구현하고 그 성능을 분석하였다. Intel core i5 CPU, 4GB 메모리 그리고 Window 7 운영체제를 갖는 컴퓨터에서 성능과 속도를 평가하였다. 실험 데이터는 FERET 얼굴 영상 데이터베이스를 이용하였다.

<표1> FERET 데이터베이스를 이용한 얼굴 인식 알고리즘 비교

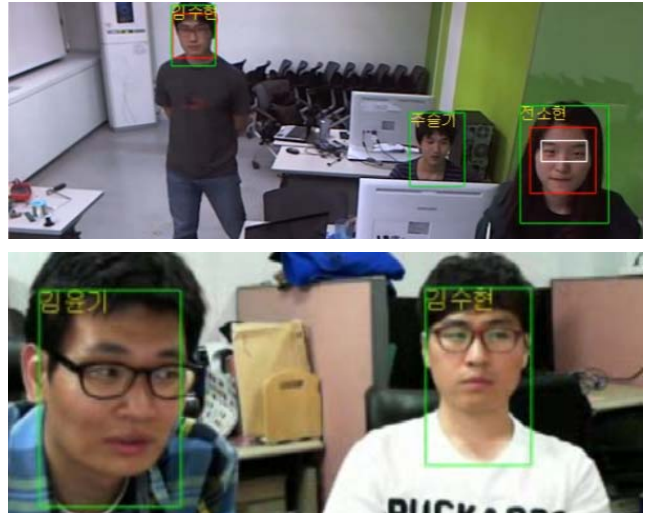
얼굴 인식 알고리즘	표정 변화(fb)	조명 변화(fc)	시간(dup1)	시간(dup2)
EBGM	86.30%		43.40%	
FisherFace	96.00%	82.00%	59.00%	52.00%
Local Active Pixel	93.00%	78.00%	73.00%	70.00%
<b>제안 알고리즘</b>	<b>96%</b>	<b>90%</b>	<b>50%</b>	<b>55%</b>

FERET 얼굴 데이터베이스는 동일한 인물의 표정(fb)과 조명(fc)이 변환된 상태의 얼굴과 시간이 지남에 따라 변화된 얼굴(dup1, dup2)을 제공해준다. 제안한 알고리즘의 인식 실험 결과 <표 1>에서 볼 수 있는 것처럼 표정 변화와 조명변화는 기존에 제안된 얼굴 인식 알고리즘에 상응하거나 더 좋은 인식률을 보여주었다. 하지만, 시간이 지남에 따라 변화된 얼굴의 인식률은 다른 얼굴 인식 알고리즘보다 낮은 결과가 나타났다. 이는 단 한 장의 정면 얼굴에서 추출한 특징이 가진 표현의 한계로 판단된다. 동일한 환경에서 실시간 얼굴 인식 실험은 640\*480 영상을 기준으로 17-8 FPS의 결과를 보여 실시간 감시 시스템에 적용할 수 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

[1] 김진호 "특징점기반 Gabor 및 LBP 피처를 이용한 얼굴 인식" 2013.01, 한국콘텐츠학회, 1-8,  
 [2] L. Shen, L. Bai, "A review on Gabor wavelets for face recognition," Pattern. Anal. & Applications, vol. 9, issue 2, pp 273-292, Sep. 2006.

[3] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikainen, "Face recognition with local binary pattern," in Proc. 8th Eur. Conf. Computer Vision, 2004, pp. 469 - 481.  
 [4] J. H. Kim, "Fully Automatic Facial Recognition Algorithm By Using Gabor Feature Based Face Graph," J. of The Korea Contents Association, Vol.11, No.2, pp.31-39, 2011(2).  
 [5] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time face detection," International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004.



(그림 5) 제안 알고리즘을 이용한 실시간 얼굴 인식