

# 동공의 반사특징을 이용한 얼굴위조판별 시스템

## Fake Face Detection System Using Pupil Reflection

양재준\* · 조성원\* · 정선태\*\*

JaeJun Yang, Seongwon Cho and Sun-Tae Chung

\* 홍익대학교 전기정보제어공학과

\*\*송실대학교 정보통신전자공학부

### 요 약

최근 지능형 범죄가 늘면서 첨단 보안 기술에 대한 요구가 점차 늘어나고 있다. 현재까지 보고된 위조영상검출방법은 실용화를 위하여 정확도 개선이 요구된다. 본 논문에서는 사람의 얼굴에 대하여 동공의 반사광을 이용한 얼굴위조판별 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 먼저 다중 스케일 가버특징 벡터를 기반으로 눈의 위치를 찾은 후 2단계의 템플릿 매칭을 통해서 설정된 적용범위를 벗어나는 눈에 대하여 위조판별을 고려하지 않음으로써 정확도를 높이는 방법을 사용한다. 신뢰도가 확보된 눈의 위치를 기반으로 적외선 조명에 반사되는 동공의 특징을 이용하여 눈위치 근처에서의 화소값을 계산하여 위조 여부를 판단한다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 방법이 더욱 신뢰성 높은 위조판별시스템임을 확인하였다.

**키워드** : 변조영상 검출, 얼굴 검출, EBGM, 템플릿 매칭, 얼굴 식별

### Abstract

Recently the need for advanced security technologies are increasing as the occurrence of intelligent crime is growing fastly. Previous liveness detection methods are required for the improvement of accuracy in order to be put to practical use. In this paper, we propose a new fake image detection method using pupil reflection. The proposed system detects eyes based on multi-scale Gabor feature vector in the first stage, and uses template matching technique in order to increase the detection accuracy in the second stage. The template matching plays a role in determining the allowed eye area. The infrared image that is reflected in the pupil is used to decide whether or not the captured image is fake. Experimental results indicate that the proposed method is superior to the previous methods in the detection accuracy of fake images.

**Key Words** : Fake image detection, Face detection, EBGM, Template matching, Face Identification

## 1. 서 론

지난 수년간 생체 인식 기술은 잠재가치가 매우 높은 산업으로 인식되어 국내외적으로 활발하게 연구가 진행되어지고 있다. 많은 연구가 이루어진 지문인식, 홍채인식, 음성인식은 이미 우리 주위에 많이 도입되어 안정적으로 사용된다. 그러나, 사용자 편의측면에서 특정한 자세를 취하거나 센서에 신체를 접촉해야 하는 불편이 있다. 또한, 지문인식의 경우에는 전 세계 인구의 5~7%가 지문이 없다는 통계가 발표되면서 개인의 특성이 보다 잘 표현되면서 유일성이라는 측면이 더 강화된 얼굴 인식 시스템(안면 인식 시스템)의 연구가 활발하다. 이 시스템은 지능화된 금융사나 테러방지를 위해 사용된다. 국내에서는 전자여권을 비롯해 건

물의 출입 통제, ATM 및 인터넷 뱅킹의 개인 인증 솔루션이나 신용카드 및 스마트카드 등 금융 서비스의 보안, 3차원 비디오 게임, 가상 현실체험, 궁합 중매. 관광. 인적 자원 관리 등의 엔터테인먼트 등에 다양하게 활용되고 있으며 국내 보안소프트웨어시장에서는 2013년 3479억원 규모의 시장을 예상하고 있을 정도로 경제성에서도 매우 뛰어난 분야임이 입증되었다. 해외응용사례를 살펴보면 호주 이민국은 얼굴인식 기술을 통해 자동화된 국경 검문시스템을 이용하고 있으며, 독일 연방범죄수사당국은 감시 이미지를 디지털 사진 DB정보와 비교해 용의자를 식별해 내는 시스템을 구축하고 있다. 또한 감시 카메라의 천국인 영국도 2004년에 이미 4백만 개 이상의 감시카메라를 모든 주요 도시의 공공 장소에 설치해 운영하고 있다.

이 얼굴 인식 기술이 널리 퍼지면서 여러 가지 문제점이 나타나기 시작했는데, 그 중 가장 시급하고 중요한 사안이 바로 위조인 것이다. 최근 미국의 한 해킹 업체에서 실시한 실험에서도 얼굴인식 시스템이 상당히 간단한 방법으로 해킹이 가능한 것으로 입증 되었다. 시판 중인 모델을 대상으로 테스트를 진행하였는데, 등록된 사용자의 얼굴을 찍은 이미지(fake image)나 비디오를 실행시켜 보여주는 것만으로도 손쉽게 해킹이 가능하다는 것이 판명되었다. 좀 더 높

접수일자 : 2010년 8월 4일

완료일자 : 2010년 10월 8일

감사의 글 : 이 논문은 정부재원(한국연구재단 기초연구사업[2010-0016426], 중소기업청, 산학협동재단) 및 2008년도 홍익대학교 학술연구진흥비와 송실대학교 교내연구비의 지원을 받아 수행 되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

은 보안 레벨로 제조했다는 Live-check 장비도 사용자가 머리를 움직이는 동영상을 보여주자 해킹이 가능하였다. 국내의 실정 또한 위와 다르지 않고 이러한 위조 영상 판별에 관련된 연구는 거의 초기 단계 수준이라 볼 수 있다. 현재 연구하고 있는 방법으로는 Fourier spectra를 사용하는 방법[1], 눈의 깜박임(Eye Blink)을 통해 위, 변조 여부를 판별해내는 방법[2], Stereo camera[3]를 이용하는 방법 등이 있다.

본 논문에서는 동공의 반사특성을 이용한 위조판별시스템을 제안한다. 실제영상(live image)과 위조영상(fake image)이 적외선에 대해 각각 다른 반사특성을 갖는 것과 이를 극대화 시킬 수 있는 방법을 사용하여 위변조 판별에 응용해 보았다.

## 2. 관련연구

### 2.1 눈 검출에 관한 기존 연구

Jesorsky 등 [4]은 모델과 검출 객체사이의 유사도로 하우스도르프(Hausdorff) 거리를 채택하고 모델에 기반한 2 단계(대략적 검출 및 정교한 검출)를 거친 눈의 위치 검출 방법을 제안하였다. 이 논문은 이후의 눈의 위치 검출 논문들에서 눈의 좌표 검출 성공 판정 기준으로 주로 사용하는 성공기준의 표준 척도를 제안하고 있다. 그러나 모델 구축에 시간이 비교적 많이 걸리며, 하우스도르프 거리 계산에 시간이 소요되므로 테스트 할 때에 시간이 비교적 많이 걸린다.

Zhou와 Geng[5]은 눈의 위치를 검출하기 위해 일 반화된 이미지 투영함수를 고안하고 이에 기반한 눈위치 검출 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 데이터를 이용한 모델 구축이 필요하지 않아 데이터베이스에 의존적이지 않다. 그러나 사용된 눈 기하학적 모델과 다른 눈의 경우(예; 찡그린 눈, 감은 눈, 안경 쓴 눈 등)에 정확한 눈의 위치 검출에는 한계를 갖는다.

Ma 등 [6]은 확률 프레임워크에 기반을 둔 눈의 위치 검출 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 먼저 대략적인 눈의 위치 후보 지점들을 Ada-Boost[9] 방법으로 찾은 후에 계산량 경감을 위해 서브 샘플링하여 후보 수를 줄이고 왼쪽 눈 및 오른쪽 눈의 모든 가능한 두 눈에 대해 정규화한 후 이들 쌍이 얼마나 진짜 두눈에 가까울 지에 대한 확률을 계산하고 이러한 확률에 기반을 두어 최종적으로 정교한 눈의 좌표를 확정한다. 넓은 영역에서 Ada-Boost분류기에 의한 눈의 위치 검색은 시간이 비교적 많이 소모되며, 확률 계산이 정확하여야 한다. Campadelli 등 [7]은 적절히 선택된 하웨이블렛(Haar Wavelet) 계수에 기반을 두어 훈련된 2단계 서포트 벡터 머신을 사용한 눈의 위치 검출 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 하웨이블렛(Haar Wavelet) 계수 선정이 복잡하고 서포트벡터머신 훈련에 비교적 시간이 많이 걸린다.

Niu 등 [8]은 2단계 연속 Ada-Boost 분류기를 훈련하고 이를 이용한 눈의 위치 검출 방법을 제안하였다. Ada-Boost 알고리즘에 기반을 둔 분류기는 훈련에 많은 시간이 소요되며, 눈의 위치 검출시에 검색 영역이 넓으므로 시간이 많이 소요된다.

가버 특징 벡터를 이용한 눈의 위치 검출 방법은 EBGM(Elastic Bunch Graph Matching)[10,11] 등의 얼굴 인식 알고리즘에서 눈의 위치 및 얼굴의 다른 특징점들을

추출하는데 사용되었다. 가버 특징 벡터는 왜곡, 회전, 조명 등에 대해 비교적 강한 것으로 잘 알려져 있다[12]. 가버 특징 벡터 기반 눈위치 검출의 경우, 훈련된 모델들의 가버 특징 벡터와 입력된 영상의 초기점에서의 가버 특징 벡터들과의 상관관계를 이용하여 초기점을 개선하면서 눈의 위치를 찾는다. 눈위치 초기점은 통상 모델 눈위치들의 평균값으로 취한다. 그런데, 가버 특징 벡터를 이용한 특징점 검색은 초기값과 검색 범위에 따라 안정적인 눈위치검출률에 많은 영향을 미친다[10,11]. 검출률을 높이기 위해 검색 범위를 넓게 하면 계산량이 크게 증가한다.

Kim과 Chung [17]은 다중 해상도 가버 특징 벡터를 이용한 강인한 눈검출의 방법을 제안하였다. 기존 EBGM에 다중 해상도라는 기법을 도입하여 그 성능을 향상 시켰다.

### 2.2 얼굴검출

본 논문에서는 복잡한 배경에서 다양한 크기와 자세의 얼굴 영역을 실시간으로 정확하게 추출하기 위하여 Ada-boost방법을 이용하였다[12]. 여기서 Ada-boost를 효과적으로 사용할 수 있도록 단계적인 방법을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다. 단계적 검출의 각 단계에서 사용하는 얼굴 패턴은 MxM(예, 21x21) 저해상도에서 표현되는 얼굴 패턴을 이용하였다. 이 방법은 “사람의 인지시스템은 저해상도의 영상에서도 얼굴을 찾는다.”는 사실에 그 바탕을 두고 있다. 저해상도의 영상에서도 나타날 수 있는 얼굴 패턴의 수는 여전히 많아(21x21 이진 영상에서 표현 가능한 패턴 수는  $2^{441} = 5.0 \times 10^{132}$ ) 기존의 방법으로는 학습이 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 얼굴의 패턴을 단순한 기저패턴(basis pattern)조합으로 단순화시키고(21x21 이진 영상에서 Haar 기저 패턴의 조합의 경우 수는 약 10만개), 이 중에서 표현되는 모든 얼굴 패턴을 부스팅 알고리즘(boosting algorithm)으로 오프라인에서 학습하고, 학습된 패턴을 이용하여 온라인상에서 실시간으로 얼굴을 검출하는 방법이 성공적으로 적용되고 있다.

### 2.3 가버특징벡터모델

눈은 얼굴의 특징점 중 가장 두드러진 특징점이다. 그렇기 때문에 눈의 위치는 얼굴 검출, 얼굴 인식, 얼굴 표정 인식 등에서 가장 중요하게 쓰이며 따라서, 카메라를 통해 실시간으로 입력되는 얼굴 영상에서 눈 좌표를 정확하게 검출하는 것은 매우 중요한 작업이다. 또한, 눈 좌표 검출은 정규화 과정에서도 매우 중요한 과정이며[13], 눈 좌표 검출의 에러가 많이 발생할수록 얼굴 인식률의 성능 역시 저하되는 것이 잘 알려져 있다[14]. 본 논문에서 사용한 얼굴 이미지 특징점에서의 가버 특징 벡터는 얼굴 이미지 특징점에 대해, 가버 웨이블렛 커널과의 컨볼루션에 의해 얻어진 가버 웨이블렛 계수를 의미한다. 어떤 이미지 픽셀 위치에서에서의 가버젯(Gabor jet)은 이 픽셀에 대해 방향/주파수/위상에 따라 구성되는 각기 다른 가버 웨이블렛 커널과의 컨볼루션에 의해 얻어진 가버 특징 벡터들의 세트로 정의된다 [15]. 본 논문에서 사용한 가버 웨이블렛 커널은 다음과 같이 표현된다[15].

$$W(x, y, \theta, \lambda, \psi, \sigma) = e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\vec{x}^* \vec{x})} e^{i\vec{k}^* \vec{k}} \quad (1)$$

여기서,  $\vec{x} = (x, y)^t$  이고 웨이브 벡터  $\vec{k}$  는

$\vec{k} = \left( \frac{2\pi \cos \theta}{\lambda}, \frac{2\pi \sin \theta}{\lambda} \right)^t$ 로 주어지며, 이 때  $\theta$ 는 웨이블렛의 방향을  $\lambda$ 는 웨이블렛의 파장(주파수 역수에 비례)을 나타낸다. 또한 식(1)에서  $\sigma$ 는  $\lambda$ 에 비례하는 가우시안의 크기를 나타낸다. 본 논문에서는 식(1)로 표현되는 가버 웨이블렛 커널에 대해 8개의  $\theta \in \left\{ 0, \frac{\pi}{8}, \frac{2\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}, \frac{4\pi}{8}, \frac{5\pi}{8}, \frac{6\pi}{8}, \frac{7\pi}{8} \right\}$ 를 사용하였고, 5개의  $\lambda \in \{4, 4\sqrt{of2}, 8, 8\sqrt{of2}, 16\}$ 를 사용하였다.  $\sigma = \lambda$ 의 40개 조합으로 나타나는 가버 웨이블렛 커널을 사용하였다. 논문에서 구성하고 사용한 가버 웨이블렛 마스크는 그림 1과 같다.

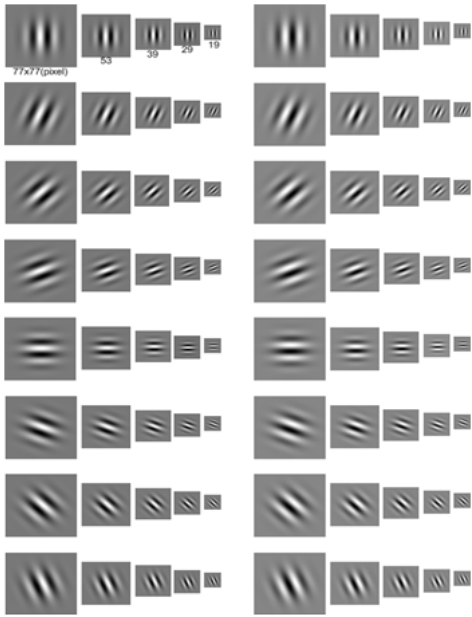


그림 1. 가버웨이블렛 마스크  
Fig. 1. Gabor wavelet mask

#### 2.4 다중스케일

다중스케일 방식은 다운샘플링 된 입력영상 이미지에서 초기점에서의 가버 특징 벡터와 해당 스케일의 눈 모델 변치의 가버젯 유사도를 이용하여 상위의 초기점을 추정하는 것이다. 여기서 말하는 눈모델 변치(Bunch)는 눈에 대해서 이런 가버젯을 추출하여 데이터베이스화 한 것을 말하며 가버젯은 2.2.2에 정의되어 있다. 그림 2는 다운샘플링의 예이다. 이후 추정된 초기점을 상위 스케일의 입력영상 이미지에서의 초기값으로 취하고 상위 스케일 얼굴 이미지에서 같은 방법으로 초기점을 찾으며, 이를 반복적으로 하여 최종적으로 입력영상이미지에서의 최종 초기값을 결정하는 것이다. 그림 3은 각 단계에서의 초기점 변화를 나타내고 있다.



그림 2. 다운샘플링  
Fig. 2. Down sampling



그림 3. 각 단계에서의 초기점 변화  
Fig. 3. Changing the initial point

#### 2.5 템플릿 매칭(Template Matching)

템플릿매칭은 검출도구로써 영상처리에서 많이 사용하는 기법이며 유사도가 가장 높은 영역을 검출 영역으로 선택하는 방법이다. 이 방법은 대상의 특징 성분 검출이 용이하도록 존재할 필요가 없기 때문에 조명 변화나 배경의 영향을 덜 받게 되고 복잡한 환경에서도 객체검출이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 크기변화, 회전각도, 기울어짐에 민감함을 보여 단점으로 여겨지기도 한다. 또한 객체의 형태가 다양할 때 평균적인 템플릿의 생성이 어렵기 때문에 템플릿 제작이 어렵다는 단점도 있다. 템플릿 매칭을 하는 방법 위에서 언급한 것과 같이 찾고자 하는 대상의 특징을 가진 템플릿을 생성한 뒤 Convolution Mask를 사용하여 가장 유사도가 높은 영역을 이미지에서 찾아 검출하는 것이다.

$$R_{coeff}(x,y) = \sum_{x',y'} [T(x',y')I(x+x',y+y')]^2 \quad (2)$$

$$Z(x,y) = \sqrt{\sum_{x',y'} T(x',y')^2 \sum_{x',y'} I(x+x',y+y')^2} \quad (3)$$

$$R_{coeffnormed}(x,y) = R_{coeff}(x,y)/Z(x,y) \quad (4)$$

식 (2), 식 (3)을 이용하여 식 (4)의  $R_{coeffnormed}$ (유사도로 사용)을 계산하여 해당 영역을 검출한다.

이러한 템플릿 매칭은 문자인식, 지문인식, 얼굴인식, 번호판인식 등에서 자주 활용된다.

### 3. 제안하는 알고리즘

본 논문의 목적은 움직이는 영상에 대하여 얼굴인식에 있어 문제가 되는 위조를 판별하는 것에 있고 동공의 반사 특징을 사용한 위조시스템의 구현이 주목적이라고 하겠다. 그림 4는 제안하는 알고리즘의 다이어그램을 나타내고 있다.

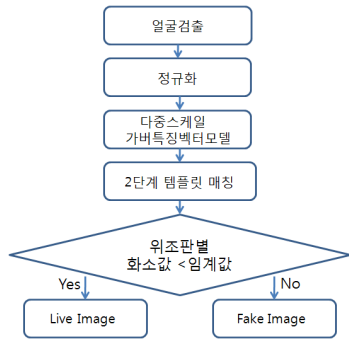


그림 4. 제안하는 다이어그램  
Fig. 4. Detailed operation diagram

### 3.1 얼굴검출 및 정규화

입력받은 영상은 얼굴검출을 한 후 크기, 조명, 각도가 각각 다르므로 이 세 특징에 대해서 모두 정규화 해주어야 한다. 정규화 과정을 거쳐야만 특징 검출의 효율을 높일 수 있다.

먼저 크기의 정규화이다. 그림 5와 같이 얼굴 영상의 크기를 256 × 256(pixel) 크기로 정규화 하였다.

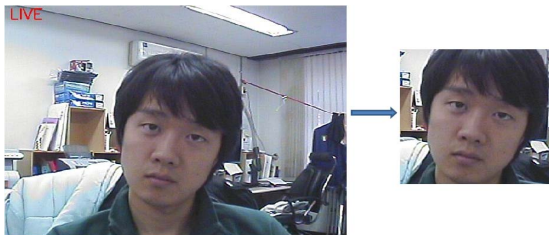


그림 5. 크기 정규화 된 영상  
Fig. 5. Size normalization

다음은 조명의 정규화이다. 인간의 시각이 반사부분에는 민감한 반면 조명 부분에는 민감하지 못하다는 것과 전체적인 명도값의 변화보다는 명도값의 지역적 대비에 더 민감하기 때문에 비등방성 확산방법[16]을 이용하여 조명의 정규화를 실행한다. 그림 6은 실행후의 영상이다.



그림 6. 조명 정규화 된 영상  
Fig. 6. Light normalization

마지막으로 각도에 대한 정규화이다. 벨리(valley)와 엣지(edge)정보를 이용하여 틸트(Tilt)각도를 얻어서 그림 7과 같이 기울어짐에 관한 정규화를 실행한다. 엣지를 얻기 위해 조명정규화까지 완료된 이미지에 소벨 연산자를 적용하여 엣지를 검출한다. 벨리는 이미지 화소의 밝기가 급격히 변하면서 주위 화소 보다 낮은 밝기를 갖는 부분, 즉 주

위보다 어두운 부분으로 정의된다. 벨리를 얻기 위해 주어진 이미지에 모폴로지 연산을 적용 후에 이진화하고 이진 닫힘(binary closing)모폴로지 연산을 적용한다. 이렇게 벨리와 엣지가 추출되면 (-30 ° ~ 30 °) 범위에서 2.5 ° 간격으로 얼굴 영역 이미지를 회전 시켜 수직방향의 히스토그램을 생성한다.

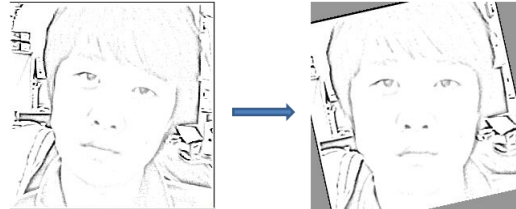


그림 7. 각도 정규화 된 영상  
Fig. 7. Angle normalization

이들을 비교해 보면, 얼굴이 똑바로 되었을 때가 기울어져 있을 때에 비해 엣지 및 벨리 수직 히스토그램 분포의 분산(평균에서의 변화 정도)이 크음을 알 수 있다. 이러한 사실을 이용하여 틸트 각도(분산이 가장 큰 회전 각도)를 구해 얼굴을 똑바로 하였다. 정규화의 결과로 얻은 그림 7의 영상을 기반으로 눈위치검출을 실행한다.

### 3.2 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델

정규화의 결과로 얻은 그림 7의 영상을 기반으로 다중스케일 가버특징벡터를 사용하여 눈위치를 검출한다[17]. 다중스케일 가버특징벡터는 다중스케일의 개념과 가버특징벡터모델을 합친 개념으로 최적의 눈위치를 찾기 위해 실행한다.

먼저 입력받은 256x256크기 얼굴영상을 64x64크기로 다운샘플링한다. 64x64크기 영상에 2.2.2에서 설명한 가버특징벡터 모델을 사용하여 대략적인 눈의 위치를 검출한다. 검출한 눈위치를 초기값으로 하여 한 단계 업샘플링한 128x128크기의 영상에서 다시 2.2.2를 사용하여 더욱 정교한 눈위치를 검출한다. 이와 같은 과정을 한번 더 반복하여 256x256크기 영상에서의 최종 눈의 위치를 검출한다.

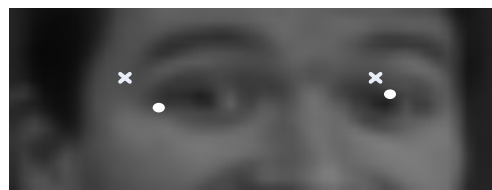


그림 8(a). 64x64 영상에서 눈의 대략적인 위치 추정

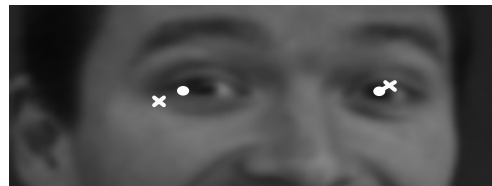


그림 8(b). 128x128 영상에서 더욱 정교한 눈 위치 추정



그림 8(c). 256x256 영상에서 눈의 최종적 위치 확정

그림 8. 눈검출  
Fig. 8. Eye detection

### 3.3 2단계 템플릿 매칭

정확성을 높이기 위해 3.2절에 기술한 다중 스케일 가버 특징벡터를 사용하여 검출한 눈위치에 대해 각각 다른 템플릿을 사용하는 2단계 템플릿 매칭을 실시한다. 그림 9는 다중 스케일 가버특징 벡터모델을 사용하여 최종 눈위치를 얻어낸 결과이다. 사진의 좌측과 달리 우측 눈 좌표가 조금은 벗어난 것을 알 수 있다. 정확하지 않은 눈위치를 구별해 내어 신뢰도를 높이기 위한 것이 바로 2단계 템플릿 매칭이다.



그림 9. 다중스케일 가버특징벡터모델을 사용한 결과  
Fig. 9. Result of multi-scale Gabor feature vector

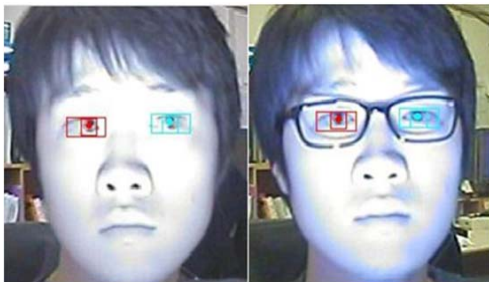


그림 10. 다중스케일 가버 특징 벡터모델을 기반으로 한 눈의 위치에 적용한 2단계 템플릿 매칭 결과  
Fig10. Two step template matching results applied to eye area based on multi-scale Gabor feature vector model



그림 11. 실제로 사용한 템플릿들  
Fig. 11. Templates used in the experiments

2단계 템플릿 매칭은 다음과 같다. 먼저 35x16 크기의

템플릿을 사용한 템플릿 매칭을 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델에서 얻은 눈위치에 실시한다. 실시한 결과가 일정 값 이상의 유사도를 넘으면 정확한 눈위치로 간주한다. 다음으로 15x15 크기의 템플릿을 사용한 템플릿 매칭을 위의 방법으로 똑같이 반복한다. 그림 11은 실제 사용한 템플릿들이다. 역시 일정 값 이상의 유사도를 넘는다면 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델에서의 눈위치를 최종 눈위치로 결정하고 넘지 못한다면 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델에서의 눈위치를 최종 눈위치로 사용하지 않고 다음 프레임으로 넘어간다. 다음 프레임에서 다시 제안하는 알고리즘을 순서대로 실행하여 움직이는 영상에 대하여 눈위치를 검출한다. 사용하지 않는 눈위치에 대해서는 위조판별에서 고려하지 않는다. 그림 10은 2단계 템플릿 매칭을 실시한 결과를 나타낸다.

### 3.4 위조판별

다중스케일 가버 특징 벡터 모델과 2단계템플릿 매칭의 두가지를 모두 만족하는 눈의 위치는 신뢰성 높은 눈의 위치라고 판단하고 위조판별을 실시한다. 위조판별을 실시하는 방법은 다음과 같다.

눈의 홍채 안에 있는 동근 영역인 동공은 대부분의 빛을 흡수하기 때문에 화소의 밝기가 매우 낮은 검정색(혹은 화소의 밝기가 매우 높은 하얀색)으로 보인다. 때문에 실제영상으로부터의 영상은 동공 영역의 화소 밝기값은 매우 낮은 값이다. 이때 동공 영역에서의 가장 어두운 화소의 밝기 값 분포는 외부 조명, 얼굴과 카메라 사이의 거리, 얼굴의 자세에 따라 다소 변화가 있지만 얼굴과 카메라 사이의 간격이 약 30cm~60cm 범위 안에 있을 때 일정하다. 실험결과 하한 값은 5, 상한 값은 36이다. 반면에 위조영상에서는 모든 영역에서 빛이 반사되기 때문에 동공에서의 화소의 밝기 값이 상대적으로 낮아 평균값이 85로 나타났다.

$$F(VoP) = N_{VoP \leq 30} \quad (VoP = \text{픽셀의 값}) \quad (5)$$

식 (5)에서 F(VoP)는 값이 30보다 작거나 같은 화소의 갯수를 나타내는데 이는 이 값이 0보다 크면 정상영상으로 그렇지 않으면 위조영상으로 판별한다.

그림 12는 각각 실제영상으로부터 얻은 동공영상과 위조 영상으로부터 얻은 동공영상이다.



그림 12. 실제영상으로부터 얻은 동공영상과 위조영상으로부터 얻은 동공영상  
Fig. 12. Pupill images from live image and fake image

## 4. 구현 및 실험결과

본 논문의 실험에 사용된 PC의 사양은 인텔코어2듀어 콘로 E6600(4MB L2 캐쉬 2.4GHz@3.25GHz), 메인 메모리는 2GB이다. 사용된 카메라는 시중에 판매되는 IVT-30IR 를 사용하였으며 해상도는 640x480이다. 적외선 조명을 위하여 infrared class A LED를 사용하였다.

그림 13은 적외선(IR)조명을 사용했을 때 실제영상이 들어왔을 때의 결과이다. 주위 9개 픽셀 중 한개 이상의 화소값

이 임계값보다 낮게 나왔으므로 live영상으로 판명한다.



그림 13. 실제영상의 실험결과  
Fig. 13. Experiments of live image

반대로 그림 14는 위조영상이 들어왔을 때의 결과이다. 주위 9개 픽셀 중 한개 이상의 화소값이 임계값보다 높게 나왔으므로 위조영상으로 판명한다.

본 실험에서 임계값을 30으로 하였을 때 가장 좋은 실험 결과를 확인하였다.



그림 14. 위조영상의 실험결과  
Fig. 14. Experiments of fake image

실험대상자는 10명에 한하였다. 실험군이 적지만 타당한 수라고 느끼는 것은 다음과 같기 때문이다.

첫째, 동공의 광학적 특성(즉, 반사 및 흡수)은 누구나

같기 때문이다[18].

둘째, 템플릿 매칭과 다중 스케일 가버 특징 벡터를 이용한 방법은 이미 충분히 검증되어 있기 때문이다. 둘을 적절한 조합으로 합쳐놓았으므로 충분하다고 생각한다.

이 실험대상자 10명에 한하여 거리를 30~60cm로 제한하고 랜덤한 포즈(좌우상하 각20도)로 개인당 50번씩 총500번 실시한 결과는 표1과 표2와 같다.

표1. 다중스케일 가버특징벡터기반의 위조시스템 실험결과  
Table 1. Experimental results of fake image detection system based on multi-scale gabor feature vector model

입력 \ 출력	Live	Fake
Live	96.2%	1.4%
Fake	3.8%	98.6%

표2. 제안된 방법의 위조시스템 실험결과  
Table 2. Experimental results of fake image detection system based on the proposed method

입력 \ 출력	Live	Fake
Live	97.2%	0%
Fake	2.8%	100%

## 5. 결론

본 논문에서는 동공의 반사특성을 이용한 위조판별시스템을 제안하였고, 제안된 기법을 구현하여 성능을 측정해 보았다.

제안된 방법으로 구현한 시스템은 기존의 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델 기반 눈위치 검출만으로는 정확하지 않은 눈검출 부분의 에러를 2단계 템플릿 매칭으로 보완하였다. 또한 이를 바탕으로 눈의 위치 주위의 화소값을 판단하여 위조여부를 판단하는 알고리즘을 사용하여 시스템을 구현하였다. 하지만 30~60cm의 제한조건으로 인해 보편적이지 못한 실험환경과 조명변화에 민감한 부분 그리고 템플릿에 따라 변할 수 있는 실험 결과에 대해서는 앞으로의 연구로 보완해 나가야 하는 점이다. 또한 적외선 조명을 사용하는 것에 대한 실제 활용도면에서 고민이 필요하다.

이 논문을 통해 우리는 얼굴영상에 대하여 동공을 이용한 위조판별 시스템의 우수성을 보였다.

## 참고 문헌

- [1] J. Li, Y. Wang, T. Tan, and A. K. Jain, "Live face detection based on the analysis of fourier spectra," *In Biometric Technology for Human Identification*, vol. 5404, pp. 296-303, 2004.
- [2] S. Lin, P. Gang and Zhaohui Wu,

"Blinking-Based Live Face Detection Using Conditional Random Fields", *Springer*, 2007

[3] 거리 정보를 이용한 위조 얼굴검출 방법 및 장치, 출원번호: 1020080131785, 발명자: 정성욱, 정윤수, 문기영

[4] O. Jesorsky, K. Kirchberg, and R. Frischholz, "Robust Face Detection Using the Hausdorff Distance," *In: J. Bigun, F. Smeraldi Eds. Lecture Notes in Computer Science 2091, Berlin: Springer*, pp.90-95, 2001.

[5] H. Zhou and X. Geng, "Projection Functions for Eye Detection," *Pattern Recognition*, No.5, pp.1049-1056, May 2004.

[6] Y. Ma, X. Ding, Z. Wang, and N. Wang, "Robust Precise Eye Location under Probabilistic Framework," *Proc. 6th IEEE Int'l Conf. on Automatic face and Gesture Recognition (FGR'04)*, pp.339-344, May 2004.

[7] P. Campadelli, R. Lanzarotti, and G. Lipori, "Precise eye localization through a general-tospecific model definition," *Proc. 17th conference organised by the British Machine Vision (BMVC 2006)*, 2006.

[8] Z. Niu, S. Shan, S. Yan, X. Chen, and W. Gao, "2D Cascaded Adaboost for Eye Localization," *18th Int'l Conf. on Pattern Recognition*, Vol.2, pp.1216-1219, Aug. 2006.

[9] R. Lienhart and J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection," *IEEE ICIP 2002*, Vol.1, pp.900-903, Sept. 2002.

[10] L. Wiskott, J. M. Fellous, N. Kuiger, C. von der Malsburg, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, Vol.19, pp. 775 - 779, July. 1997.

[11] D. V. Bolme, "Elastic Bunch Matching," *Master's Thesis, Colorado State University*, 2003.

[12] 한국정보보호진흥원, 《2006 국내 정보보호 산업 통계조사 최종연구보고서》, 2006.

[13] S. Z. Li and A. K. Jain, "Handbook of Face Recognition," *Springer*. 2004.

[14] P. Wang, M. B. Green, Q. Ji, and J. Wayman, "Automatic Eye Detection and Its Validation," *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005 IEEE Computer Society Conference. III (June 2005)*, pp.164-172

[15] L.Wiskott, J.M Fellous, N. Kuiger, C. von der Malsburg, "Face Recognition by EBGm," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, Vol.19, pp. 775-779, July.1997.

[16] R. Gross and V. Brajovic, "An image pre-processing algorithm for illumination invariant face recognition," *In Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication*, Vol.2688, pp.10-18, June. 2003.

[17] 김상훈, 정선태, "다중 해상도 가버 특징 벡터를

이용한 강인한 눈 검출," *電子工學會論文誌 CI編 第45卷 第1號*, 2008.1 : 1~96(88pages)

[18] A.Haro, I. Essa, and M. Flickner. "Detecting and tracking eyes by using their physiological properties," *In Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 2000.

## 저 자 소 개



### 양재준 (JaeJun Yang)

2009년:홍익대학교 전자전기공학부 졸업  
현재: 홍익대학교 대학원 전기정보 제어  
공학부 석사과정

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 객체추적, 지능 제어  
Phone : 02 -320 -1493  
E-mail : yangahh@naver.com



### 조성원 (Seongwon Cho) (Seong-Won Cho)

중신회원  
1982년 2월: 서울대 학사  
1987년 12월: Purdue University 석사  
1992년 2월: Purdue University 박사  
현재: 홍익대 전자전기공학부 교수

관심분야 : 영상처리 및 인식, 지능시스템  
Phone : 02 -3141 -9540  
E-mail : swcho@hongik.ac.kr



### 정선태 (Sun-Tae Chung)

정회원  
1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 학사  
1986년 12월: 미국 미시간대학교(앤아버)  
전자 및 컴퓨터 석사  
1990년 12월: 미국 미시간대학교(앤아버)  
전자 및 컴퓨터 박사  
1991년 3월 ~ 현재: 숭실대학교 정보통신  
전자공학부 교수

관심분야 : 생체 및 얼굴 인식, 임베디드 컴퓨터  
Phone : 02 -820 -0638  
E-mail : cst@ssu.ac.kr