

얼굴 인식 기반 위변장 감지 시스템

Fake Face Detection and Falsification Detection System Based on Face Recognition

김준영*, 조성원**

(Jun Young Kim, Seongwon Cho)

요약

최근 지능형 범죄가 늘면서 첨단 보안 기술에 대한 요구가 점차 늘어나고 있다. 현재까지 보고된 위, 변장 영상 검출방법은 실용화를 위하여 정확도 개선이 요구된다. 본 논문에서는 사람의 얼굴에 대하여 동공의 반사도를 이용하여 위조 영상을 판별하고 아다부스트를 이용하여 만든 얼굴 부분별 검출기를 사용한 얼굴 변장 영상을 판별한다. 제안된 시스템은 다중 스케일 가버 특징 벡터를 기반으로 눈의 위치를 찾은 후 템플릿 매칭을 통해서 정확히 찾아진 눈 위치의 동공을 조사하여 최대값과 최소값을 구하여 위조 여부를 판별하고 부분별 검출기를 사용하여 눈과 코의 검출 여부를 판단하여 각각 선글라스와 마스크의 착용 여부를 판단하고 선글라스&마스크 검출기를 사용하여 얼굴이 검출되지 않았을 경우를 대비하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 방법이 더욱 신뢰성 높은 위, 변장 판별시스템임을 확인하였다.

- 중심어 : 얼굴 검출; 아다부스트; 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 and fake face detection methods are required for the improvement of accuracy in order to be put to practical use. In this paper, we propose a new liveness detection method using pupil reflection, and new fake image detection using Adaboost detector. The proposed system detects eyes based on multi-scale Gabor feature vector in the first stage, The template matching plays a role in determining the allowed eye area. And then, the reflected image in the pupil is used to decide whether or not the captured image is live or not. Experimental results indicate that the proposed method is superior to the previous methods in the detection accuracy of fake images.

- keywords : Face detection; Adaboost; EBGM; Template matching; Face Identification

I. 서 론

지난 수년간 국내외적으로 개인 인증 기술이 크게 발달 되어 왔다. 대표적인 생체 인식 기술(Biometrics)인 지문, 홍채, 얼굴, 서명, 음성 인식 등의 기술은 공항 및 출입국관리소, 기업의 사내 전산망 및 출입 통제 시스템 과

같이 여러 분야에 널리 퍼져 있다. 이 중 개인의 특성이 보다 잘 표현되면서 유일성이라는 측면이 더 강화된 얼굴 인식 시스템(안면 인식 시스템)의 연구가 활발하다. 국내에서는 전자여권을 비롯해 건물의 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 엔터

* 학생회원, 홍익대학교 대학원 전기정보제어공학과

** 정회원, 홍익대학교 전자전기공학부

본 연구는 정부재원(한국연구재단 기초 연구사업[2012R1A1A2006883], 중소기업청, 산업통상자원부) 및 2013학년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

접수일자 : 2015년 11월 18일

수정일자 : 2015년 12월 12일

게재확정일 : 2015년 12월 22일

교신저자 : 조성원, e-mail : swcho@hongik.ac.kr

테인먼트 등에 다양하게 활용되고 있으며 해외응용사례를 살펴보면 호주 이민국은 얼굴인식 기술을 인체 자동화된 국경 검문시스템을 이용하고 있으며 독일 연방범죄 수사당국은 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 공공장소에 설치해 운영하고 있다.

이렇게 생체 인식 기술이 널리 퍼지면서 여러 문제점 또한 대두되게 되었는데, 그 중 가장 시급한 것이 생체인식 기술의 보안성일 것이다. 얼굴, 지문, 홍채 인식 시에 변장 영상이 사용되어지는 예는 얼마든지 있다.

현재 국내에서 연구하고 있는 위, 변장 판별 방법으로는 위조 영상 판별의 경우 고주파 성분과 에너지 비율을 계산하여 분류하는 방법[1]과 연속된 이미지를 분석하여 눈의 움직임 비교하는 방법[2]으로 연구가 진행되고 있으며, 위장 판별을 위해 학습된 배경영상과 객체 영상의 차영상을 비교하여 피부색을 추출하여 얼굴색의 이진 누적 분포도를 획득하는 방법[3]이 있다.

본 논문에서는 EBGGM을 기반으로 찾은 눈의 좌표에서 2단계 템플릿 매칭을 사용하여 동공을 조사하는 방법으로 위조 영상을 판별하고 각 부분별 검출기를 사용하여 눈과 코를 검출함을 통해 선글라스와 마스크를 착용하였는지의 여부를 판별하게 되며 얼굴 검출이 되지 않았을 경우를 대비하여 선글라스&마스크 검출기를 만들어 전체 영상에서 조사하는 것으로 보완한 변장 판별 시스템을 제안한다.

II. 본 론

1. 관련연구

가. 위조 영상과 위장 영상 판별 관한 기존 연구

해킹에 사용되는 종이, 사진 등의 매체는 실제 얼굴 이미지와는 판이하게 다르다. 얼굴의 albedo(반사계수)만으로 표현되어지는 해킹이미지와는 다르게 실제 이미지는 Surface normal과 albedo로 표현되어지기 때문에 푸리에 스펙트라를 분석함을 통해 고주파 성분이나 0.4이상이면 실제이미지로 분류하는 방법[1]이 사용된다. 또한, 카메라에서 얻어지는 연속된 이미지를 분석하여 이진화된 영상에서 눈 영역을 조사하여 변화폭을 조사함을 통해 눈의 깜박임을 비교하는 방법[2]에 대한 연구도 진행되었다.

위장 영상에 대한 판별 방법으로 사람이 없는 배경영상과 사람이 포함된 객체 영상의 차영상을 이용하여 배경과 객체를 분리한 후, 분리된 객체의 무게중심을 이용하여 사람의 머리영역을 결정하고 머리 영역의 칼라영상에 피부색을 판단하는 식(1)을 적용하여 얼굴영역을 추출한 다음 얼굴영역의 이진영상에 대한 히스토그램 분포도로부터 얼굴변장을 판단하는 방법[3]에 대한 연구가 있다.

$$(r', g', b') = \left(\frac{r}{r+g+b}, \frac{g}{r+g+b}, \frac{b}{r+g+b} \right)$$

$$\text{얼굴색} = \begin{cases} 1 & \left(\begin{array}{l} (0.35 < r' < 0.5) \\ \text{and } (0.24 < b' < 0.5) \\ \text{or } (0.1 < b' < 0.25) \end{array} \right) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

표 1은 위장 영상을 판별하는 기존 방법[3]을 실험한 결과이다.

	정상판정	위장판정
정상	23/25(92%)	2/25
선글라스	11/35	24/35(68.6%)
마스크	7/35	28/35(80%)

표 1. 기존 실험의 결과

Table1. Experimental results of the previous method.

나. 눈 검출에 관한 기존 연구

Jesorsky 등 [4]은 모델과 검출 객체사이의 유사도로 하우스도르프(Housdorff) 거리를 채택하고 모델에 기반한 2단계(대략적 검출 및 정교한 검출)를 거친 눈의 위치 검출 방법을 제안하였다. Zhou와 Geng[5]은 눈의 위치를 검출하기 위해 일반화된 이미지 투영함수를 고안하고 이에 기반한 눈 위치 검출 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 사용된 눈 기하학적 모델과 다른 눈의 경우에 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 왼쪽 눈 및 오른쪽 눈의 모든 가능한 두 눈에 대해 정규화한 후 최종적으로 정교한 눈의 좌표를 확정한다. 넓은 영역에서 Ada-Boost분류기에 의한 눈의 위치 검색은 시간이 비교적 많이 소모된다. Campadelli 등 [7]은 적절히 선택된 하 웨이블렛(Haar Wavelet) 계수에 기반을 두어 훈련된 2단계 서포트 벡터 머신을 사용한 눈의 위치 검출 알고리즘을

제안하였다. 이 방법은 하 웨이블릿 계수 선정이 복잡하고 서포트 벡터머신 훈련에 많은 시간이 소요된다.

Niu 등 [8]은 2단계 연속 Ada-Boost 분류기를 훈련하고 이를 이용한 눈의 위치 검출 방법을 제안하였다. 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 강인한 것으로 잘 알려져 있다[12]. 눈 위치 초기점은 통상 모델 눈 위치들의 평균값으로 취하게 되는데 가버 특징 벡터를 이용한 특징점 검색은 초기값과 검색 범위에 따라 안정적인 눈 위치 검출률에 많은 영향을 미친다[10,11]. 검출률을 높이기 위해 검색 범위를 넓게 하면 계산량이 크게 증가한다.

다. 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.

라. 가버특징벡터모델

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 웨이블릿 커널과의 컨볼루션에 의해 얻어진 가버 웨이블릿 계수를

의미한다. 어떤 이미지 픽셀 위치에서에서의 가버젯(Gabor jet)은 이 픽셀에 대해 방향/주파수/위상에 따라 구성되는 각기 다른 가버 웨이블릿 커널과의 컨볼루션에 의해 얻어진 가버 특징 벡터들의 세트로 정의된다[15]. 본 논문에서 사용한 가버 웨이블릿 커널은 다음과 같이 표현된다[15].

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

여기서, $\vec{x} = (x, y)^t$ 이고 웨이브 벡터 $\vec{k} = \left(\frac{2\pi \cos \theta}{\lambda}, \frac{2\pi \sin \theta}{\lambda} \right)^t$ 로 주어지며, 이 때 θ 는 웨이블릿의 방향을 λ 는 웨이블릿의 파장(주파수 역수에 비례)을 나타낸다. 또한 식(1)에서 σ 는 λ 에 비례하는 가우시안의 크기를 나타낸다. 본 논문에서는 식(1)로 표현되는 가버 웨이블릿 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 $\lambda \in \{4, 4\sqrt{of}2, 8, 8\sqrt{of}2, 16\}$ 를 사용하였다. $\sigma = \lambda$ 의 40개 조합으로 나타나는 가버 웨이블릿 커널을 사용하였다. 본 논문에서 구성하고 사용한 가버 웨이블릿 마스크는 그림 1과 같다.

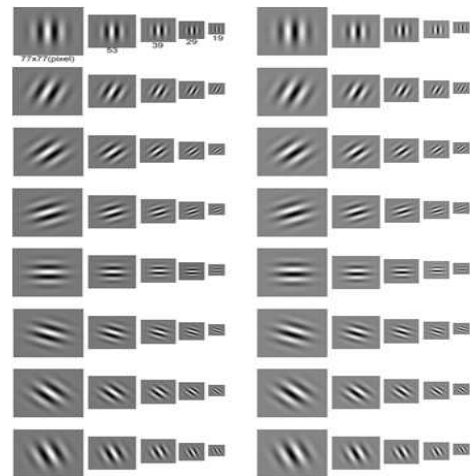


그림 1. 가버웨이브릿 마스크

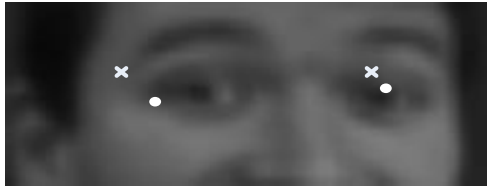
마. 다중스케일

다중스케일 방식은 다운샘플링 된 입력영상 이미지에서 초기점에서의 가버 특징 벡터와 해당 스케일의 눈 모델 번치의 가버젯 유사도를 이용하여 상위의 초기점을 추정하는 것이다. 여기서 말하는 눈 모델 번치(Bunch)는 눈에 대해서 이런 가버젯을 추출하여 데이터베이스화 한

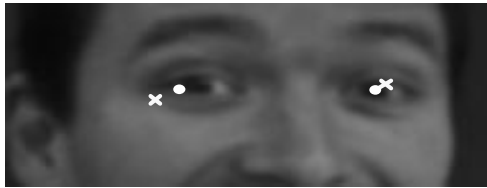
것이다. 그림 2는 다운샘플링의 예이다. 이후 추정된 초기점을 상위 스케일의 입력영상 이미지에서의 초기값으로 취하고 상위 스케일 얼굴 이미지에서 같은 방법으로 초기점을 찾으며, 이를 반복적으로 하여 최종적으로 입력 영상 이미지에서의 최종 초기값을 결정하는 것이다. 그림 3은 각 단계에서의 초기점 변화를 나타낸다.



그림 2. 다운샘플링



(a) 64x64 영상에서 눈의 대략적인 위치 추정



(b) 128x128 영상에서 더욱 정교한 눈 위치 추정



(c) 256x256 영상에서 눈의 최종적 위치 확정
그림 3. 각 단계에서의 초기점 변화

바. 템플릿 매칭

템플릿매칭은 검출도구으로써 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 생

성이 어렵기 때문에 템플릿 제작이 어렵다는 단점도 있다. 템플릿 매칭을 하는 방법은 위에서도 언급한 것과 같이 찾고자 하는 대상의 특징을 가진 템플릿을 생성한 뒤 Convolution Mask를 사용하여 가장 유사도가 높은 영역을 이미지에서 찾아 검출하는 것이다.

$$R_{coeff}(x,y) = \sum_{x',y'} [T(x',y')I(x+x',y+y')]^2 \quad (3)$$

$$Z(x,y) = \sqrt{\sum_{x',y'} T(x',y')^2 \sum_{x',y'} I(x+x',y+y')^2} \quad (4)$$

$$R_{coeffnormed}(x,y) = R_{coeff}(x,y)/Z(x,y) \quad (5)$$

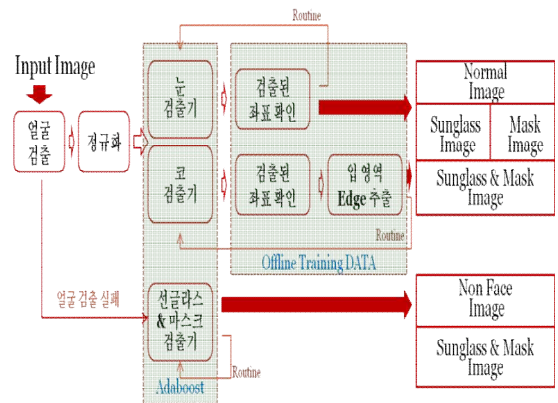
식 (3), 식 (4)을 이용하여 식 (5)의 Rcoeffnormed(유사도로 사용)을 계산하여 해당 영역을 검출한다.

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

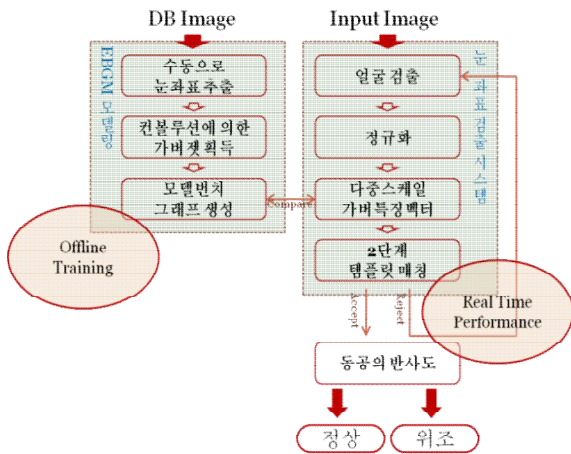
2. 제안하는 알고리즘

본 논문의 목적은 얼굴검출 후, 템플릿 매칭을 통해서 얻은 유사도를 바탕으로 동공의 반사도를 조사하여 위조 영상을 판별하고 눈과 코 검출기를 사용하여 눈과 코를 확인하여 선글라스와 마스크의 착용 여부를 판별한다.

제안하는 알고리즘은 변장 판별 후 위조 영상을 판별하는 단계로 나눌 수 있으며 이는 각각 아다부스트 검출기 시스템, EBGM 모델링, 눈좌표 검출 시스템으로 나뉜다. 아다부스트 검출기를 사용하여 눈과 코를 찾아 변장을 판별한 후 정상으로 판별 될 경우 2단계인 EBGM 모델링을 통해 만들어진 모델[15]을 눈좌표 검출시스템에서 사용하여 눈의 위치를 찾게 되고 찾은 눈의 위치를 바탕으로 위조 영상을 판별한다. 그림 4는 제안하는 알고리즘에 대한 다이어그램이다.



(a) 변장 판별 시스템



(b) 위조 판별 시스템
그림 4. 제안하는 위변장 판별 시스템

가. 얼굴검출 및 정규화

입력받은 영상은 얼굴검출을 한 후 크기, 각도가 각각 다르므로 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.

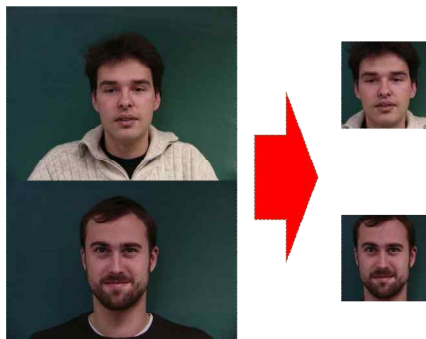


그림 5. 크기 정규화 된 영상

다음으로 각도에 대한 정규화이다. 벨리(valley)와 엣지(edge)정보를 이용하여 틸트(tilt)각도를 얻어서 그림 6과 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 주위보다 어두운 부분으로 정의된다.

벨리를 얻기 위해 주어진 이미지에 모폴로지 연산을 적용 후에 이진화하고 이진 닫힘(binary closing)모폴로

지 연산을 적용한다. 이렇게 벨리와 엣지가 추출되면 (-30~30) 범위에서 2.5 간격으로 얼굴 영역 이미지를 회전시켜 수직방향의 히스토그램을 생성한다.



그림 6. 각도 정규화 된 영상

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 6의 영상을 기반으로 눈 위치 검출을 실행한다.

나. 변장 판별을 위한 아다부스트 검출기

변장 판별에서 선글라스와 마스크의 착용 여부는 눈을 검출할 수 있는지와 코를 검출할 수 있는지를 판단하는 것으로 판별한다. 이를 위해 아다부스트를 이용한 눈 검출기를 만들어 얼굴 검출 후 정규화 된 이미지로부터 눈 영역을 검출하고 코 영역을 검출하여 선글라스와 마스크 착용 여부를 판별한다. 또한 변장의 정도가 심하여 얼굴 검출에 실패하는 경우를 보완하기 위해 선글라스&마스크 검출기를 만들어 변장 도구를 동시에 착용하였을 경우를 대비한 시스템을 제안한다. 변장 판별을 통해 정상으로 판별 되었을 경우 2단계인 위조 영상 판별 시스템으로 진행된다.



(a) 선글라스 착용 여부에 따른 눈의 검출



(b) 마스크 착용 여부에 따른 코의 검출



(c) 선글라스&마스크 검출기로 검출한 모습
그림 7. 눈과 코의 검출에 따른 변장 판별

그림 7에서 각각 부분별 검출기를 사용하여 눈과 코를 검출하는 모습을 보였는데 정규화 된 이미지에서 얼굴 이미지는 256X256 영역에서의 좌표값이 유사하므로 실험을 통해 눈과 코가 검출되는 영역을 설정할 수 있다. 표 2는 실험을 통해 구한 검출되는 영역의 임계값이며 그림 8에서 허용되는 눈과 코의 영역을 표시하였다.

	x 좌표	y 좌표
왼쪽 눈	83 ~ 109	95 ~ 113
오른쪽 눈	115 ~ 168	95 ~ 113
코	124 ~ 136	149 ~ 161
선글라스&마스크	이전 프레임과 ∓ 10	이전 프레임과 ∓ 10

표 2. 눈과 코 영역으로 설정한 좌표값

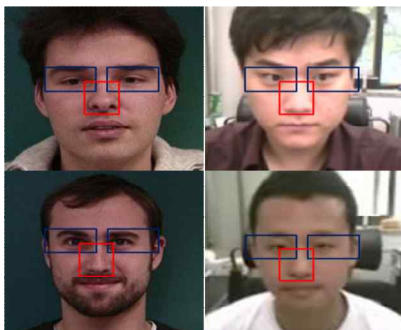


그림 8. 허용되는 눈과 코의 영역

다. 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델

정규화의 결과로 얻은 그림 6의 영상을 기반으로 다중 스케일 가버 특징 벡터를 사용하여 눈 위치를 검출한다(16). 다중스케일 가버 특징 벡터는 다중스케일의 개념과 가버 특징 벡터모델을 합친 개념으로 최적의 눈 위치를 찾기 위해 실행한다.

다운 샘플링 후 업 샘플링 하여 보다 정확한 눈 위치를 결정한다. 그림 9는 해당 과정을 통해 구해진 눈 위치를 보여준다.



그림 9. 눈 검출

라. 2단계 템플릿 매칭

정확성을 높이기 위해 다중 스케일 가버 특징 벡터를 사용하여 검출한 눈 위치에 대해 각각 다른 템플릿을 사용하는 2단계 템플릿 매칭을 실시한다. 그림 9에서 표시된 눈 위치는 좌측과 달리 우측 눈 좌표가 약간 벗어난 것을 알 수 있다. 이와같이, 정확하지 않은 눈 위치를 구별해 내어 신뢰도를 높이기 위한 것이 바로 2단계 템플릿 매칭이다.

2단계 템플릿 매칭은 다음과 같다. 먼저 35x16 크기의 템플릿을 사용한 템플릿 매칭을 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델에서 얻은 눈 위치에 실시한다. 실시한 결과가 일정값 이상의 유사도를 넘으면 정확한 눈 위치로 간주한다. 다음으로 15x15 크기의 템플릿을 사용한 템플릿 매칭을 위의 방법으로 똑같이 반복한다. 그림 10은 실제 사용한 템플릿들이다.



35x16

15x15

그림 10. 실제로 사용한 템플릿들

역시 일정 값 이상의 유사도를 넘는다면 다중 스케일

가버 특징 벡터 모델에서의 눈 위치를 최종 눈 위치로 결정하고 넘지 못한다면 다중 스케일 가버 특징 벡터 모델에서의 눈 위치를 최종 눈 위치로 사용하지 않고 다음 프레임으로 넘어간다. 다음 프레임에서 다시 제안하는 알고리즘을 순서대로 실행하여 움직이는 영상에 대하여 눈 위치를 검출한다. 사용하지 않는 눈 위치에 대해서는 위조 판별에서 고려하지 않는다. 그림 11과 그림 12는 각각 다중스케일 가버 특징 벡터모델을 기반으로 한 눈의 위치에 적용한 2단계 템플릿 매칭 결과를 나타낸다.

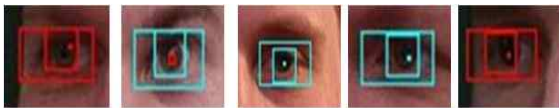


그림 11. 다중스케일 가버 특징 벡터모델을 기반으로 한 정확한 눈 위치에 적용한 2단계 템플릿 매칭 결과

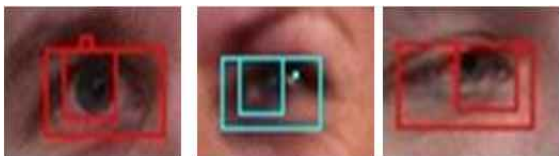


그림 12. 다중스케일 가버 특징 벡터모델을 기반으로 한 부정확한 눈의 위치에 적용한 2단계 템플릿 매칭 결과

마. 위조 판별

실제 영상과 위조 영상에서의 눈 동공의 반사도는 많은 차이를 보인다. 그림 13은 검출된 눈 영역의 최대, 최소값을 표시한 것으로 왼쪽이 실제 영상, 오른쪽이 위조 영상이다.

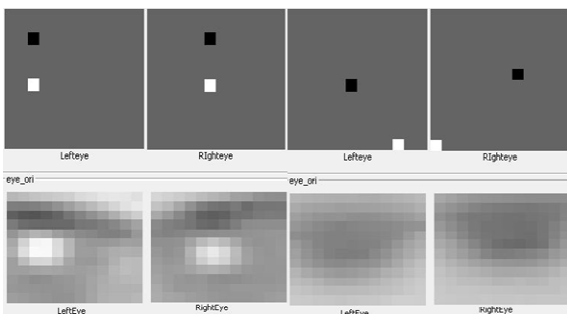


그림 13. 검출된 눈 영역의 최대, 최소값

그림 13에서 최대값을 갖는 픽셀은 눈 영역의 가운데 위치하게 되며 최소값은 바로 윗부분이다. 이를 이용하여 최대값의 위치를 이용한 판별을 시도하였으나 눈 좌표의 4~5 픽셀차이의 오검출에도 상당히 민감한 특성임을 실험으로 판단하였기 때문에 차이값과 최소값만으로 판별

하였다. 표 3은 실험에서 사용된 임계값이다.

	차이값	최소값
실시간 영상	123 ~ 205	43 ~ 112
위조 영상	58 ~ 112	110 ~ 197
설정된 임계값	115	75

표 3. 실시간 영상에 대하여 설정한 임계값

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 40~70cm 범위 안에 있을 때 일정하다.

3. 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-30 IR 를 사용하였다.

실험 데이터는 변장 판별의 경우 700회와 A.I database(44)를 사용하여 총 744회 실시하였고 위조 판별은 850회 실시하였다. 사용된 A.I. 데이터의 얼굴영상들은 각도 변화가 -5도에서 +5도사이의 정면사진(A.I database 44 장)이며 카메라와의 거리는 얼굴검출 및 코 검출이 가능한 최대 거리인 1.2m로 제한하였고 실험자는 총 7명으로 안경의 착용 여부는 제한하지 않았다.

판별 입력	정상 판정	선글라스 판정	마스크 판정	선글라스 & 마스크 판정	얼굴을 찾지 못함
정상	731/744 98.2%	8/744 1.1%	5/744 0.6%	0/744 0%	0/744 0%
선글라스	17/744 2.3%	711/744 95.6%	10/744 1.3%	6/744 0.8%	0/744 0%
마스크	5/744 0.6%	4/744 0.5%	728/744 97.8%	7/744 1%	0/744 0%
선글라스 & 마스크	0/700	2/700 0.3%	3/700 0.4%	679/700 97%	16/700 2.3%

표 4. 변장 판별 실험 결과

표 4에서 각 상황별 판정의 실험 결과를 보였다. 실험 결과에서 보이듯 95~98%의 높은 성공률을 보인다. 그림 14는 실험에 사용한 데이터로 정상과 선글라스 착용, 마스크 착용에 따른 데이터 셋으로 구성되어 있다. 표 5는 위조 판별 실험 결과이다.



(a) 정상



(b) 선글라스



(c) 마스크

그림 14. 실험에 사용된 데이터

판별 입력	정상 판정	위조 판정
Live 영상	833 / 850회 98%	17 / 850회 2%
위조 영상	7 / 850회 0.8%	843 / 850회 99.2%

표 5. 위조 판별 실험 결과

III. 결론

본 논문에서는 늘어나는 얼굴 인식 보안을 위한 위조

영상과 변장 영상을 판별하는 시스템을 제안하였다. 위조 판별 시스템의 경우 최대값과 최소값의 차이값의 비교와 최소값의 비교 두 가지로 판별함에 따라 신뢰도가 더 높아짐을 확인 할 수 있었으며 변장 판별 시스템에서 기존에 템플릿 매칭을 사용하여 눈 검출하는 방식으로부터 아다부스트(Adaboost)를 사용하여 입력되는 영상으로부터 눈을 검출 할 수 있는지 없는지의 여부를 판정하게 됨에 따라서 반투명 선글라스의 경우 정확도를 향상 시킬 수 있게 되었다. 또한, 얼굴 하단을 전부 감싸는 마스크와 입 부분만을 감싸는 마스크, 캐릭터가 그려진 마스크의 경우도 판정할 수 있게 되었으며 특히 선글라스와 마스크를 동시에 착용하였을 경우 전체 입력 영상에서 해당 검출기를 사용하여 선글라스와 마스크 동시 착용 영상을 검출하게 되어 정확도와 속도 측면에서 매우 개선된 실험 결과를 얻을 수 있었다.

현재 본 시스템은 PC에서는 속도 측면에서 볼 때 실시간에 근접한다. 변장 판별의 경우 적게는 4 프레임에서 많게는 20 프레임 내에 판정이 완료되고 위조 판별의 경우에는 정상 영상은 1~2초, 위조 영상은 카메라에 입력되는 영상이 반사도가 심해 얼굴이 잘 검출 되지 않아 지체되는 시간을 제외하면 2~3초으로 사용성이 보장되지만 이를 향후 IP Camera 등의 임베디드 시스템에 연동하기 위해서는 속도 측면의 퍼포먼스를 개선해야 할 것이다.

본 위조 판별 시스템은 전적으로 눈 영역의 검출과 영역 내의 밝기 값의 조사에 판정이 달려 있으므로 눈을 검출하지 못하거나 동공의 반사 특징을 사용할 수 없는 경우에 대한 추가적인 시스템의 구성이 필요하다. 덧붙여 본 논문에서 진행한 실험은 적외선 조명을 얼굴 정면에서 60cm정도 이격을 두어 사용하였으나 해당 적외선 조명이 안구에 미치는 영향에 대한 조사는 진행한 바가 없기 때문에 이를 대체할 수 있는 신뢰성 있는 장치에 대한 조사가 필요하다고 생각한다.

변장 판별 시스템에서는 설정한 영역 내에 눈이 검출되었을 경우를 판정하므로 입력되는 영상에서 선글라스의 종류에 대한 판정이 사람의 판정과 유사하다. 즉 반투명하여 눈이 보이는 선글라스의 경우 정상적인 위치에 눈이 검출이 되기 때문에 이를 안경으로 판정하여 정상 얼굴로 판정하게 되는데 이 부분이 특히 가벼 특징 벡터 모델의 유사도와 템플릿 매칭을 실시한 전 시스템에 비해 성능이 개선되었다. 기존 시스템과 달리 제안된 시스템에서는 여러 가지 선글라스의 종류를 생각하는 것이 아닌 눈이 보이는지 보이지 않는지의 판정이 되었기 때문에 눈 검출을 못함에 따른 시스템 상의 극단적인 오류

가 줄어드는 결과가 되었다. 한편 마스크의 경우 기존의 시스템에서 입 영역의 에지를 조사하는 방법을 제안하여 다양한 마스크의 착용 방법과 마스크 종류에 대응할 수 있도록 보완하였으나 코가 가려지는 선글라스를 착용하였을 경우 마스크로 판정되는 경우가 보기 드물게 존재함에 따라 향후 보완이 필요하다고 판단된다.

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*, SPIE 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] Oh, Son, "A Face Camouflage Distiction System using Color Distribution," *Proceedings of KIIS Fall Conference*, Vol. 19, pp. 133-134, 2009
- [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-to-specific 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] 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)

저자 소개



김준영 (JunYoung Kim)

2010년 2월 : 홍익대학교 전자전기공학부 졸업

현재 : 홍익대학교 대학원 전기정보 제어공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 객체추적, 지능제어
Phone : 02-320-1493

E-mail : pkjy1303@nate.com



조성원 (Seongwon Cho)

1982년 2월 : 서울대 학사

1987년 12월 : Purdue University 석사

1992년 5월 : Purdue University 박사

현재 : 홍익대 전자전기공학부 교수

관심분야 : 영상처리 및 인식, 지능시스템

Phone : 02-3141-9540

E-mail : swcho@hongik.ac.kr