



특집 03

모바일 환경에서의 개인 인증을 위한 홍채 인식 방법



강병준 (현대모비스)

-
- 목 차 »
1. 서 론
 2. 홍채 인식 기술
 3. 실험 결과
 4. 결 론
-

1. 서 론

최근 스마트폰, 테블릿 PC와 같은 휴대용 기기들의 기술적 진보와 통신 기술의 발달로 인해 사람들은 언제 어디서든지 정보통신망에 접근할 수 있게 되었다. 이러한 휴대용 기기를 통해 모바일 뱅킹, 모바일 쇼핑과 같은 개인자산 및 개인정보와 관련된 서비스를 손쉽게 이용할 뿐 아니라, 개인의 스케줄 관리 등과 같은 프라이버시 정보도 관리하고 있다. 따라서 스마트폰과 같은 휴대용 기기들은 개인의 중요한 자산이 되었고, 이에 따라 개인자산 및 개인정보를 보호하기 위한 보안의 중요성이 증대되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 PIN (Personal ID Number), 패스워드 (Password) 등과 같은 기술들이 개인 신원 확인을 위해 흔히 사용되고 있지만, 이러한 기술들은 분실, 도난, 망각 등의 위험이 따르기 때문에 이러한 위험이 없는 바이오인식 기술이 각광받고 있다.

바이오 인식은 지문이나 얼굴, 홍채, 정맥 등과 같은 사람이 보유하고 있는 고유한 신체적인 특

징이나 서명, 걸음걸이 인식 등과 같은 행동학적인 특징을 이용하여 개인을 인증하는 기술로, 주로 출입 제어, ATM(Automatic Teller Machine), 금융 서비스 인증 등과 같은 응용에 주로 사용되어 왔다. 스마트폰 이전의 피쳐폰에서도 보안을 위해 바이오 인식 기술을 적용된 사례가 있었으며, 대표적인 예로 팬택사의 GI100과 LG사의 LP3550이 휴대폰 잠금 및 해제 기능을 제공하기 위해 지문 인식을 사용하였다. 하지만 지문 입력을 위한 별도의 센서를 추가적으로 장착해야 하므로 가격 경쟁력 측면에서 단점이 있었고, 또한 센서의 크기 제약으로 인해 인식 성능에 제한을 받아서 대중적으로 사용되지 못했다. 스마트폰에서는 얼굴 인식이 잠금 및 해제 기능을 위해 적용된 사례가 있다(삼성사의 갤럭시노트2). 얼굴 영상 입력을 위해 스마트폰에서 제공하는 고화소의 카메라를 이용하기 때문에 지문 인식과 달리 별도의 센서가 필요 없는 장점이 있으나, 표정, 얼굴 각도, 주변 조명 환경 등에 의해 인식 성능에 제약을 받는다는 단점이 있다. 최근에는 NTT도

코모 등 일본 업체를 중심으로 홍채 인식을 스마트폰에 적용하기 위한 개발이 진행되고 있다.

홍채 인식은 사람 눈의 동공과 공막 사이에 존재하는 홍채의 특징 패턴을 이용하여 사람의 신원을 확인하는 매우 신뢰도 높은 바이오인식 기술로 알려져 있으며, 홍채는 생후에 근육 무늬 패턴이 생성되어 유전적인 요인이 발생되지 않는 개인 고유의 생체 특징으로 알려져 있다. 또한 홍채는 일생동안 변하지 않는 특징이며, 눈꺼풀에 의해 보호되고 있기 때문에 외부 환경 요인에 의한 손상 위험이 적다는 장점을 가지고 있다. 동양인의 경우 가시광선 대역에서 홍채 패턴 정보가 잘 보이지 않기 때문에 일반적으로 홍채 인식은 인증을 시도하는 사람의 홍채 영상을 얻기 위해 적외선 파장대의 카메라를 사용한다. 또한 직경 200 픽셀 이상의 홍채 영상을 입력 받아야 인식을 감소 없이 정확한 홍채 인식을 수행할 수 있는 것으로 알려져 있으며^[1], 이를 위해 기존의 홍채 인식 시스템들은 줌렌즈를 사용하여 충분한 공간 해상도의 홍채 영상을 취득하였다. 하지만 최근 카메라 기술의 발달로 인해 스마트폰에 고화소의 센서를 지닌 카메라들이 사용되고 있으며, 이러한 고화소 카메라를 사용하여 얼굴 정도의 크기의 영상을 획득하면 홍채 인식에서 요구하는 공간해상도의 홍채 영상을 획득할 수 있다. 홍채 인

식은 홍채 영역 검출, 홍채 특징 코드 추출, 등록된 홍채 특징 코드와의 매칭이라는 단계를 거쳐서 최종적으로 사용자를 식별 및 인증하게 된다. 전술한바와 같이 홍채 인식 기술을 스마트폰에 적용하기 위한 노력이 계속해서 진행되고 있으나, 아직까지는 상용화된 기술이 없기 때문에 본 논문에서는 스마트폰에 적용 가능한 홍채 인식 방법에 대해 기술하고자 한다. 처음으로 홍채 인식을 제안한 도그만 교수는 가버 웨이블릿(Gabor Wavelet)을 이용하여 홍채 특징을 추출하는 방법을 제안하였으나^[2], 본 논문에서는 모바일이라는 하드웨어의 제약적인 환경을 고려해 가버 웨이블릿 방법보다 계산 복잡도가 적은 DoG(Difference of Gaussian) 필터를 이용한 방법을 제안한다.

2. 홍채 인식 기술

홍채 인식 기술의 전체적인 흐름도는 (그림 1)과 같다. 근적외선 카메라를 통해 취득한 영상으로부터 MCT(Modified Census Transform) 특징을 이용한 아다부스트(Adaboost) 검출 알고리즘을 통해 눈의 위치를 검출한 후, 검출된 눈 영역으로부터 동공과 홍채의 경계면을 검출함으로써 인증을 시도하는 사람의 홍채 영역을 검출한다. 홍채는 사람의 눈꺼풀과 속눈썹에 의하여 가려진 경

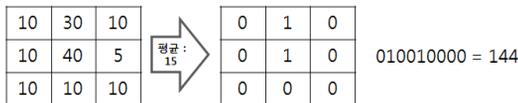


(그림 1) 홍채 인식 방법의 전체 흐름도

우가 빈번하게 발생되기 때문에 눈꺼풀과 속눈썹 영역을 검출한 후 홍채 코드 매칭에 배제함으로써 홍채 인식의 정확도를 향상시킨다. 홍채 영역의 홍채 패턴 정보를 DoG 필터를 적용하여 홍채 코드를 생성한 후, 등록된 홍채 코드와 매칭함으로써 인증된 사용자인지 여부를 최종적으로 판단하게 된다.

2.1 눈 위치 검출

고해상도의 적외선 카메라로부터 입력 받은 영상에서 인식에 필요한 홍채 패턴 정보를 얻기 위한 첫 번째 과정은 눈의 위치를 검출하는 것이다. 본 논문에서는 휴대용 모바일 기기에서의 빠른 처리를 위해 MCT 기반의 아다부스트 알고리즘^[3]을 이용하여 눈의 위치를 검출하였다. (그림 2)에서 보는 바와 같이 MCT는 블록 내 평균값과의 비교를 통해 이진화된 특징을 추출하는 방법이며, 단순 연산 비교를 통해 빠르게 특징을 추출할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 아다부스트 알고리즘은 학습을 통해 다수의 약 분류기(Weak Classifier)를 생성하며, 이들의 조합을 통해 강 분류기(Strong Classifier)를 생성하는 방법이다. 본 논문에서는 MCT 기반의 아다부스트 알고리즘을 통해 눈 영상의 위치에 따른 MCT 특징 값에 따른 신뢰도 값 테이블(약 분류기)을 생성하고, 영



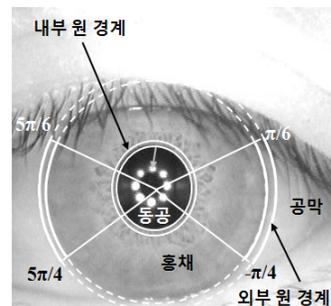
(그림 2) MCT 특징

상 전체를 탐색하면서 MCT 특징 값과 신뢰도 값 테이블을 사용하여 최종적으로 눈의 위치를 검출하였다.

2.2 홍채 영역 검출

홍채 영역은 진술한 바와 같이 동공과 공막 사이에 위치하였으며, 도넛 모양으로 형성되어 있다. 따라서 동공과 홍채 사이의 경계와 홍채와 공막 사이의 경계면을 검출하기 위해 식 (1)과 같은 2개의 원형 경계 검출기(Circular Edge Detector)를 이용한다^[4].

식 (1)에서 r 과 r' 은 각각 홍채(외부 원) 및 동공(내부 원)의 반경을 의미 한다. 그리고 (x_0, y_0) 와 (x'_0, y'_0) 은 홍채 및 동공의 중심 좌표를 나타낸다. (그림 3)에서 보는 바와 같이 홍채와 공막 사이의 외부 원 경계의 경우에는 눈꺼풀에 의해 가려질 가능성이 매우 높다. 따라서 외부 원의 경계의 경우에는 $-\pi/4 \sim \pi/6$ 와 $5\pi/6 \sim 5\pi/4$ 사의 경계 정보만을 사용하여 눈꺼풀에 의해 발생하는 오차를 감소시켰다.



(그림 3) 2개의 원형 경계 검출기를 이용한 홍채 영역 검출

$$\max_{(x_0, y_0), r} \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} \frac{I(x, y)}{5\pi r / 12} ds + \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} \frac{I(x, y)}{5\pi r / 12} ds \right) + \max_{(x'_0, y'_0), r'} \left(\frac{\partial}{\partial r'} \int_0^{2\pi} \frac{I(x', y')}{2\pi r'} ds \right) \right] \quad (1)$$

2.3 눈꺼풀 검출

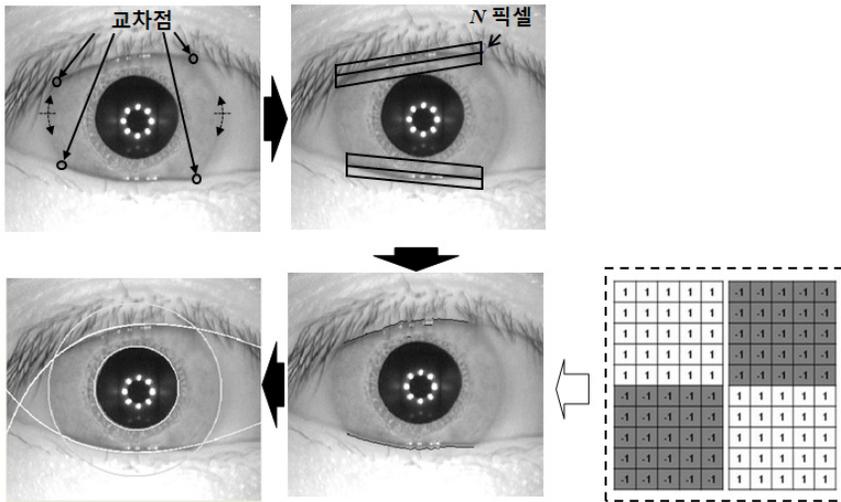
일반적으로 눈꺼풀은 빈번하게 홍채 패턴의 정보를 가리고 있으며, 동일인이라 할지라도 영상을 촬영할 때마다 그 위치가 변화하기 때문에 홍채 인식의 정확도를 감소시키는 요인으로 작용한다. 따라서 눈꺼풀 영역을 홍채 인식에서 배제시켜야 인식 성능을 보장 받을 수 있다. 눈꺼풀을 검출하여 정확한 홍채 영역을 추출하기 위해 먼저 원형의 홍채 외부 경계와 눈꺼풀 라인이 교차하는 점을 검출한다. 동일한 공막 내에서는 픽셀 차이가 크게 발생하지 않으나, 공막에서 눈꺼풀로 변화하는 지점에서는 픽셀 값의 차이가 크게 발생이 되기 때문에 홍채의 외부 경계를 탐색하면서 공막 부분의 픽셀 값의 차이 변화가 발생하는 지점을 교차점으로 추출한다. 교차점을 연결한 라인을 기준으로 상하로 N개의 픽셀 크기만큼 눈꺼풀 특징점을 추출하기 위한 후보 영역으로 설정하고, (그림 4)에서 보는 바와 같은 마

스크를 이용하여 눈꺼풀 특징점을 추출한다. 그리고 추출된 눈꺼풀 특징점들의 좌표 정보와 식 (2)와 같은 포물 허프 변환식을 이용하여 최종적으로 눈꺼풀 라인을 결정한다^[5].

식 (2)에 의해 E가 최소가 되도록 만드는 포물선의 곡률(a), 포물선의 정점 좌표(h, k), 회전각(θ)을 결정한다.

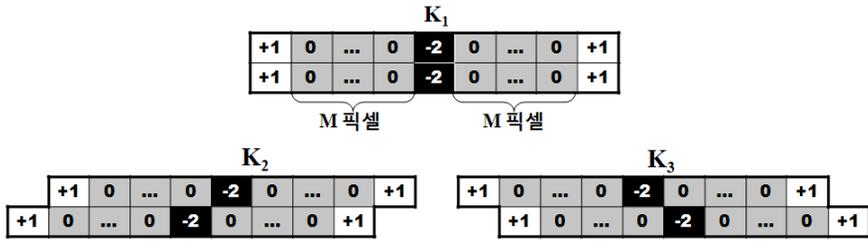
2.4 속눈썹 검출

홍채 패턴 정보를 가리고 있는 속눈썹 역시 인식 정확도를 감소시키는 요인이다. 속눈썹은 다른 홍채 영역에 비해 상대적으로 그레이 값이 작다는 특징과 수직 방향으로 연결되어 있다는 특징을 가지고 있다. 따라서 속눈썹을 홍채 특징 정보에서 배제시키기 위해 속눈썹 특징 정보를 이용한 (그림 5)와 같은 마스크를 사용하였다^[6]. 마스크의 정합 값에 의해 속눈썹 여부를 결정하며, 3개의 마스크 중 최대의 정합 값을 산출하는 마



(그림 4) 눈꺼풀 검출 방법

$$E = (\sin \theta(x - h) + \cos \theta(y - k))^2 - a(\cos \theta(x - h) - \sin \theta(y - k)) = 0 \quad (2)$$



(그림 5) 눈꺼풀 검출 방법

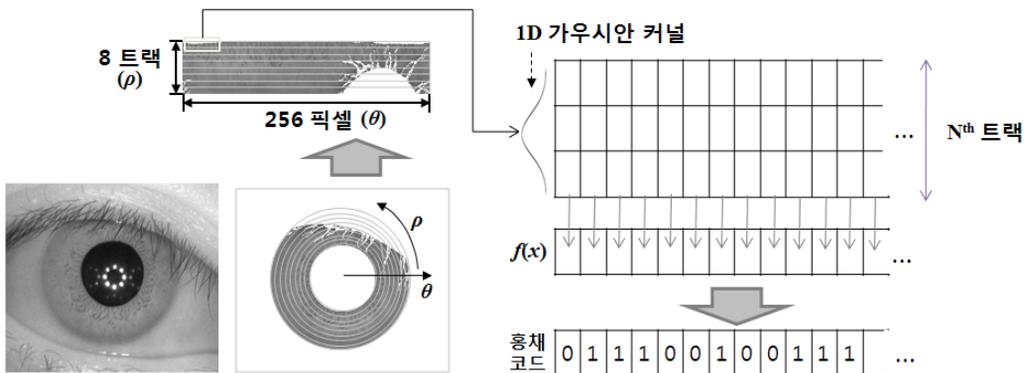
스크를 선택하여 속눈썹의 방향을 결정한다.

$$g(x, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

2.5 홍채 특징 코드 추출 및 매칭

상기 검출 알고리즘을 이용하여 (그림 6)과 같이 홍채 영역을 결정한 후, 홍채 패턴 정보로부터 홍채 특징 코드를 추출한다. 홍채 특징 코드 추출을 위해 먼저 홍채 중심으로부터의 극 좌표계로 변환을 한 후 홍채 영상을 (256×8) 픽셀 크기로 정규화한다. 극 좌표계의 정규화된 홍채 영상으로부터 식(3)과 같은 2개의 가우시안 커널의 차로 이루어진 DoG 필터를 사용하여 홍채 코드를 추출한다⁷⁾.

DoG 필터를 통해 얻어진 값을 임계치 값과 비교하여 이진화시킴으로써 1,024개의 홍채 코드를 추출한다. 본 논문에서는 (σ_1 , σ_2)의 값이 각각 (4, 9), (6, 12)인 2개의 다중 DoG 필터를 사용하여 2,048개의 홍채 코드를 추출하였다. 0과 1로 이루어진 홍채 코드를 등록된 사용자의 홍채 코드와 해밍거리(Hamming Distance)를 측정하여 비교함으로써 최종적으로 인증을 수행하게 된다. 이 때 검출된 눈꺼풀, 속눈썹 영역에서의 홍채 코드는 해밍거리 측정시 배제시킴으로써 인식 성능



(그림 6) 홍채 영상 정규화

$$D(x) = \{g_1(x, \sigma_1) - g_2(x, \sigma_2)\} * f(x), \text{ where } \sigma_1 > \sigma_2 \quad (3)$$

을 향상시켰다.

〈표 1〉 인식을 측정 결과

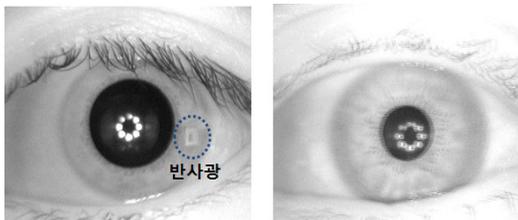
FAR (%)	0.01	0.1	1.0
인식률 (%)	86.5	92.5	96.9

3. 실험 결과

본 연구에서 제안하는 다중 DoG 필터를 사용한 홍채 인식 방법의 인식 정확도를 측정하기 위해 CASIA Interval Ver. 3^[8] 데이터베이스를 이용하였다. CASIA 데이터베이스는 249명의 사람으로부터 추출된 396개의 홍채 클래스로 구분되어 있으며, 총 2,655장의 영상으로 이루어져 있다.

본 연구의 실험에서는 각 홍채 클래스에서의 한 장의 영상을 등록된 영상으로 선정하고, 나머지 영상을 인식을 시도하는 영상으로 사용하여 인식 성능을 측정하였다. 측정결과 FAR(False Acceptance Rate) 0.1%에서 92.5%의 인식률을 보였으며, EER(Equal Error Rate)은 2.23%였다. FAR은 인증되지 않은 사용자를 인증하는 오류를 의미하며, EER은 FAR과 인증된 사용자를 인증되지 않은 사용자로 분류하는 오류인 FRR(False Rejection Rate)이 같아지는 지점에서 해밍거리 임계치를 정했을 경우의 오류율을 의미한다. <표 1>은 FAR에 따른 홍채 인식 정확도를 보여준다.

본 연구의 실험에서 인식률이 다소 낮은 이유는 CASIA 데이터베이스에 모션 블러 (Motion Blur)나 눈의 각막에서 반사된 반사광 등 홍채 인식의 성능을 감소시키는 영상들이 포함이 되었기 때문이었다.



(그림 7) 홍채 인식 정확도를 저하 요인

두 번째 실험으로는 제안된 홍채 인식 방법의 처리 시간을 측정하였다. 1.6 GHz의 CPU 성능을 가진 넷북에서 측정하였으며, 실수형 연산을 정수형 연산으로 변환하여 처리 시간 측정을 수행하였다. 그 결과, 눈 위치 검출 12ms, 홍채 영역 분할 (홍채, 눈꺼풀 및 속눈썹 검출) 389ms, 홍채 특징 코드 추출 및 매칭 31ms의 처리 시간이 소요되었다.

4. 결론

본 연구에서는 입력된 영상으로부터 MCT 기반의 아다부스트 알고리즘을 이용하여 눈의 위치를 검출하고 홍채 패턴 정보 추출을 방해하는 요소인 눈꺼풀 및 속눈썹을 검출하여 제거한 후 다중 DoG 필터 기반으로 생성된 홍채 코드를 매칭하는 홍채 인식 방법을 제안하였다.

전술한 바와 같이 최근 모바일 기기의 보안의 중요성이 증대됨에 따라 홍채 인식을 스마트폰에 적용하기 위한 노력들이 이루어지고 있다. 스마트폰은 휴대용 기기로서 사용자가 직접 손에 들고 자신의 홍채 영상을 촬영해야 하기 때문에 손 떨림과 같은 모션 블러 현상이 발생할 수 있으며, 이는 앞서 실험 결과에서 보았듯이 홍채 인식의 인식 성능을 감소시키는 요인으로 작용한다. 또한 태양광이 있는 실외 환경에서도 홍채 인식을 시도하는 경우가 빈번하게 발생되는데, 태양광이 주변 물체에 반사되어 각막 표면에 상이 맺히는 경우가 발생되어 홍채 인식의 성능이 저하된다. 향후, 고성능의 스마트폰 홍채 인식 기술 적용을 위해서는 모션 블러 복원, 각막 표면 반사광 검출

등과 같은 위의 문제들을 해결하기 위한 연구가 필요할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Information Technology, Biometric Data Interchange Formats, Iris Image Data, ISO/IEC 19794-6, 2005.
- [2] J. G. Daugman, "How Iris Recognition Works," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 14, no. 1, pp. 21-30, 2004.
- [3] B. Froba et al, "Face Detection with the Modified Census Transform," IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, May 2004.
- [4] D. H. Cho et al, "Pupil and Iris Localization for Iris Recognition in Mobile Phones" SNPD, Las Vegas, Nevada, USA, 2006.
- [5] Y. K. Jang et al, "A study on eyelid localization considering image focus for iris recognition, Pattern Recognition Letters, Vol. 29, No. 11, pp. 1698-1704, 2008.
- [6] Byung Jun Kang et al, "A Robust Eyelash Detection Based on Iris Focus Assessment", Pattern Recognition Letters, Vol. 28, Issue 13, pp. 1630-1639, October 2007.
- [7] Byung Jun Kang et al, "Fuzzy difference-of-Gaussian-based iris recognition method for noisy iris images," Optical Engineering, Vol. 49, No. 6, June 2010.
- [8] CASIA ver. 3, <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>

저 자 약 력



강 병 준

이메일 : kangbyj@mobis.co.kr

- 2004년 상명대학교 소프트웨어학과(학사)
- 2006년 상명대학교 컴퓨터학과(석사)
- 2009년 상명대학교 컴퓨터학과(박사)
- 2009년~2010년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2010년~현재 현대모비스 기술연구소 선임연구원
- 관심분야: 컴퓨터 비전, 바이오 인식, 차량용 비전 시스템