

과장 변화에 따른 홍채 및 공막의 반사율 변화를 이용한 위조 홍채 검출 방법

이성주*, 박강령**, 김재희*

*연세대학교 생체인식 연구센터

**상명대학교 미디어 학부, 생체인식 연구센터

A Fake-Iris Detection Method based on the Change of Reflectance Ratio between Iris and Sclera

Sungjoo Lee*, Kang Ryoung Park**, Jaihie Kim*

*Biometrics Engineering Research Center, Yonsei University

**Division of Media Technology, Sangmyung University

E-mail: *sungjoo.jhkim@yonsei.ac.kr, **parkgr@smu.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose a new fake-iris detection method. In order to detect the fake-iris, we measure the change of the reflectance ratio between iris and sclera. In a live iris, the amount of change is relatively large compared to that in a fake-iris. From our experimental results, it is clear that our fake-iris detection method achieves high performance when distinguishing between a live-iris and a fake-iris.

I. 서론

생체 인식이란 개인의 생리학적 특징과 행동적 특징을 이용하여 자동적으로 개인을 식별하는 기술이다. 일반적으로 생체 인식에서 사용되고 있는 생리학적 특징은 지문, 손 혈관, 망막, 홍채, 손바닥, 얼굴 등이 있다. 또한 행동적인 특징은 음성, 서명, 걸음걸이(gaits) 등이 있다. 이러한 생체 인식은 기존의 비밀번호나 ID 카드에 기초한 기존의 신분 확인 기술에 비해 기억하거나, 휴대할 필요가 없어 더 편리하다.

하지만 생체 인식 시스템은 한 가지 약점을 가지고 있는데, 그것은 위조 및 변조된 생체 데이터에 의해 공격받을 수 있다는 점이다. 요코하마 대학의

Matsumoto 교수가 젤라틴을 이용하여 인공적으로 만든 지문은 11 개의 상용화된 지문 인식 시스템에서 실제 사람의 지문으로 거짓 인식 되었다[2]. 이는 생체 데이터도 위조될 수 있음을 나타내는 좋은 예이다. 또한 생체 데이터는 한 번 도난 당하면 다른 어떤 것으로도 대체할 수 없는 문제점이 있다. 예를 들어, 신용카드가 도난 당했을 경우에는 새로 재발급을 받을 수 있지만, 생체 데이터는 새로 재발급 받을 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 실제 살아있는 생체 데이터와 위조 및 변조된 생체 데이터를 구분하는 것에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 특히 홍채 인식 시스템의 위조 방지에 초점을 두었다. 최근의 발표된 연구 결과에 의하면 기존의 홍채 인식 시스템이 위조에 의해 기만 될 수 있다는 사실이 밝혀졌기 때문이다. 독일의 잡지 *CT* 는 실제 사람의 홍채 영상을 인쇄한 후 동공 부분을 오려내어 만든 위조 홍채를 사용하여 파나소닉의 BM-ET 100 홍채 시스템을 기만하는 데 성공하였고, 요코하마 대학의 Matsumoto 교수 역시 같은 종류의 위조 홍채를 사용하여 기존의 상용화된 3 개의 홍채 인식 시스템을 기만하는 데 성공하였다[1][2].

본 논문에서는 위조 홍채를 검출하기 위하여 조명의 과장 변화에 따른 실제 홍채 및 공막의 반사율의 변

본 연구는 한국과학재단 지정 생체인식연구센터의 지원을 받아 이루어졌습니다.

화를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안한 반사율 변화 측정 방법을 통해 성공적으로 위조 홍채를 검출할 수 있음을 실험을 통해 입증했다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. II 장에서 기존의 위조 홍채 검출 방법에 대해서 설명하고, III, IV장에서 제안하는 위조 홍채 검출 방법에 관하여 설명한다. 그리고 V장에서 제안한 방법을 이용한 실험 결과를 분석하고, VI장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 위조 홍채 검출 방법

기존의 위조 홍채를 검출하는 방법은 정적 접근 방법과 동적 접근 방법으로 나눌 수 있다. 정적 접근 방법은 눈의 구조나 눈의 반사 특징과 같이 눈의 내재된 특성을 이용하여 실제와 위조를 구분하는 방법이고, 동적 방법은 어떤 자극을 홍채에 가해주고 이에 따른 홍채의 의식적 반응, 혹은 무의식적 반응을 이용하여 실제와 위조를 구분하는 방법이다[5].

정적 접근 방법에는 홍채 영상의 주파수를 분석하는 방법, 여러 개의 LED 를 임의로 번갈아 키면서 동공에 생기는 글린트의 위치 변화로 위조를 검출하는 방법, 적목 현상을 이용하는 방법, 퍼킨즈 반사를 검출하는 방법 그리고 눈 속의 멜라닌, 혈액 등의 반사율 특성을 분석하는 방법이 있다[5]. 이 중 주파수를 분석하는 방법은 고해상도로 프린트 된 위조 홍채를 이용할 경우, 침입자가 영상을 고의로 흐리게(blur)할 경우에는 위조를 검출할 수 없고, 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 또한 여러 개의 LED 를 임의로 번갈아 키며 글린트의 위치 변화를 이용하는 방법, 적목 현상을 이용하는 방법과 퍼킨즈 반사를 이용하는 방법은 홍채 영상을 프린트 한 후 동공 부분을 오려내 만든 위조 홍채를 사용할 경우 위조를 검출할 수 없는 문제점이 있다. 마지막으로 눈 속의 혈액, 멜라닌 색소 등의 반사 특성을 검출하는 방법이 있다. 이 방법을 사용할 경우, 다양한 위조 홍채에 대응할 수 있지만 이러한 생체 특성을 정량적으로 측정하기가 어렵다는 문제가 있다.

동적 방법에는 빛의 입사에 따른 동공의 확대 축소를 검출하는 방법, 시스템이 사용자에게 눈꺼풀의 깜박임 혹은 시선의 변화 등을 요구했을 때 사용자의 반응을 검출하는 방법 등이 있다[5]. 이 중 동공의 확대 축소를 검출하는 방법은 정적 방법들에 비해 처리 시간이 많이 걸리고, 또 다른 가시광선 조명을 추가해야 하기 때

문에 사용자의 거부감을 초래하는 단점이 있다. 또한 시스템의 시도 요구에 따른 사용자의 응답을 검출하는 방법은 처리 시간이 많이 걸리고, 사용자의 불편함을 가중하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 정적 방법 중 눈의 반사 특성을 분석하여 위조 홍채를 검출하였다. 이 방법은 캠브리지 대학의 Daugman 교수에 의해 처음 제안되었지만, 그는 반사 모델과 조명과 카메라의 배치구조를 고려하여 정량적으로 홍채와 공막의 반사율 변화를 측정하는 방법에 대해서는 언급하지 않았다. 본 논문에서는 홍채 및 공막의 반사 특성을 분석하고 이를 정량적으로 측정하는 방법을 제안한다.

III. 홍채 및 공막의 반사 특징

홍채와 공막은 그림 1 과 같이 홍채 바깥 경계를 기준으로 안쪽과 바깥쪽에 각각 위치하고 있다.

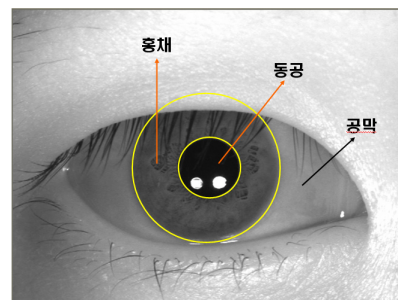


그림 1 홍채와 공막의 위치

홍채의 색은 홍채 안의 멜라닌 색소의 양에 의해서 결정된다. 예를 들어 푸른 눈은 암갈색의 눈보다 멜라닌의 함유량이 작다. 이 멜라닌의 반사율은 적외선 파장이 증가함에 따라 증가하고, 이에 따라 홍채의 반사율 또한 적외선 파장이 증가함에 따라 증가한다[4]. 반면 공막의 반사율은 적외선 파장이 증가함에 따라 감소한다[3]. 따라서 그림 2 와 같이 장파장 조명(850nm)을 사용할 경우 단파장 조명(750nm)을 사용할 경우보다 홍채 영역이 밝게 보인다. 이러한 반사 특성에 따라 홍채와 공막의 반사율 비 (홍채반사율/공막반사율)는 단파장에 비해 장파장에서 상대적으로 더 크다.

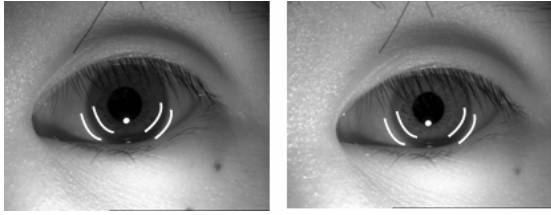


그림 2. 750nm 적외선 파장에서 취득한 홍채 영상(왼쪽)과 850nm 에서 취득한 홍채 영상(오른쪽)에서의 홍채 및 공막 영역

반면, 실제 홍채와 달리 위조 홍채에서는 이러한 반사 특징을 찾아볼 수 없다. 프린트된 위조 홍채의 경우에 홍채와 공막이 유사한 물질로 이루어져 있기 때문에 파장 변화에 따른 반사율의 변화도 유사하다. 따라서 파장 변화에 따른 홍채와 공막의 반사율 비는 일정하다.

결론적으로 파장 변화에 따른 홍채 및 공막의 반사율의 비의 변화를 측정하여, 변화가 작으면 위조 홍채로 판단 할 수 있다.

IV. 홍채와 공막의 반사율 비 측정 방법

홍채와 공막의 반사율 비의 변화를 정량적으로 측정하기 위해 콜롬비아 대학의 Nayar 교수가 제안한 인접한 두 물질의 경계에서 반사율 비를 측정하는 방법 [6]을 홍채와 공막의 반사율 비 측정에 적용하였다. 그들의 연구에 따르면 인접한 두 물질 사이의 반사율 비는 두 물질의 경계에 인접해 있는 두 점의 밝기 비로 나타낼 수 있다. 여기서 두 점은 인접해 있지만 각각 다른 물질에 속해 있기 때문에 물질의 밝기에 영향을 주는 요인(사물과 조명 및 카메라 사이의 거리 및 각도, 카메라의 응답 특징, 조명의 파장 분포, 조명의 파워, 사물의 반사 계수) 중 물질 고유의 특성인 반사계수만이 두 점의 밝기 비에 영향을 준다.

위의 내용을 이용하여 홍채 및 공막의 반사율 비를 측정하면 식(1)을 얻을 수 있다.

$$p = (I_s - I_l) / (I_s + I_l) = (\rho_s - \rho_l) / (\rho_s + \rho_l) \dots (1)$$

여기서, I_s , I_l 는 각각 홍채 바깥 경계에 인접해 있는 공막과 홍채의 밝기를 나타내고, ρ_s, ρ_l 는 각각 공막과 홍채의 반사계수를 의미한다.

반사율 비를 측정하기 위해 필요한 홍채 바깥 경계에 인접해 있는 두 점을 구하기 위해서 본 논문에서는 먼저 원형경계 검출기[7]를 사용하여 홍채 바깥 경계

를 찾고, 눈썹 및 눈꺼풀에 가려지지 않는 부분을 찾았다. 이렇게 찾은 홍채 경계에서 홍채 중심 쪽으로 밝기의 변화를 관찰하며 밝기 값의 변화가 작아지는 부분을 홍채 영역으로 설정하고, 반대 방향으로 밝기의 변화가 작아지는 부분을 공막 영역으로 설정하였다. 이렇게 해서 찾은 영역은 그림 2 와 같다.

이렇게 찾은 홍채 및 공막 영역에 대해서 단파장 및 단파장에서 반사율 비를 식(2), (3)과 같이 구하였다.

$$p_{750} = (I_{s,750} - I_{l,750}) / (I_{s,750} + I_{l,750}) = (\rho_{s,750} - \rho_{l,750}) / (\rho_{s,750} + \rho_{l,750}) \quad (2)$$

$$p_{850} = (I_{s,850} - I_{l,850}) / (I_{s,850} + I_{l,850}) = (\rho_{s,850} - \rho_{l,850}) / (\rho_{s,850} + \rho_{l,850}) \quad (3)$$

여기서, p_{750}, p_{850} 은 각각 단파장(750nm)과 장파장(850nm)에서의 홍채와 공막의 반사율 비이고, $I_{s,750}, I_{s,850}$ 은 각각 단파장과 장파장에서 공막의 밝기이며, $I_{l,750}, I_{l,850}$ 은 각각 단파장과 장파장에서 홍채의 밝기이다. 그리고 $\rho_{s,750}, \rho_{s,850}$ 은 각각 단파장과 장파장에서 공막의 반사 계수이고, $\rho_{l,750}, \rho_{l,850}$ 은 각각 단파장과 장파장에서 홍채의 반사 계수이다.

실제 홍채에서는 III 장에서 설명한 홍채와 공막의 반사율 변화 특징에 따라 p_{750} 과 p_{850} 의 차가 큰 반면 위조 홍채에서는 p_{750} 과 p_{850} 의 차가 상대적으로 실제 홍채보다 작다. 따라서 p_{750} 과 p_{850} 의 차를 통해 위조 홍채와 실제 홍채를 구분할 수 있다.

V. 실험결과 및 분석 결론

기존의 홍채 DB 는 단일 파장의 조명을 사용하거나 두 가지 파장의 조명을 동시에 사용하여 취득한 영상으로 만들어졌다. 즉, 파장을 달리하며 영상을 취득한 홍채 DB 가 존재하지 않는다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 동일인의 눈을 파장을 달리하며 취득하여 새로운 홍채 DB 를 구축하였다. 모든 영상은 적외선 대역을 취득할 수 있는 카메라를 이용하여 취득되었고, 카메라 앞에는 가시광선 차단 필터를 설치하여 적외선 대역 조명만 통과하게 했다. 또한 모든 영상은 750nm 와 850nm 의 파장을 가지고 있는 조명 환경 아래서 각각 취득 하였다.

실제 홍채 DB 는 모두 64 명의 양쪽 눈을 취득하여 만들었다. 이 때 750nm 조명과 850nm 조명을 사용하여 한쪽 눈 당 각각 10 장씩 영상을 취득하였다. 취득한 사람의 눈 색깔은 어두운 갈색에서 밝은 청색까지

지 다양하다. 가시 광선 조명에서 보았을 때 눈 색깔이 청색인 사람은 4명, 녹색은 5명, 갈색은 55명이다. 또한 취득한 사람 중 흑인은 1명, 백인은 13명, 황인종은 50명이다.

위조 홍채 DB는 13명의 실제 사람의 홍채 영상을 고해상도 프린터(1200DPI)로 무광택지에 인쇄하고 이를 카메라로 취득하여 구축했다.

이렇게 제작한 DB에 대하여 식(2), (3)의 P_{750} , P_{850} 값을 구하고 그 차를 구하여 위조를 검출하였다. 실험 결과는 그림 3과 같다.

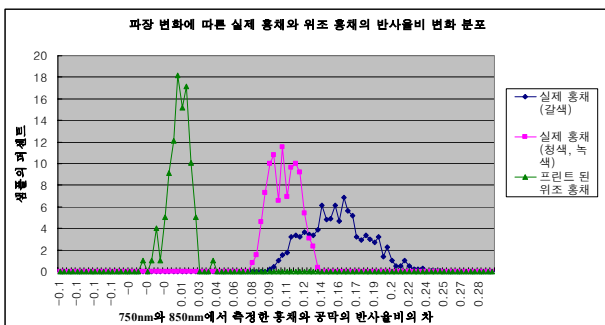


그림 3. 과장 변화에 따른 실제 홍채와 위조 홍채의 반사율 비 변화 분포

실험결과, 실제 홍채 중 갈색 홍채가 청색 및 녹색 홍채에 비해 반사율 비의 차가 더 크게 나타났다. 이는 갈색 홍채가 상대적으로 멜라닌 색소의 함유량이 많기 때문에 발생한 결과이다. 실제 홍채에 비해 위조 홍채는 반사율 비의 차가 거의 나타나지 않는다. 따라서 제안한 방법을 통해 성공적으로 위조 홍채를 검출할 수 있다. 임계치를 0.056로 놓았을 때, 실제 홍채를 위조 홍채로 오인식 확률(FRR) 0%, 위조 홍채를 실제 홍채로 오인식할 확률(FAR) 0%를 얻을 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 과장 변화에 따라 홍채와 공막의 반사율의 비가 변한다는 생체 고유의 특성을 정량적으로 측정하고, 측정된 값을 이용하여 위조 홍채를 검출하였다. 실험 결과를 통해 제안한 방법을 통해 고해상도 프린터와 무광택지를 이용하여 만든 위조 홍채를 정확히 검출할 수 있음을 입증했다. 향후, 보다 다양한 위조 샘플 및 실제 사람의 데이터에 대해서 본 알고리즘의 성능을 테스트해야 할 것으로 요구된다.

참고문헌

- [1] L. Thalheim, J. Krissler, "Body Check: Biometric Access Protection Devices and their Programs Put to the Test", c't magazine, November 2002
- [2] T. Matsumoto, "Artificial Fingers and Irises: Importance of Vulnerability Analysis", 7th International Biometrics Conference, 2004, London.
- [3] A. Vogel, C. Dlugos, and R. Nuffer, "Optical properties of human sclera, and their consequences for transscleral laser applications," Lasers in Surgery and Medicine 11(4), pp. 331 - 340, 1991.
- [4] Kollias N, "The spectroscopy of human melanin pigmentation," In: Melanin: Its Role in Human Photoprotection, pp. 31 - 38, 1995.
- [5] J. Daugman, "Iris Recognition and Anti-Spoofing Countermeasures", 7th International Biometrics Conference, 2004, London.
- [6] S. K. Nayar and R. M. Bolle, "Computing Reflectance Ratios from an Image", Pattern Recognition, Vol. 7, August 1993
- [7] J. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE Trans. Circuits and systems for video technology, vol. 14, NO. 1, Jan. 2004