

논문 2011-5-16

홍채인식을 이용한 정보보안을 위한 휴대용 신분인식기 개발

Implementation of a Portable Identification System using Iris Recognition Techniques

주상현*, 양우석**

Sang-hyun Joo, Woo-suk Yang

요약 본 논문에서는 본 논문에서는 특정 부위 조명 방법을 제시하고 스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 영상의 특징 추출방법을 활용한 시스템 구현을 소개하였다. 홍채 영상이 구해지면 중심과 반경을 구한 후 불필요한 부분을 제거한다. 이 영상은 극좌표 영상으로 변환되어 스케일 스페이스 필터링을 한다. 스페이스 필터링 영상에서 특징이 추출되면 홍채 코드가 만들어진다. 동일한 및 서로 다른 사람에 대해 실험한 결과, 제시한 특징추출 방법이 매우 효과적임을 보여주었다.

Abstract In this paper, we introduce the implementation of the security system using iris recognition. This system acquires images with infrared camera and extracts the 2D code from a infrared image which uses scale-space filtering and concavity. We examine the system by (i) extract 2D code and (ii) compare the code that stored on the server (iii) measure FAR and FRR using pattern matching. Experiment results show that the proposed method is very suitable.

Key Words : Iris, Scale-space filtering, Biometric, Identification

1. 서 론

생체 인식기술은 사람의 신체적, 형태학적 특성을 추출해 개인 식별에 이용하는 기술이다. 생체 인식 기술은 신뢰성과 안정성 면에서 뛰어나고 편리성과 안전성을 갖고 있어 보안을 유지해야하는 여러 분야에 다양하게 활용되고 있다. 특히 홍채인식은 현존하는 생체인식 방법 중 개인을 식별함에 있어 유일성과 불변성 안정성 측면에서 가장 뛰어나다고 알려져 있으며 현재는 2~3m의 거리에서도 보행자의 홍채 인식이 가능하기 때문에 사용자

편의성 또한 매우 높아 시장 잠재력이 매우 크다.

현재까지 홍채인식은 서로 이율배반적인 오인식률(FAR)과 오거부율(FRR)을 줄이기 위한 연구^[1-6]가 주로 이루어졌으나 이제는 비인증자의 고의적인 접근을 차단하기 위한 연구개발로 전환하는 단계이다. 생체인식 관련 국제적인 표준화가 진행되고 있으며 생체인식 장치간의 호환성을 위한 응용프로그램 부분에 대한 표준 API의 성능 평가와 인증모듈 인터페이스 표준, 생체인식 데이터 표준화 작업도 이루어지고 있다.

홍채특징 추출 알고리즘중 Iridian사가 상용화한 binary 형태의 2진 홍채코드를 추출하여 인식하는 방법^[1]은 XOR 연산에 따른 Hamming 거리를 측정하여 인식하므로 Threshold 값에 따라 오인식률 0으로 1013: 1 ~ 26 백만 : 1을 인식하므로 매우 효율적이다. 이 방법은

*정회원, 홍익대학교 대학원

**정회원, 홍익대학교 전자전자공학과

접수일자 2011.9.9, 수정일자 2011.10.6

게재확정일자 2011.10.14

DoF(Degree of Freedom)가 244로 인식률이 다른 방법에 비해 절대적으로 우수하며 코드별 데이터 크기도 2,048 ~ 4,096 비트(256 혹은 512 바이트)로 매우 작다.

Scale-space filtering 기술을 활용한 2진 홍채코드^[4-11]는 XOR 연산에 따른 Hamming 거리를 측정하며 Iridian사와 비슷 성능을 보이고 있다. 본 논문은 Iridian사 홍채인식기에 필적하는 성능을 보여주면서 기술특허를 피할 수 있는 scale-space filtering기반의 홍채코드를 활용한 저가의 휴대용 신분인식기 제작 방법을 소개한다.

II. 영상에서 2진 홍채코드 추출

홍채의 무늬를 인식하려면 우선 영상에서 홍채부분을 분리 구분하여야 한다. 이를 위해서는 동공의 중심 및 반경을 계산해야 하며, 홍채 영상이 '인식'에 이용된다는 것을 고려하여 주변 환경과 광원으로 인해 노이즈가 심한 영역은 제거해야 한다. 인식에 사용하는 데이터는 불확실성이 높을 경우에는 유추하여 이용하는 것보다 처음부터 고려대상에서 제외하는 것이 오인식률을 낮출 수 있다. 홍채 영상이 구해지면 특이 성질들을 추출하게 된다.

1. 동공 중심 및 반경 설정^[5,8]

홍채의 동공은 겉으로 보기에 원 같으나 실제로는 매우 불규칙한 모습을 하고 있다. 현재까지 개발된 동공의 중심 및 반경 계산 방법들도 이를 고려하여 수 pixel의 오차범위를 갖고 있다. 동공의 중심과 반경은 동공과 홍채 사이에서 영상 값이 급격히 바뀌는 성질을 이용한다. 이를 위하여 Iriscan사의 특허는 circular edge detector를 사용하고 있으며 대부분의 논문에서는 기하학적으로 동공의 경계면을 산출한다. 눈의 모습이 비교적 단순하므로 이들 방법들은 얼마나 정확한가 보다는 얼마나 빠른가에 성능이 좌우된다. 본 논문에서도 기하학을 이용하여 동공의 중심과 반경을 계산한다.

2. 불필요한 영역 삭제^[5,8]

인식에 있어 불확실성이 높은 정보는 처음부터 제외시키는 것이 오인식률을 낮출 수 있다. 아무리 좋은 영상이라도 주변과 광원의 영상이 땀히는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서는 통계적인 방법을 이용하여 불확실성이 높은 영상 영역, 즉 편차가 매우 낮은 영역은 인식을 위한

비교대상영역에서 제외시킨다. 우선 16X16 window W를 8 pixel씩 이동해 가면서 평균편차가 가장 적은 영역을 찾아 조명 영역 및 기타 불필요한 부분(눈썹, 배경)을 삭제한다. 방향으로 편차가 가장 작은 부분을 찾으면 다음 방향으로 8 pixel을 이동시켜 위 과정을 수행한다.

3. 2진코드 추출^[5,8,11]

본 논문에서는 scale-space filtering 방법을 토대로 공간 영역에서 홍채 명암 밝기의 변화율 증감의 방향, 즉 밝기의 변화가 위로 볼록한지 아래로 볼록한지를 이용하여 홍채 무늬의 특징을 추출한다. 변화율 증감의 방향을 이용하여 특징을 추출한다면 사람마다 편차가 큰 홍채 색깔로 인한 인식 오류를 최소화 할 수 있다. 곡면에 있어 변화율 증감의 방향은 2차 미분을 이용하면 쉽게 알 수 있다. 변화율 증감의 방향은 2차 미분의 영-교차를 경계로 변화한다. 홍채 무늬의 특징을 추출하고, 미분값이 노이즈에 매우 민감함을 고려하여 노이즈에 대한 영향을 최소화하기 위한 방법으로 스케일 스페이스 필터링 방법을 개발하였다.

전처리 과정을 통해 재구성된 홍채 영상은 스케일 스페이스 필터링을 이용하여 홍채 패턴을 추출한다. 사람의 동공은 정확한 원의 형태를 취하지 않기 때문에 같은 사람의 홍채 영상마다 동공의 중심이 약간씩 차이를 보일 수 있다. 이 때문에 발생하는 오차를 방지하기 위해 방향으로 가 작은 가우시안 함수를 컨벌루션한 후 방향으로만 스케일 스페이스 필터링을 한다.



그림 1. 홍채 특징 추출영상
Fig. 1. Image of extracted feature

III. 홍채코드 취득 시스템의 구현

본 논문에서는 홍채인식을 통한 보안 시스템을 구현하기 위해 USB형 CMOS카메라를 설계 제작하였다. 연결된 컴퓨터 모니터를 통해 적절한 거리를 육안으로 관찰하고 소프트웨어 알고리즘으로 정확한 거리에서 영상을 획득할 수 있도록 하였다. 그림 2는 시스템 개발을 마치고 제작한 홍채인식 시스템의 최종 프로토타입을 보여

준다.



그림 2. 홍채영상 획득 / 인식 시스템
Fig. 2. A prototype of iris recognition system

1. 소프트웨어 설계

본 논문에서는 차후 홍채 인식을 위한 입력장치인 Camera시스템의 변경에 따른 소프트웨어 추가 개발 비용이 발생하지 않도록 Camera 종류에 관계없이 windows O/S 계열에 디바이스 드라이버가 설치되는 카메라는 모두 사용할 수 있도록 설계하였다. 그림 3은 개발한 홍채인식 소프트웨어의 구성도이다.

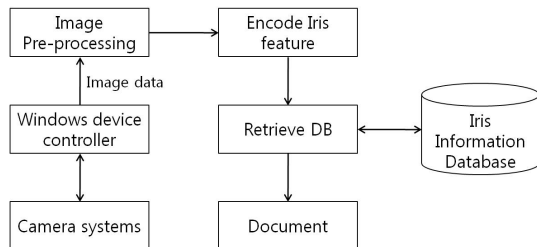


그림 3. 홍채인식 프로그램 구성도
Fig. 3. Basic diagram of recognition software

Windows 장치관리자를 이용하여 컴퓨터에 연결된 모든 카메라를 검색하고 홍채인식 카메라를 선택한다. 장치관리자로부터 선택된 카메라에서 이미지 데이터를 전송받고 전처리 과정을 거쳐 홍채의 특징을 추출한다. 추출된 코드를 저장된 데이터베이스와 비교하여 인증된 자일 경우 문서에 접근할 권한을 제공한다. 그림 4는 설계한 최종 홍채인식 프로그램의 사용자 인터페이스를 보여 준다.

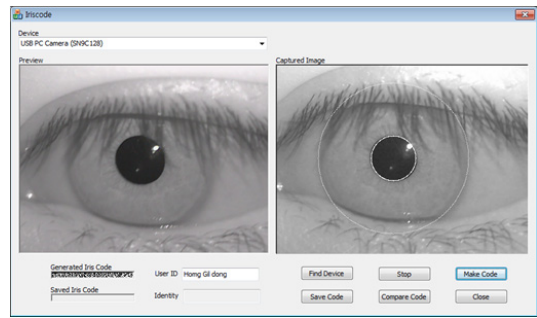


그림 4. 홍채인식 프로그램 사용자 인터페이스
Fig. 4. User interface of recognition software

2. 하드웨어 설계 및 제작

홍채 인식기술의 상용화를 위해서는 중저가 홍채 인식 모듈 개발이 우선되어야 한다. 현재 상용화 되어있는 홍채 인식시스템은 높은 가격대와 큰 크기로 다른 생체 인식기술에 비해 저조한 사용률을 보인다. 본 과제에서는 중저가 홍채 인식 시스템을 개발하고 상용화하기 위하여 USB형 CMOS카메라를 설계 하였다.

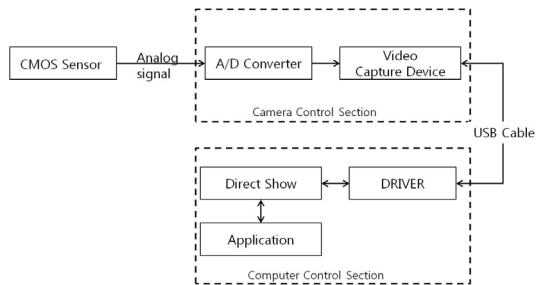


그림 5. 홍채인식시스템 하드웨어 구성도
Fig. 5. Basic diagram of system hardware

카메라 회로는 CMOS Sensor를 통해 입력되는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꿔서 USB를 통하여 PC로 전송하도록 구성되어 있다. PC로 전송된 데이터는 디바이스 드라이버를 거쳐 응용프로그램으로 전달된다.

본 연구를 통해 그림 6에 보이는 CMOS 센서를 사용한 웹 카메라를 제작하였다. 카메라 모듈 설계 후 CMOS 센서의 화질 테스트 결과 상용화된 저가의 일반 웹카메라와 동일한 성능을 보였으나 수작업에 따른 내구성 문제가 있어, 그림 2에 보이는 프로토타입 제작에는 설계한 카메라 회로를 사용하지 않고 ALPHACAM社의 D2 웹 카메라를 사용하였다.

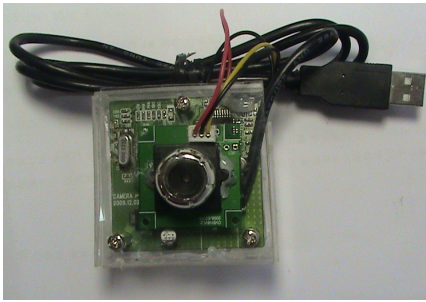


그림 6. Camera module 제작
Fig. 6. Camera module

보다 선명한 홍채 이미지를 취득하기 위해서는 올바른 렌즈의 선택이 필요하다. 홍채 인식의 국제표준에서는 눈꺼풀을 포함한 온전한 눈의 영상이 양질의 영상이라고 정의되어 있다. 35mm렌즈를 사용하여 카메라의 렌즈와 눈의 거리가 15cm ~ 20cm가 되면 표준에 부합하는 이미지를 획득 가능하다. 본 연구에서는 1/3" 화각 9.8°의 35mm 렌즈를 사용하였다.

조명을 위해 인식 시스템에서 사용되어지던 백색광은 사용자의 눈부심이 커 조명으로 사용하기엔 부적절하다고 판단된다. 또한 조명으로 가시광선을 사용하게 되면 눈 이미지에 가시광선의 반사로 인한 노이즈가 발생하여 영상처리에 문제점이 있다. 본 논문에서는 사용자의 거부감이 없고 빛의 반사로 인한 노이즈를 없애는 근적외선 LED를 사용하여 조명을 설계하였다.

근적외선 영역에서도 가시광선 파장대와 가까운 적외선 영역은 가시광선을 효율적으로 차단하지 못한다. 최소의 가시광선 노이즈를 포함하면서 최대의 홍채 특징을 보존하는 대역을 알아보기 위하여 다양한 적외선 파장 LED를 사용하여 영상을 획득하는 실험을 하였다. 가시광선 영역대와 가까운 700nm대역의 영상은 홍채무늬의 디테일은 좋으나 가시광선 영역을 효율적으로 차단하지 못하여 노이즈에 영향을 많이 받고 940nm대역의 영상은 홍채와 공막 사이의 경계가 불분명하여 홍채영역 분리에 어려움이 있다. 모든 사항을 고려하였을 때 850nm대역의 영상이 가장 적합하다고 판단되어 850nm대역의 적외선 LED와 bandpass filter를 이용하여 조명 시스템을 설계하였다.

하드웨어 파트 선정 후 안정된 제품의 테스트를 위하여 목업 제작의뢰를 통해 시제품을 제작하였다. 35mm 고정 초점렌즈와 회로기판의 두께를 고려하여 W3.5×

H6×D4.5(Cm)로 설계하여 휴대가 가능하도록 하였다.

다음 그림은 홍채 인식시스템을 사용하는 방법과 홍채 인식 모듈을 이용하여 획득한 홍채 영상이다.

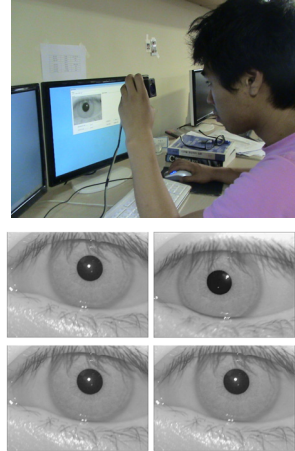


그림 7. 홍채인식 시스템을 이용한 홍채 영상 취득
Fig. 7. Iris image acquisition using our system

IV. 실험 및 검증 : 홍채인식 시스템의 성능

제작한 인식 시스템의 성능을 검증하기 위하여 임의의 표본에서 1000장의 눈 이미지를 획득하고 알고리즘을 테스트 하였다. 획득한 눈 영상에서 전처리 과정을 통하여 극좌표 이미지를 획득하고 16종류의 홍채 코드를 생성하여 기준코드와 비교 코드를 비교하여 Hamming distance의 분포를 그래프로 나타내었다.

타인의 경우 Hamming distance의 분포가 가우시안 확률분포를 나타내었기에 원 데이터를 가우시안 곡선 정합 방법을 사용하여 모델링 하였다. 모델링된 가우시안 함수는 정규분포 표를 이용하여 FAR를 측정하는데 이용되었다. 동일인의 경우 모집단의 수가 작아 Hamming distance(HD)의 분포가 가우시안 확률분포를 보이지 않았기에 타인의 가우시안 함수의 FAR에 따른 문턱치를 설정하고 원 데이터를 이용하여 FRR을 측정하였다.

그림 7과 8은 각각 코드 형태에 따른 1K 및 2K bit 홍채코드의 동일인과 타인의 정합 결과 분포도를 보여준다. HD 분포 그래프에서 동일인과 타인의 겹치는 부분이 매우 적어 제안한 알고리즘이 매우 효율적임을 알 수 있다.

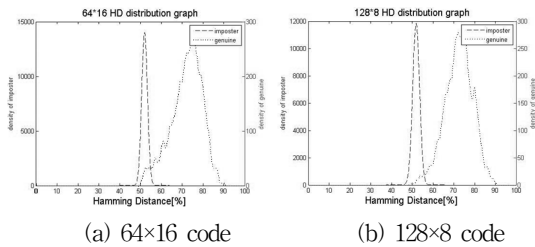


그림 8. 1Kbit 홍채 코드에 대한 정합 결과 분포
 Fig. 8. Distribution of experimental result of 1Kbit code

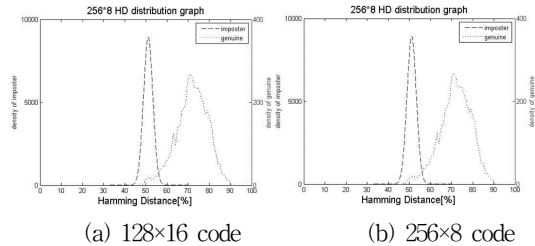


그림 9. 2Kbit 홍채 코드에 대한 정합 결과 분포
 Fig. 9. Distribution of experimental result of 2Kbit code

코드 크기별 성능 테스트는 2가지 방향으로 실시하였다. scale-space filtering의 동일한 FAR에서 가장 좋은 FRR을 가지는 코드를 결정하는 실험과 각 코드의 용량을 고려하여 코드별 적절한 FAR과 FRR을 가지는 문턱치를 결정하는 실험을 하였다. 동일한 FAR에서 가장 좋은 FRR을 가지는 코드를 결정하기 위해 각 코드별 타인의 정규분포 식을 표준정규분포로 변환하고 문턱치를 구하고 동일한 원본 데이터를 이용하여 FRR을 측정하였다.

각 코드 크기별 적절한 FAR과 FRR을 가지는 문턱치를 결정하기 위해 문턱치별 FAR과 FRR을 측정하고 각 코드를 효율적으로 사용할 수 있는 문턱치를 FAR이 $0.1E-14$ 이하일 때로 설정하여 FAR값이 최초로 $0.1E-14$ 이하의 값을 갖는 문턱치 값을 찾아내었다. 다양한 형태의 홍채코드를 대상으로 실험한 결과 FAR 0.2232×10^{-15} FRR 0.0542를 보여주는 문턱치 값 61.5의 128x16 2Kbit 코드의 사용을 권장한다. 이는 10^{17} 명당 약 2.2명을 오인식 하는 것으로 세계인구가 약 70억 명인 것을 감안할 때 여권의 생체정보로 사용하기 적합하다는 것을 입증한다. 실제로 약 5만 번에 달하는 실험에서 61.5의 문턱치를 사용했을 경우 단 한번의 오류도 발생하지 않았다.

V. 결론 및 향후 과제

홍채 인식은 조명부 설계, 영상 처리, 패턴 인식 등 다양한 이론과 응용분야 기술을 필요로 한다. 눈을 이용한 인식기술은 지문인식에 비하여 상용화 초기단계에 있다. 선진각국에서는 홍채인식과 관련된 국제규격을 준비중에 있는 바, 홍채인식과 관련된 요소기술의 확보는 시급하다고 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 특정 부위 조명 방법을 제시하고 스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 영상의 특징 추출 방법을 활용한 시스템 구현을 소개하였다. 홍채 영상이 구해지면 중심과 반경을 구한 후 불필요한 부분을 제거한다. 이 영상은 극좌표 영상으로 변환되어 스케일 스페이스 필터링을 한다. 스페이스 필터링 영상에서 특징이 추출되면 홍채 코드가 만들어진다.

동일인 및 서로 다른 사람에 대한 홍채 코드를 XOR하여 일치하는 영역의 비율을 측정한 결과, 서로 다른 사람의 경우 완전한 불규칙 변수인 경우 두 신호가 일치할 확률인 50%를 약간 상회하였으며 동일인의 경우 일치하는 영역이 전체 비교 영역에서 매우 높게 나타났다. 이는 제시한 특징추출 방법이 매우 효과적임을 보여준다. 또한, 비록 실험에 사용된 샘플의 수가 충분치 못하지만, 동일인에 대한 코드 일치도 분포 그래프와 다른 사람에 대한 코드 일치 분포도가 전혀 겹치지 않아 인식에 대한 신뢰도도 높다고 할 수 있다. 본 논문에서 제시하는 방법은 기존 스케일 스페이스 필터링 기법의 단점인 계산 시간을 단축한다.

참고 문헌

- [1] Daugman, John G., "Biometric personal identification system based on iris analysis", U.S. Patent No. 5291560, 1994.
- [2] Wildes, Richard P., et al., "Automated, non-invasive iris recognition system and method", U.S. Patent No. 5572596, 1996.
- [3] Salganicoff, Marcos, et al., "Method and apparatus for illuminating and imaging eyes through eyeglasses using multiple sources of illumination", U.S. Patent No. 6055322, 2000.

- [4] Woo Suk Yang., et al., "A Feature Extraction Method for Binary Iris Code Construction", Int. Conf. on Information Technology for Application, 2003
- [5] Woo Suk Yang., et al., "A New Feature Extraction for Iris Identification Using Scale-Space Filtering Techniques", IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics communications and computer sciences, Vol. 87. No. 12, pp3404-3408, 2004. 12.
- [6] 양우석 외, "CPN을 이용한 홍채인식", 전기전자학회논문지, 6권 1호, pp10-20, 2002년 5월
- [7] 양우석 외, "스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 특징 추출", 전기전자학회논문지, 6권 2호, pp169-177, 2002년 10월
- [8] 양우석, "홍채 영상을 이용한 생체 인식", 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 7권 6호, pp73-82, 2007. 12
- [9] 양우석, "홍채를 이용한 생체인식 코드 추출", 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 8권 6호, pp1-7, 2008. 12
- [10] 양우석 외, "Scale-space filtering을 이용한 홍채 인식 보안시스템 구현", 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 9권 5호, pp175-181, 2009. 10
- [11] 양우석 외, "신분인식을 위한 2D 홍채코드 크기에 관한 연구", 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 11권 2호, pp113-118, 2011. 4

※ 이 논문은 2010학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음

저자 소개

주 상 현(정회원)



- 2009. 2. 홍익대학교 전자전기공과 졸업
- 홍익대학교 전자전산공학과 석사

<주관심분야 : 신호처리, 컴퓨터비전, 임베디드 시스템>

양 우 석(정회원)



- 1979. 서울대학교 전기공학과 졸업
- 1990. 미국 North carolina state Univ. 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
- 1990-1991 LG전자 생산기술연구원 책임연구원(부장)
- 현재 홍익대학교 전자전기공학과 교수

<주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, FA>