

홍채인식을 이용한 근태관리 시스템

이우진⁰, 변주령, 강병길, 배유석
 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과
 {lwj0616⁰, wnfud114, banggal, ysbae}@kpu.ac.kr

Attendance Management System using Iris Recognition

Woo-Jin Lee⁰ Ju-Roung Byon Byung-Gil Gang You-Suk Bae
 Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

요 약

생체 인식에 있어서 가장 높은 성능을 가진 것으로 알려진 홍채인식 시스템은 고도의 보안성을 요구하는 시스템에 적합하지만 높은 하드웨어 비용 때문에 널리 보급되고 있지는 못하고 있는 실정이다. 한편, 단초점 CMOS센서는 높은 하드웨어 비용을 보완할 수 있고 개인을 식별하기에 충분한 해상도를 제공한다. 본 논문에서는 단초점 센서를 사용하여 하드웨어 비용을 줄이고 홍채패턴의 코드화는 상용화된 제품에 사용되어 이미 안정적이라 평가받은 John G. Daugman 의 Gabor Wavelet Transform 을 기반으로 하여 홍채인식 시스템을 구현하고 이를 실생활에 적용할 수 있는 근태관리 시스템을 개발하였다.

1. 서 론

기존의 열쇠나 카드를 사용할 때에는 항상 가지고 다녀야 한다는 불편함과 도난이나 분실 시 타인의 출입이 허용된다는 점, 인터넷 사용의 급격한 증가와 정보화로 인해 보안의 중요성이 크게 부각되고 있다. 이의 일환으로 생체 인식 기술을 보안 시스템에 적용하려는 움직임이 최근 활발히 진행되고 있다. 생체 인식 기술에는 홍채, 지문, 얼굴, 장문, 망막 등이 있다. 이 중에서도 홍채 인식은 다른 생체 인식 방법보다 신분 확인의 정확성이 탁월할 뿐만 아니라 고도의 보안성을 제공하기 때문에 이 논문에서는 홍채 인식을 사용하였다.

홍채는 각막 뒤에 있는 수양액과 수정체 사이에 위치하고 빛살무늬의 인대 등 복잡한 형태의 조직으로 구성되어 있다. 홍채를 형성하고 있는 조직은 생후 1~2년간 빛살무늬 형태로 변화하게 되고 그 이후에는 패턴이 변하지 않는 것으로 알려져 있다. 이 기간 동안 홍채 조직은 Random Process를 통해 변화하기 때문에 홍채 패턴의 세부 구조는 유전적인 영향을 거의 받지 않고 아주 다양한 패턴을 형성하게 되어 일관성

쌍둥이의 경우에도 완전히 다른 홍채패턴을 갖게 되며, 동일인의 왼쪽과 오른쪽 홍채패턴이 완전히 다르게 된다. 또한 홍채는 유일하게 외부에서 볼 수 있는 인체의 내부 기관이기 때문에 모조 하기는 거의 불가능하다는 장점을 갖고 있다. [1]

본 논문에서는 홍채 영상 추출 및 코드화를 수행하고 인식하는 시스템을 만들어 출입 통제와 근태관리 시스템에 적용하였다.

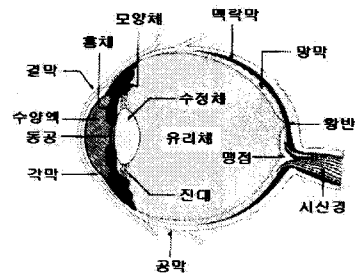


그림 1. 눈의 구조

2. 관련 연구

2.1 Sensar사의 홍채 인식 시스템

Sensar사의 홍채 인식 시스템으로서 주된 응용 분야는 자동 입출금기(ATM)에서의 사용자 인증이다. 현금 인출기 위에 설치되어 있는 홍채 영상 취득용 광학 인식 장치를 이용하여 약 40~80cm의 거리에서 영상 프레임 당 약 1.5m의 비교적 넓은 촬영 범위를 갖는다. 이 방식은 사용자에게 편리성을 제공하고 홍채의 자동 촬영을 위하여 Stereo Vision용 카메라 2대와 홍채 Image 추출용 카메라 1대 등 총 3대의 카메라, Mirror의 각도를 제어하기 위한 Pan-Tilt 기구, 넓은 동작 범위에서 홍채 주위를 받게 하기 위하여 많은 IR LED 등을 필요로 하기 때문에 가격이 너무 비싸 실용화 되지 못한 것으로 조사되고 있다. [1]

3. 입력 장치

그림 2는 본 논문에서는 눈 영상을 획득하기 위해 쓰인 입력 장치이다. 입력 장치의 Power input은 USB 5V, 80mA(MAX)고 센서는 640*480 CMOS 센서, Camera dimension 35*90*50mm이다. 적외선 필터는 650mm~700mm 사이의 파장을 통과시킨다.

이 입력 장치로부터 약 15~20cm 떨어진 위치에서 입력을 받을 때에 평균적으로 좋은 이미지를 얻을 수 있다. 또 이것을 이용하여 인식을 했을 때 걸리는 시간은 3초 이내이다.

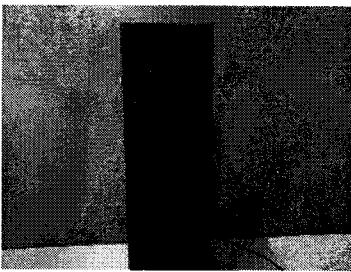


그림 2. 입력 장치

4. 홍채 인식 알고리즘

홍채 인식 과정은 크게 입력 영상으로부터의 홍채 영역 검출, 홍채 특징 코드의 추출, 그리고 홍채 코드의 비교 및 판단의 순으로 이루어진다.

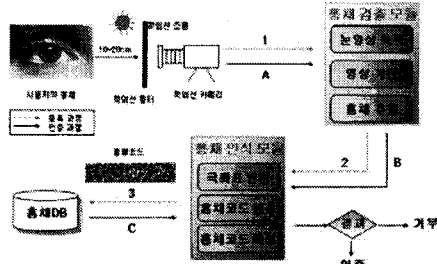


그림 3. 시스템 구성도

4.1 홍채 영역 검출

홍채 인식에서 가장 중요한 것은 입력 영상에서의 안쪽 경계(검은 동공과 홍채의 경계)와 바깥쪽 경계(홍채와 흰자위 경계)를 빠르고 정확하게 찾아내는 것이다. 일반적으로 홍채는 원의 형태를 많이 나타내어 경계 영역 검출을 할 때에는 식 (1)과 같은 원형 경계 검출(Circular Edge Detector)을 통해 이루어진다.

$$\max_{(r, x_0, y_0)} |G_r * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds| \quad (1)$$

중심 (x_0, y_0) 와 반지름 r 을 변화시켜가면서 각 중심과 반지름에 의해 만들어지는 원의 둘레를 따라 위치해 있는 픽셀들의 그레이 레벨 값 $I(x, y)$ 의 평균 함(integral)을 구한 후, 반지름 r 의 변화에 따라 값의 크기 변화(derivative)가 가장 큰 곳을 동공 혹은 홍채의 경계 부분으로 검출 해낸다. 식(1)에서 가우시안 컨볼루션 $(G_r(r)*)$ 를 사용한 이유는 다른 흰자위 영역 등에 속눈썹이 길게 내려와 있는 경우 홍채 경계 추출의 오류가 발생할 수 있기 때문이다. 즉, 가우시안 컨볼루션에 의해 영상을 어느 정도 흐리게(blurring) 만들어 홍채 경계보다 고주파 성분을 가지는 눈썹 영역의 영향을 최소화 시킨다.[3]

또, 추출된 홍채 영역은 식 (2)와 같이 2차원 극 좌표계(Polar coordinate)로 변환된다. 이처럼 극좌표에서 홍채 영상 처리를 수행하는 이유는 카메라와 사용자의 거리에 의해 변하는 홍채 영상 자체의 크기나 주위 조도에 의해 변하게 되는 동공의 크기에 관계없이 항상 같은 영역에서 홍채 특징을 추출하기 위해서이다. [1][5]

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta) \quad (2)$$

4.2 홍채 특징 코드의 추출

홍채의 특징을 추출해내는 방법으로 홍채 정규화와 홍채 코드화 과정을 거쳐서 특징을 추출해 낸다.

4.2.1 홍채 정규화

홍채 영역을 구한 후 홍채 너비의 1/2에 해당 하는 부분을 추출한 후 그림 (3)의 모양으로 원형을 사각형으로 펼친다. [4]

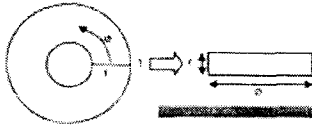


그림 4. 정규화 과정과 정규화한 이미지

4.2.2 홍채 코드화

Gabor 필터는 complex 필터의 일종으로 Gabor 함수는 wave 벡터로 제어되는 Gaussian 함수에 의해 변조된 사인 곡선의 wave라고 정의된다. Gabor 필터는 방향과 주파수를 가진 필터로써 특정 주파수 성분과 방향성을 가지는 영상 구조가 어디에 있는지의 지역적인 정보를 효과적으로 표현할 수 있다. 홍채와 같은 복잡한 Texture에 대한 정보를 효율적으로 찾아내는 방법으로 널리 쓰이고 있다. [1][4][5][6]

$$h_{(Re,Im)} = \text{sgn}_{(Re,Im)} \int_p \int_\phi I(p, \phi) e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} \cdot e^{-(\ln-p)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0 - \phi)/\beta^2} p dp d\phi \quad (3)$$

ω : wavelet frequency
 α, β : wavelet size parameter

4.3 홍채 코드의 비교 및 판단

위의 과정에 의해 생성된 홍채 코드는 0과 1로 이루어진 일정 길이의 코드이다. 하나의 홍채 영상에 대해 이러한 코드들이 하나씩 생기므로 이 코드들의 비교를 통해 사용자의 진위 여부를 결정하게 된다. 이때 비교 방법으로는 해밍거리(Hamming Distance)를 사용한다. 홍채 코드 X_j, Y_j 가 있을 때 X_j 와 Y_j 의 각 비트를 비교함으로써 얻어지는 정규화 된 HD(Hamming Distance) 식(4)로 정의된다. [1][3][4][5][6]

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j (XOR) Y_j \quad (4)$$

X_j 는 등록되어 있던 홍채 코드, Y_j 는 입력된 홍채 영상으로부터 추출된 홍채 코드를 나타낸다. 두 개의 코드가 같을 경우에는 1을 그 외의 경우에는 0값이 나온다.

여기서 HD가 임계치(threshold)보다 작으면 같은 사람으로 인식하고, 임계 수치보다 크면 다른 사람으로 인식하게 된다.

데이터 비교식 HD를 적용하기 전에 촬영된 눈의 각도가 등록된 눈의 각도와 일치하지 않을 수 있다. 따라서 눈의 각도를 동기화 시키는 작업이 필요하다. 이를 위하여 본 논문에서는 일부 코드를 이용한 window search를 함으로써 두 코드들 간의 각도를 동기화 시킨다. 본 논문에서는 22.5도 (16/256*360)만큼의 각도 변화를 보정해 준다. 동기화시키는 작업은 그림 4와 같은 방법을 통해서 가장 낮은 HD를 찾아서 두 코드들의 시작점을 동기화해서 전체 코드들에 대해서 HD를 구한다.

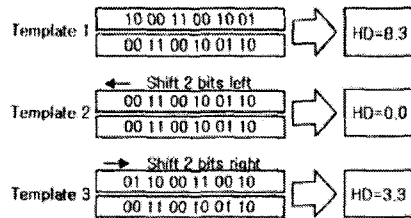
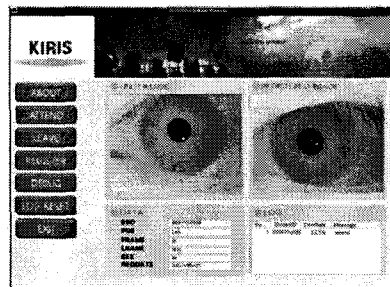


그림 5. 코드의 동기화

우측 혹은 좌측 shift는 각각 우측 회전 혹은 좌측 회전을 의미한다. 2비트씩 shift하는 이유는 하나의 홍채 pixel당 2개의 특징을 가지고 있기 때문이다. [4]



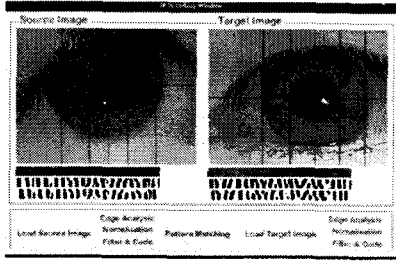


그림 6. 응용 프로그램 및 디버그 화면

4. 실험 및 결과

실험은 총 10명의 사람을 대상으로 한 사람 당 10번의 실험을 시행하였다.

	인증실패 횟수/시도 횟수	FRR
실험자 1	0/10	0%
실험자 2	2/10	20%
실험자 3	0/10	0%
실험자 4	2/10	20%
실험자 5	1/10	10%
실험자 6	4/10	40%
실험자 7	2/10	20%
실험자 8	1/10	10%
실험자 9	1/10	10%
실험자 10	2/10	20%
평균	1.5/10	15%

표 1. 실험 결과

표 1의 결과를 보면 평균 15%의 실패 확률을 가지고 있으며 사용자에 따라 큰 차이가 있었다. 그 원인은 사용자가 적절한 초점 거리를 맞추는 것에 대한 어려움 때문에 인식 확률이 떨어지게 되었고 어느 정도의 훈련 후 인증을 시도하였을 때 실패 횟수는 점점 줄어드는 것을 볼 수 있었다.

5. 결론 및 고찰

본 논문에서는 홍채인식시스템을 개발하여 근태관리 시스템에 적용하여 보았다. 단초점 센서를 사용함에 따라 하드웨어 비용을 낮출 수 있었지만 그에 따르는 사용상에 어려움이 있었다. S/W적으로 자동초점을 맞출 수 있는 알고리즘이 적용된다면 더 나은 편의성을 제공할 수 있을 것이다.

이러한 홍채 인식이 근태관리시스템에 적용됨

으로써 업무효율성 향상 및 보안성에 도움을 줄 수 있으리라 기대된다.

6. 참고 문헌

[1]박강령, "홍채 인식 기술", 한국멀티미디어 학회지 제7권 제2호 2003년 6월

[2]임철수, 이양선, "웨이블렛 변환을 이용한 홍채 인식과 특징 추출", 한국멀티미디어학회지 제 7권 제 2호 2003년 6월

[3]강병준, 박강령, "홍채 인식에서의 눈꺼풀 및 눈썹 추출 연구", Journal of Korea Multi-media Society Vol.8, No.7, pp.898-905 July 2005

[4]강정식, 유진근, 한윤희, "Gabor 필터를 이용한 홍채 인식 시스템", 한국인터넷정보학회 2005 정기총회 및 추계학술발표대회 제6권 제2호, pp. 803 ~ 806 (4pages), 2005. 11

[5]John G. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL.14, NO.1, JANUARY 2004

[6]John G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 11, pp1148-1161, 1993