

홍채 인식 기술의 현황과 응용

연세대학교 노승인·김재희*

1. 서론

정보화 사회에서 개개인의 정확한 신원 확인은 과거와 같이 보안이 요구되는 장소의 출입 통제뿐만 아니라 정보 유출방지, 개인의 재산권 보호 등을 위하여 그 중요성이 증대되고 있다. 신원 확인을 위해 현재까지 일반적으로 사용되고 있는 방법은 크게 주민등록증, 여권, ID 카드와 같은 신분증과 패스워드로 나눌 수 있다. 신분증은 비교적 쉽게 모조가 가능하고 항상 소지해야 하며 분실의 위험이 있다는 단점이 있고, 패스워드는 항상 기억해야 하고 타인에게 유출될 수 있다는 단점이 있다. 이러한 기존의 신원 확인 방법의 문제점을 극복하기 위해 최근에는 개인의 신체적, 행동적 특징을 이용하여 신원을 검증하는 생체인식(biometrics)기술이 각광을 받고 있다. 생체인식 기술은 영상신호나 음성신호 등의 형태로 입력된 개인의 신체적, 행동적 특징을 분석하여 본인 여부를 확인하는 패턴 인식분야의 기술로서, 대표적인 예로는 얼굴 인식, 지문 인식, 홍채 인식, 망막 인식, 장문 인식, 정맥 인식, 화자 인식, 서명 인식 등이 있다. 생체 인식 기술은 개인의 고유한 특징을 이용하는 것이기 때문에 모조나 도용이 거의 불가능하다는 특징이 있으며, 매우 신뢰성이 높은 신원 확인 방법으로 알려져 있다[1].

홍채 인식은 그림 1과 같이 눈 중앙의 동공과 공막(sclera) 사이에 존재하는 홍채 무늬 패턴을 이용하여 사용자의 신원을 확인하는 기술로 다음 세 가지 특성을 가진다. 첫째, 홍채는 동공 크기를 변화시키는 신체 근육 조직으로 생후 약 18개월 동안 그 모양이 생성된 후, 눈썹, 눈꺼풀,

망막에 의해 보호되기 때문에 일생동안 그 모양이 쉽게 변화되지 않는다는 면에서 다른 생체 인식보다 높은 일관성(permanence)을 가진다. 둘째, 홍채 인식은 지문 인식에서처럼 손가락을 센서에 눌러야 하는 신체적 접촉 없이 개인을 인식할 수 있어 사용자에게 거부감을 주지 않는다. 셋째, 서로 다른 사람의 홍채 무늬 패턴이 같을 확률이 거의 없는 신체적 특징으로, 개인을 구분할 수 있는 능력을 의미하는 변별력이 매우 우수하다[2~4]. 이런 특성을 가진 홍채 인식은 일반적으로 다음과 같은 순서로 이루어진다. 카메라로부터 홍채가 포함된 눈 영상을 획득(capturing)하는 단계, 눈 영상에서 홍채의 영역을 추출(localizing)하는 단계, 추출된 홍채 영역에서 개인만의 독특한 특징을 찾는(extracting) 단계, 홍채 특징간의 유사도(similarity)를 판단하는 정합(matching) 단계로 구성된다[3,4]. 특히 홍채 인식 시스템의 상용화를 위해서는 눈 영상 획득 기술에 대한 연구가 필수적이다. 사용자에게 불편함을 주지 않고 눈 영상을 획득하기 위해, 카메라, 조명 등의 영상 획득 장비를 어떻게 구성할 것인가와 어떤 알고리즘으로 눈 영상

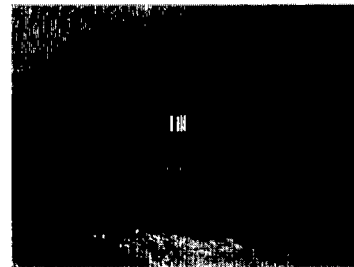


그림 1 홍채

* 종신회원

을 획득할 것인가에 대한 연구가 요구된다. 따라서, 본 논문에서는 영상 획득 기술과 인식 알고리즘의 두 가지 측면을 중심으로 2 장에서는 홍채 인식 시스템의 구조, 3장에서는 홍채 영상 획득 기술, 4장에서는 홍채 영역 추출, 5장에서는 홍채 특징 추출 및 정합, 6장에서는 성능 평가 방법, 7장에서는 결론 및 향후 발전 방향에 대해서 살펴보겠다.

2. 홍채 인식 시스템

홍채를 이용한 개인 식별은 홍채 영상 획득 부분과 홍채 인식 부분으로 이루어진다. 영상 획득 부분은 홍채 인식에 적합한 품질의 눈 영상을 획득하는 기능을 수행하고, 홍채 인식 부분은 획득된 눈 영상으로부터 홍채 영역 추출, 홍채 특징 추출(홍채 코드 생성), 특징 정합 등의 기능을 수행한다. 영상 획득 장비를 통한 눈 영상 획득은 홍채를 이용한 개인 식별에 있어서 첫 번째 단계로, 실시간 영상 획득을 위한 CCD 카메라 또는 비디오 카메라, 선명한 홍채 무늬 패턴을 얻기 위한 조명, 아날로그 영상을 디지털 영상으로 변환하기 위한 프레임 그래버(frame board or frame grabber) 등을 이용하여 이루어진다. 영상 획득 장비는 시스템 측면에서는 시스템 전체 성능과 관련이 있으며, 사용자 측면에서는 사용자 편리성과 관련이 있는 홍채 인식 시스템을 구성하는 중요한 요소 가운데 하나이다. 인식 부분에서 홍채 영역 추출은 입력 장치를 통하여 획득된 눈 영상으로부터 홍채 영역을 분리하는 단계로, 정확한 홍채 영역 추출은 일관성 있는 홍채 특징 추출을 위해 반드시 선행되어야 한다. 홍채 특징 추출은 홍채 영역에 나타나는 무늬 패턴의 특징을 추출하는 단계로, 홍채 무늬 패턴의 그레이(gray) 값의 변화를 반영하는 값으로 표현된다. 여기서 효율적인 홍채 특징의 저장과 비교를 위하여 추출된 홍채 특징을 일정한 형태로 부호화(encoding)할 수 있는데 이를 소위 홍채 코드 생성이라 하며, 홍채를 이용한 개인 식별은 비교되는 두 홍채 특징 및 코드의 유사도(similarity)를 이용하여 이루어진다.

일반적인 홍채 인식 시스템은 동작 모드에 따라 그림 2와 같이 등록 과정과 인식 과정으로 나누어진다. 등록 과정은 개인 식별을 위해 홍채

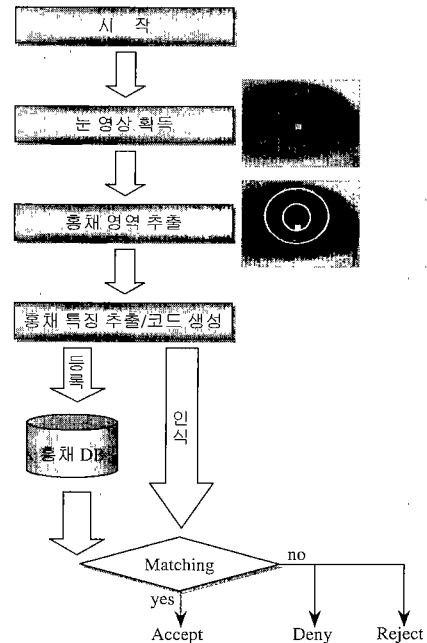


그림 2 홍채 인식 시스템

특징 및 코드를 데이터 베이스에 저장하는 단계이다. 인식 과정은 등록되어 있는 홍채 특징 및 코드와 식별을 위하여 입력된 홍채로부터 추출된 홍채 특징 및 코드를 비교하는 단계이다. 비교 결과는 비교 대상 특징 및 코드 사이의 유사성 정도에 따라 본인이라고 판단하거나(accept), 본인이 아니라고 판단하거나(deny), 판단을 거부하는(reject) 세 가지 부분으로 이루어진다.

3. 홍채 영상 획득 기술

홍채 영상을 획득하는데 있어 다음과 같은 점을 고려해야 한다. 첫째, 홍채 영상을 획득하는데 있어 사용자에게 불편함을 주지 않아야 한다. 둘째, 홍채 내에 존재하는 무늬 패턴이 잘 나타나도록 눈 영상을 획득해야 한다. 셋째, 빠른 시간 내에 영상을 획득할 수 있어야 한다. 위의 요소들 모두 만족하려면 홍채 인식 시스템의 가격이 높아지게 되고, 가격을 낮추게 되면 위의 요구 사항을 모두 충족시키지 못하게 된다. 따라서, 응용 분야에 따라 홍채 영상 획득 장비를 다르게 구성할 필요가 있고, 본 논문은 홍채 인식 장비를 사용자의 편리성 측면에서 크게 자동식

(full-automatic), 수동식(handheld), 그리고 반자동(semi-automatic)으로 나누어 보았다.

3.1 자동식

자동식 홍채 인식 시스템은 그림 3[5]과 같이 역할이 다른 두 대 이상의 카메라로 구성된다. 사용자가 시스템에 어느 정도 접근하면 스테레오 카메라로 사용자 움직임을 인식하여, 사용자 얼굴 영역을 찾는다. 얼굴 영역의 위치 정보를 이용하여 중앙 처리 장치에서 줌(zoom) 카메라를 제어하여 사용자의 눈 영역을 확대한 후 홍채 영역이 포함된 영상을 획득한다. 이 방식은 사용자에게 가장 편리한 환경을 제공하지만, 복잡한 영상처리 알고리즘 및 카메라의 기계적 콘트롤로 인해 처리 속도가 늦다는 점과 고성능 카메라의 사용으로 가격이 높아지는 단점이 있다.

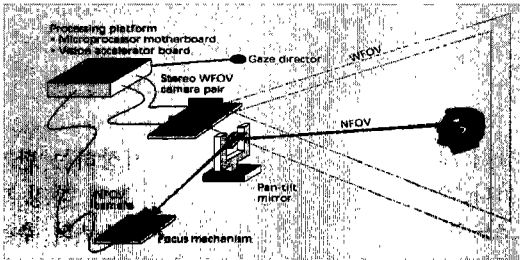


그림 3 자동식(Full-automatic) 장비의 예

3.2 수동식

수동식 홍채 인식 시스템에서는 사용자가 직접 장비를 움직이면서 초점이 고정된 카메라에 광축 및 포커스를 맞춰서 홍채 영상을 획득한다. 이 방법은 적은 비용으로 구현이 가능하나, 사용자가 스스로 장비를 바라보면서 영상 획득 시점을 판단해야 하기 때문에 일관성 있는 품질의 눈 영상 획득이 어렵고, 사용이 불편하다는 단점이 있다. Wildes가 제안한 그림 4와 같은 장비는 본 논문에서 구분한 수동식과 매우 유사하다. 카메라 전면면에 있는 십자선 사각형 윤곽(contour)과 그 안에 또 하나의 작은 윤곽을 이용하는 것으로(총의 조준선 정렬 방법과 유사), 눈이 적당한 위치에 놓여지게 되면 두 개의 윤곽이 일치하게 되고, 사용자는 이때 직접 푸쉬 버튼을 이용하여 영상을 획득한다. 이 방식은 사용자가 직

접 영상 획득 시점을 판단하기 때문에 영상 획득 알고리즘이 필요하지 않으므로 영상 획득 속도가 빠른 장점이 있다. 반면 영상 획득을 위해 사용자가 장비 사용에 대한 훈련이 필요하고, 역시 사용이 불편하다는 단점이 있다.

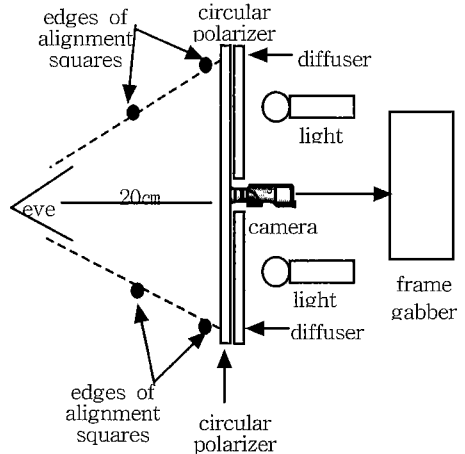


그림 4 Wildes 영상 획득 장비

3.3 반자동식

반자동식 홍채 인식 시스템은 위의 두 방식을 절충한 모델로서, 홍채 인식을 위해 사용자 협조가 어느 정도 필요하지만 사용자에게 전적으로 맡기지 않는다는. 사용자가 카메라 광축에 자신의 눈을 맞추고 일정거리 내에서 시스템에 접근하면 시스템은 연속된 눈 영상 중에서 가장 좋은 품질의 영상을 자동으로 취득하게 된다. 이 방법은 출입 통제 시스템에서 적용 가능한 방식으로, 사용자 불편을 최소로 하는 영상 획득 장비와 영상 획득 시점을 자동으로 판단하는 알고리즘 연구가 필요하다.

Daugman이 제안한 방식[2]과 연세대에서 제안한 방식[6]은 본 논문에서 구분한 반자동식으로 분류할 수 있다. Daugman은 그림 5와 같은 장비를 제안하였다. 연속적인 비디오 영상을 사용자가 LCD 화면을 통하여 모니터하도록 하고, 사용자는 LCD 화면에 나타난 영상을 보고 자신의 위치를 조정한다. 이때 시스템은 원형 경계 연산자를 사용하여 연속 영상의 여러 프레임에 대한 홍채와 공막 사이 경계의 변화도를 이용하

여 초점이 맞은 영상을 획득한다. 이런 방법은 전·후 프레임의 초점값[7]을 비교하면서 영상의 질을 판단하기 때문에 메모리 비용이나 계산 비용이 증가하는 단점이 있다.

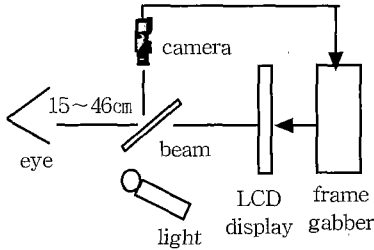


그림 5 Daugman 영상 획득 장비

연세대에서 제안한 장비는 그림 6과 같다[3].

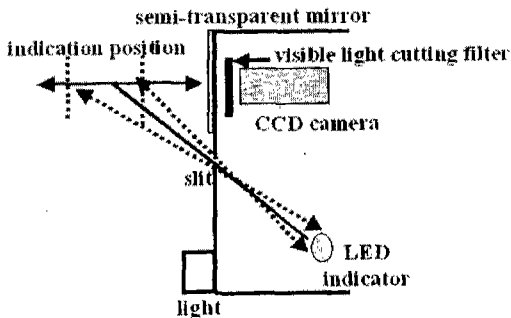


그림 6 연세대 영상 획득 장비

이 장비의 특징은 사용의 편리성과 저가의 가격에 중심을 두어 설계되었다는 점이다. 카메라 전면부에 부착된 반투명 거울은 사용자가 자신의 눈을 카메라 광축에 쉽게 일치시킬 수 있도록 하고, 반투명 거울과 카메라 사이에 있는 가시광선 제거 필터는 가시광선에 의해 불필요하게 카메라로 입사되는 배경 잡음이 눈 영상에 나타나는 것을 방지하기 위하여 사용한다. 그리고, 반투명 거울 아래에 설치된 적외선 조명은 안경 착용자의 경우 안경에 맺히는 불필요한 글린트(glint) 영향을 최소화시키는 위치에 설치한다. 또한, 사용자가 앞으로 이동하면서 반투명 거울 하부에 있는 슬릿을 통하여 자연스럽게 표시등의 불빛을 볼 수 있도록 LED 및 슬릿을 설치하

였고, 슬릿을 통하여 표시등(LED)을 볼 수 있는 거리는 초점이 맞은 선명한 눈 영상이 획득될 수 있는 곳으로 한다. 그림 6과 같은 장비를 통하여 사용자가 자연스럽게 장비에 접근하게 되면 시스템은 영상 획득 알고리즘을 이용하여 홍채 인식에 적합한 품질의 영상을 획득한다. 영상 획득 알고리즘은 사용자 접근 판단, 눈 존재 판단, 초점 판단 등 3단계의 판단 기능으로 이루어져 있다. 사용자 접근 판단 기능을 이용하여 카메라 전면부에 사용자가 일정 시간 이상 존재하는지 여부를 판단하고, 사용자가 접근했다고 판단된 경우 동공 검출 알고리즘을 이용하여 눈 존재 여부를 판단한다. 마지막으로 영상 내에 눈이 존재하면 선명한 눈 영상을 획득을 위해 영상의 초점 정도를 판단하고, 원하는 정도의 초점 값을 갖는 눈 영상일 경우 획득한다. 전체적인 영상 획득 알고리즘의 흐름도는 그림 7과 같다.

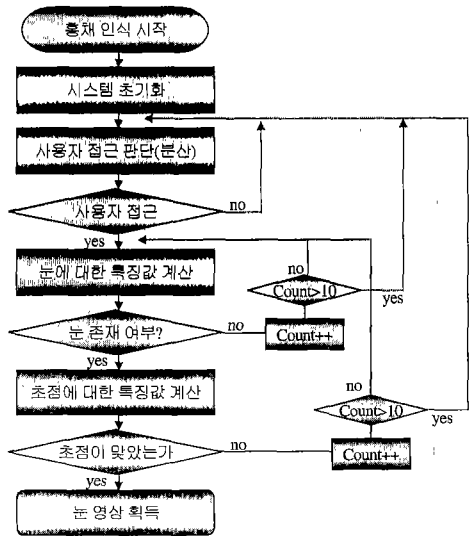


그림 7 눈 영상 획득 알고리즘

4. 홍채 영역 추출

홍채 영역 추출은 동공과 홍채의 경계에 해당하는 홍채 내부 경계와 공막과 홍채의 경계에 해당하는 홍채 외부 경계를 검출함으로써 가능하다. 홍채 내·외부 경계추출은 동공 및 홍채의

중심과 반지름의 결정을 통해서 이루어지며, 원형 경계 검출기(circular edge detector)를 이용하는 방법[2]과, 허프 변환(Hough Transform)을 이용하는 방법[3,8], 템플릿을 이용하는 방법[9]이 있다. 위의 방법은 홍채 경계의 모양이 원이라는 가정과, 동공은 다른 영역에 비하여 어둡다는 정보를 이용한다.

일반적으로 사용되는 홍채 영역 추출은 원형 경계 검출기를 이용하는 방법이다. 이 방법은 홍채의 원형 경계를 찾기 위해 식 1과 같은 원형 경계 연산자를 사용한다.

$$\max(r, x_0, y_0) \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|$$

$$G_\sigma(r) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

여기서, $I(x, y)$ 는 입력 영상, (x_0, y_0) 은 중심 좌표, ds 는 반지름이 r 인 원주, $G_\sigma(r)$ 는 가우시안 특성을 갖는 스무딩(smoothing) 함수를 각각 나타낸다. 중심과 반지름을 바꿔가면서 원주의 밝기 변화량이 가장 큰 곳을 동공 및 홍채의 경계로서 정의한다. 한편 잡음의 영향으로 생기는 국부 최대값(local maxima)의 영향을 제거하기 위해 반지름 방향으로 가우시안 블러를 취해서 경계를 찾는다.

허프 변환은 2차원 영상 공간(spatial image space)을 물체의 특성을 볼 수 있는 파라미터 공간(parameter space)으로 변환해서 물체를 검출(detection)하는 방법으로 우선 그레이 영상을 경계 연산자를 기반으로 이진영상으로 바꾼다. 동공을 원으로 가정할 경우에는 식 2와 같은 원의 방정식은 파라미터 공간의 방정식(식 3)으로 나타낼 수 있다.

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r \quad (2)$$

$$a = x - r \cos \theta \quad (3)$$

$$b = y - r \sin \theta$$

경계 영상의 각 화소에 대해 3차원의 파라미터 공간으로 변환시키고 전체 화소에 대해 누적시킨다. 이 중 최고의 값이 갖고자 하는 원을 나타내는 파라미터, 즉 중심좌표 (a, b) , 반지름 r 이 되는 것이다. 이 방법은 영상 잡음이나 동공이 눈꺼풀에 가려져도 동공을 잘 찾아낸다는 장점이 있으나 계산의 복잡성과 계산량이 많다는 단점이 있다.

가변 원형 템플릿은 원형 템플릿의 반지름과 중심좌표가 변화됨으로써 원형인 동공과 홍채에 정합하는 방식이다. 이 템플릿은 에너지 값에 의해 변형(수축 팽창 이동)이 되는데 빠르고 효과적인 변형을 위해 아래 그림 8과 같이 원형 템플릿 주변에 작은 윈도우를 두고 이 윈도우의 에너지 값(식 4)에 따라 템플릿의 수축, 팽창, 이동이 이루어지게 된다.

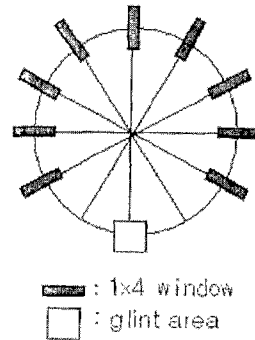


그림 8 원형 템플릿

$$f_w = \frac{\sum(\text{윈도우내의 각 화소값})}{\text{윈도우내의 화소수}} - \frac{255}{2} \quad (4)$$

이 방법은 주로 이진화 영상에 대해 적용되는데 정확한 원을 이진화하는 임계값과 템플릿의 초기 위치에 따라 성능이 많이 결정된다.

홍채 영역을 추출하는 방법에서 히스토그램을 기반으로 한 방법은 적당하지 않다[3]. 왜냐하면 히스토그램의 기법은 임계치 설정이 반드시 필요한데, 이 값은 주변 환경의 변화에 매우 민감하기 때문이다. 따라서, 위의 방법을 홍채 인식에 이용할 때에는 이와 같은 임계치 설정에 영향을 받지 않을 수 있도록 적용해야 할 것이다.

홍채 영역의 정확한 추출과 더불어 고려해야 할 사항이 있다. 주위 조도의 변화나, 카메라와 얼굴 사이의 거리 변화, 카메라 광축과 눈의 불일치 등으로 인해 홍채 부분이 획득된 영상에서 항상 동일한 위치에 존재하지 않는다. 뿐만 아니라, 동공의 크기 또한 주위 환경에 따라 다르게 되고, 눈 영상 전체가 사용자의 위치에 따라서 회전될 수 있다. 이와 같은 문제는 홍채 인식 성능을 저하시키는 요인으로 작용한다. 따라서, 홍

채 인식의 성능을 높이기 위해서는 이와 같은 현상을 반드시 해결해야 하는데, 일반적으로 영상을 극좌표계(polar coordinate)로 변환하는 방법이 널리 사용된다[2].

5. 홍채 특징 추출 및 정합

홍채 특징 추출은 홍채 영역에 나타나는 무늬 패턴의 특징을 추출하는 단계로, 홍채 무늬 패턴의 그레이 값의 변화를 대표하는 값으로 나타낸다. 홍채 특징 추출은 특징 추출 영역에 따라 그림 9(b)와 같이 홍채 영역 전체에서 특징을 추출하는 2차원적인 방법[2]과, 그림 9(c) 홍채 영역 중 일부분의 1차원 신호[10,11]를 이용하는 방법으로 구분할 수 있다.

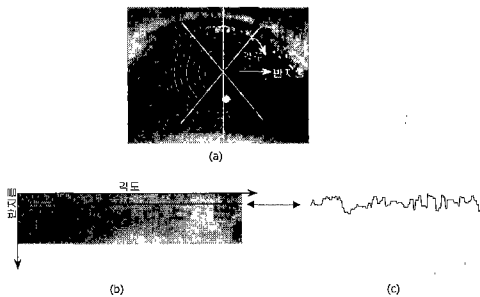


그림 9 홍채 특징 추출 방법 : (a) 홍채 경계 추출 (b) 홍채 2차원 신호 (c) 홍채 1차원 신호

홍채 특징 표현 방법으로는 Gabor를 포함한 웨이블릿 해석 방법이 대부분을 이루고 있다. 웨이블릿은 1980년대에 들어와서 활발히 연구되기 시작한 분야로, 시간상의 해상도(time resolution)와 주파수상의 해상도(frequency resolution)를 변화시키면서 해석할 수 있어, 어느 위치에 어떤 주파수 성분이 있는가를 알 수 있다. 따라서, 웨이블릿 변환 계수는 신호의 특성을 포함하는 중요한 정보로 이용이 가능하다[12]. 이를 홍채 인식에 적용하면 홍채 무늬 패턴의 변화를 위치와 주파수 정보로 나타낼 수 있고, 이를 이용한 홍채 특징 추출 방법은 Daugman이 제안한 2차원 Gabor 필터[2,13]를 이용하는 방법과 Boles가 제안한 웨이블릿을 이용하는 방법[10]이 대표적이다.

Daugman은 홍채 특징 추출을 위하여 식 (5)

와 같은 2차원 Gabor 필터를 제안하였다[2]. 일반적으로 Gabor 필터는 그림 10과 같이 필터의 응답이 특정 주파수에 대하여 국부적으로 발생하는 특성이 있다.

$$G(x, y) = e^{-\pi[(x-x_0)^2/a^2 + (y-y_0)^2/\beta^2]} \cdot e^{-2\pi i [u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0)]} \quad (5)$$

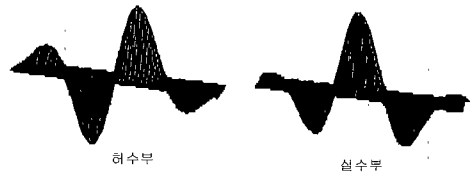


그림 10 2차원 Gabor 필터 특성

여기서 (x_0, y_0) 는 영상 내의 특정 위치를 나타내고, (α, β) 는 유효 폭과 길이를 나타내며, (u_0, v_0) 는 변조(modulation)를 나타낸다. 식 5는 홍채 식별을 위하여 식 6과 같이 극좌표계로 변환된다.

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta - \theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta - \theta_0)^2/\beta^2} \quad (6)$$

Daugman이 제안한 2차원 Gabor 필터를 이용한 홍채 특징 추출 방법에서는 홍채 특징 추출을 위하여 눈썹 및 눈꺼풀로 가리는 영역과 글린트 영역을 제외한 홍채 영역 전체를 대상으로 하였다. 홍채 무늬 패턴은 홍채 중심에 집중되어 있어 전체 영상을 홍채 특징 추출 영역으로 사용하는 것은 개인 식별에 영향을 주지 못하는 영역이 포함될 수 있기 때문에 불필요한 계산을 하게 되고, 눈썹이나 눈꺼풀과 같은 홍채 영역을 가리는 장애 요소들이 개인에 따라 차이가 있어 일관성 있는 장애 요소 제거 처리가 필수적이다.

Boles는 홍채 특징 추출을 위하여 1차원 홍채 신호에 대한 웨이블릿 변환의 영 교차점(zero-crossings)[42]을 이용하였다. Boles는 영 교차점을 얻기 위하여 식 7과 같은 모 웨이블릿(mother wavelet)을 정의하였다[10,14].

$$\psi(x) = \frac{d^2 \theta(x)}{dx^2} \quad (7)$$

여기서 $\theta(x)$ 는 스무딩(smoothing) 함수이다. 스케일 s 와 위치 x 에서 신호 $f(x)$ 에 대한 웨

이브릿 변환은 식 8에 의해서 이루어진다.

$$W_s f(x) = f * \left(s^2 \frac{d^2 \theta(x)}{dx^2} \right) (x) = s^2 \frac{d^2}{dx^2} (f * \theta_s)(x) \quad (8)$$

그림 11은 홍채 영상으로부터 추출된 원래 (original) 1차원 홍채 신호, 추출된 홍채 신호에 대하여 가장 낮은 4개의 해상도에 대한 웨이브릿 변환 신호, 웨이브릿 변환에 대한 영 교차점 신호를 각각 나타낸다. 영 교차점의 개수가 홍채에 따라 다르기 때문에 두 홍채 사이의 유사도 측정이 불안정(unstable)하고, 1차원 홍채 신호를 사용하기 때문에 홍채 영역 추출 에러에 많은 영향을 받는 단점이 있다. 따라서, Boles 알고리즘이 홍채 인식에 실질적으로 적용되기 위해서는 이러한 문제점을 먼저 해결되어야 할 것이다.

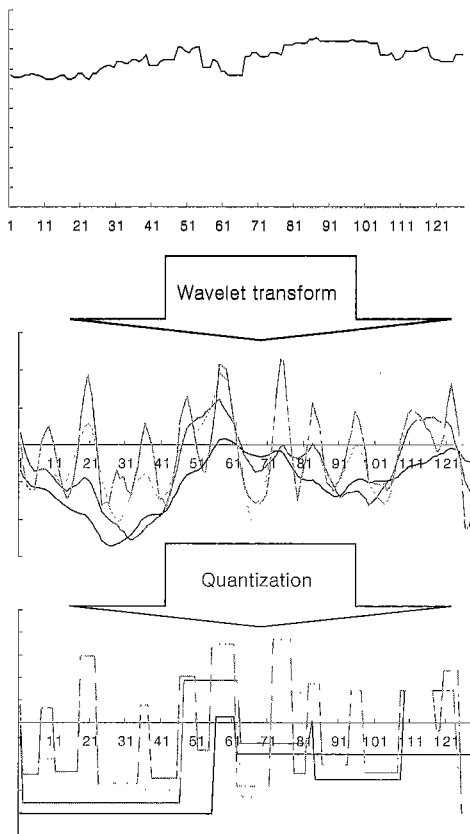


그림 11 웨이브릿 변환에 의한 영 교차점(zero crossings)

이후 홍채 인식 시스템은 추출된 홍채 특징으로 두 홍채 사이에 유사도를 측정하여 본인인지의 여부를 확인한다. 유사도를 측정하는 방법을 특정 정합이라고 하고, 특징 추출 방법에 따라 적용할 수 있는 방법이 다르게 된다. 일반적으로 사용되는 기법으로는 해밍 거리(Hamming distance), 상관도(correlation)가 있다. 두 홍채 사이의 유사도 값이 미리 선정된 임계치(threshold) 이상이 되면 동일인으로 판정하고, 임계치 이하가 될 경우는 서로 다른 사람이라고 판단한다.

홍채는 변별력이 매우 뛰어나기 때문에, 대용량의 데이터 베이스에서 인식 시스템으로 사용하기 적합하다. 이를 위해서 홍채 자체의 변별력은 유지하면서 각 홍채 특징 및 코드를 저장하는 데이터의 크기(memory size)를 줄이는 방법과 데이터 베이스 내에서 실시간으로 입력된 사용자 홍채와 등록된 홍채들 중 가장 유사한 것을 찾는 탐색 시간을 줄이는 방법에 대한 연구가 필요하다.

6. 시스템 성능

생체 인식 시스템의 성능을 평가하는 대표적인 방법은 타인 수락률(FAR : False Acceptance Ratio)과 본인 거부율(FRR : False Rejection Ratio)이 있다. 여기서 타인 수락은 등록된 사용자의 홍채와는 다른 사용자의 홍채가 입력되었음에도 불구하고 동일한 사용자의 홍채로 잘못 판정하는 것이고, 반대로 본인 거부는 등록된 사용자의 홍채와 같은 사용자의 홍채가 입력되었음에도 불구하고 타인이라 잘못 판정하는 것이다. 이것은 그림 12와 같은 두 개의 가우시안(Gaussian) 분포로 볼 수 있다. 하나는 같은 사람의 홍채를 비교했을 경우의 분포이고, 나머지는 서로 다른 사람의 홍채를 비교했을 때의 분포이다. 두 분포가 겹치게 되면 이는 에러를 발생시키는 요인이 되기 때문에 겹쳐지는 부분이 적을수록 인식 성능이 향상된다. 특히 응용분야에 따라서 판정을 거부하는 범위(RR: Rejection Ratio)을 조절함으로써 홍채 인식 시스템의 성능을 높일 수 있으나, 판정 거부 범위를 지나치게 넓게 하면 사용자의 시스템 사용이 불편해질 수 있다는 단점이 있다.

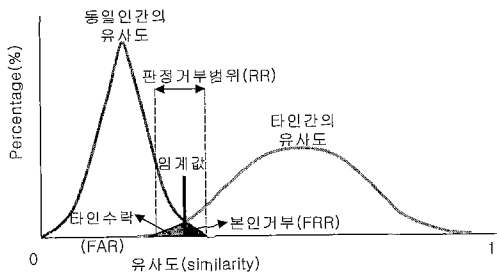


그림 12 시스템 성능 평가(FAR, FRR)

인식 시스템의 성능은 FAR, FRR 등을 통하여 평가할 수도 있지만, 그림 12에서처럼 두 가우시안 분포 사이의 거리를 통해 생체 인식 시스템의 변별력 평가도 가능하다. 다시 말하면, 여기서의 변별력은 서로 다른 두 클래스가 얼마나 다른가를 판단할 수 있는 척도로서, 가장 대표적인 판단 방법은 두 분포의 평균의 차를 분산으로 나눈 값을 사용하는 것이다[15]. 이 방법을 통해 특징 추출 방법의 성능 비교, 정합 방법의 성능 비교, 생체 인식 상호간의 비교를 할 수 있다.

홍채 인식 시스템은 위와 같은 시스템 인식 성능 평가뿐 아니라 감성적인 평가가 필수적이다. 예를 들어 사용하기에 편리한가, 실제 상황에서 시스템의 성능 변화가 없는가, 등록을 할 수 없는 경우는 얼마나 자주 일어나는가 등에 대한 평가가 필요하다. 감성적인 평가 기준은 아직까지는 확립되진 않았지만, 국·내외 여러 연구소 및 대학에서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

7. 응용 분야

홍채 인식은 현존하는 생체 인식 기술 중에서 가장 변별력이 좋은 것으로 알려져 있다. 이러한 장점에도 불구하고 인식장비의 고가로 인해 홍채 인식 장비가 널리 보급되는 상황은 아니다. 하지만 홍채 인식 장비의 꾸준한 연구로 인한 가격저하가 이루어지고 있어 향후에는 널리 보급 될 것으로 보고 있다. 현재 홍채 인식 기술이 적용되고 있거나 앞으로 적용될 분야로는 금융, 출입통제, 컴퓨터 보안 등이 있다.

홍채 인식 시스템은 그 보안성과 변별력이 여

타 생체 인식 기술 보다 뛰어나 가장 보안성이 요구되는 은행에서 먼저 적용되었다. 미국의 Sensar는 홍채 인식 기술을 현금인출기(ATM)에 적용했고 이 기술은 영국의 일부은행에서 사용되었다[16](그림 13).

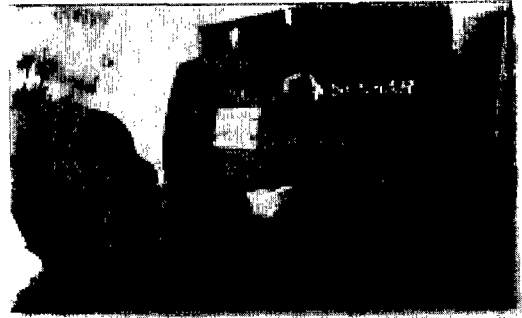


그림 13 ATM기에 사용된 홍채 인식

열쇠나 카드키 비밀번호와는 달리 홍채 인식 시스템은 도난 분실 망각의 위험이 없고 인식 성능이 뛰어나, 군대와 같이 특수 보안이 요구되는 장소에 출입 통제 장치로 사용하기 적합하다. 또한 홍채 인식 장비의 소형화와 저가 상품의 등장으로 개인 PC의 중요 파일 보안이나 사용자 로그인 등에 사용되고 있다. 특히 윈도우 2000의 후속 버전에는 홍채 인식, 지문 인식, 음성 인식 등의 생체인식 시스템을 적용되며 얼굴 패턴, 정맥 인식 시스템은 향후 5년 내 도입될 예정이다.

8. 결론 : 향후 전망

신체적인 특징을 이용해 개인의 신원을 파악하는 생체 인식이 크게 활성화되고 있다. 그 중 홍채 인식은 홍채의 고유한 패턴을 분석하여 개인을 식별하는 작업이며, 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 그리고 HCI(Human Computer Interaction) 기술이 결합된 분야라고 할 수 있다. 이 방법은 기타 인체 부위를 이용한 식별 방법에 비하여 변별력이 월등히 높고 위조가 어려우므로 점차 생체 인식 기술에서 중요한 위치로 자리잡아 가고 있다.

향후 홍채를 개인 식별의 수단으로 널리 적용할 수 있도록 보다 다양한 홍채 특징 추출 방법

과 이를 효과적으로 저장할 수 있는 부호화 기법에 대한 연구와 대용량 데이터베이스에서 효과적인 비교를 위하여 홍채를 유형별로 분류하는 방법에 관한 연구가 필요하다. 이와 함께 저가형 홍채 인식 시스템의 개발과 사용자에게 편리한 환경을 제공하기 위한 연구도 홍채 인식 시장의 활성화에 매우 중요한 부분이다. 이를 위해 Active vision과 같은 기술을 이용한 입력 장치의 완전 자동화 연구는 홍채 시장의 확대를 위해 매우 시급히 해결해야 할 점이다.

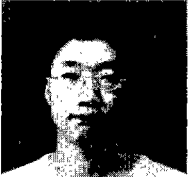
홍채 인식의 발전과 더불어 여러 종류의 생체 인식이 급격히 발전하고 있다. 따라서, 앞으로

두 가지 이상의 생체 인식 기술이 융합된 다중 생체 인식 시스템(multimodal biometrics)에 대한 연구 개발이 활발해질 것으로 예상된다. 특히 다중 생체 인식 시스템은 신뢰성의 향상, 인식률의 향상, 기능 향상의 세 가지 측면에서 그 필요성이 증대되고 있다. 이와 같은 흐름에 맞추어 홍채 인식 시스템 자체의 연구와 함께 다중 생체 인식 시스템의 한 구성 요소로서의 연구 개발이 요구되고 있다.

참고문헌

- [1] A.K Jain, Ruud Bolle and Sharath Pankanti, "Biometrics Personal Identification in Networked Society", Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [2] J.G Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Transaction on PAMI, Vol.15, No.11, pp.1148-1160, Nov., 1993.
- [3] Richard P. Wildes, "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology", Proceeding of the IEEE, Vol.85, No.9, pp.1348-1363, Sep., 1997.
- [4] 박영규, "고정 초점 흑백 CCD카메라 환경에서 홍채 signature를 이용한 온라인 개인 식별", 연세대학교 박사 논문, 2000.
- [5] Negin, M., Chmielewski, T.A., Jr., Salganicoff, M., von Seelen, U.M., Venetainer, P.L., and Zhang, G.G., "An iris biometric system for public and personal use", Computer, Vol.33, pp.70 -75, Feb, 2000.
- [6] 노승인, 박영규, 윤훈주, 김재희, "홍채 인식을 위한 눈 영상 획득방법," 제 13회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp.217-222, 2001.
- [7] Kang-Sun Choi, Jun-Suk Lee and Sung-Jae Ko, "New Autofocusing Technique using the Frequency Selective Weighted Median Filter for Video Cameras", IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.45, No.3, pp.820-827, Aug., 1999.
- [8] J.Illingworth and J.Kittler, "A Survey of the Hough Transform", Computer Vision Graphics Image Process, 44, pp.87-116, 1988.
- [9] Jyh-yuan Deng and Feipel Lai, "Region-Based Template Deformable and Masking for Eye-Feature Extraction and Description", Pattern Recognition, Vol.30, No.3, pp.403-419, 1997.
- [10] W.W. Boles and B. Boashash, "Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform", IEEE transaction on Signal Processing, Vol.46, No.4, Apr., 1998.
- [11] Yong Zhu, Tieniu Tan and Yunhong Wang, "Biometric Personal Identification Based on Iris Patterns", 15th International Conference on Pattern Recognition, vol.2, pp.805-808, Sep. 2000.
- [12] Gilbert Strang and Truong Nguyen, 'Wavelets and Filter Banks', Wellesley-Cambridge Press.
- [13] Trygve Randen and John Hakon Husoy, "Filtering for Texture Classification : A Comparative Study", IEEE Transaction on PAMI, Vol.21, No.4, Apr., 1999.
- [14] S. G. Mallot, "Zero-crossing of a wavelet transform", IEEE Transaction Information Theory, Vol. 207, pp.187-284, 1980.
- [15] Richard O. Dida, Peter E. Hart and David G. Stork, 'Pattern Classification', 2nd Ed., Wiley-Interscience.
- [16] <http://www.sensar.com/main.html>

노 승 인



1998 연세대학교 전자공학과(공학사)
2000 연세대학교 전기전자공학과(공학석사)
2000~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
관심분야: 생체인식, 홍채 인식, 패턴 인식, 컴퓨터 비전
E-mail: sinoh@seraph.yonsei.ac.kr

김 재 희



1979 연세대학교 전자공학과(공학사)
1982 미국 Case Western Reserve Univ. 전기공학과(공학석사)
1984 Case Western Reserve Univ. 전기공학과(공학박사)
1984~ 현재 연세대학교 기계전자공학부 교수
관심분야: 생체인식, 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 인공지능
E-mail: jhkim@yonsei.ac.kr
