



## 홍채 인식

□ 조성원 / 홍익대학교 전자전기공학부 교수  
□ 김준범 / 홍익대학교 전기정보제어 대학원

### 1. 서 론

현대 생활의 필수품이 되어버린 컴퓨터의 보급과 세계를 하나로 묶는 인터넷 망의 구축, 그리고 각종 정보의 전산화 등은 인류 생활의 편리성과 정보의 공유, 그리고 전 세계의 동일 시간대화를 이룩하였다. 그러나 모든 정보가 전산화되어지고, 인터넷이라는 공용통신망 이용이 증가하면서 정보의 안전한 공유 및 정보의 보안에 대한 사회적 관심 또한 높아지고 있는 실정이다. 인터넷을 이용한 가상공간 속에서는 모든 정보가 실시간으로 처리되며 컴퓨터를 통하여 이루어지기 때문에 특정인이 중요한 정보에 접근 할 권한이 있는지 여부를 결정하는 사용자 인증 절차가 필요하며, 현실 공간에서도 가정, 기업, 국가 등 그 구성의 범위는 다르지만 허가된 사람만이 특정장소에 출입하거나 정보를 볼 수 있게 하는 보안 절차가 필요하다.

보안을 위한 노력은 과거로부터 현재에 이르기까지 다양한 형태로 존재해왔다[1][2]. 기존의 보안 수단은 크게 물리적 수단과 지적 수단으로 나눌 수 있다. 물리적 수단으로는 신분증, 열쇠, 스마트카드, 신용카드 등이 있으며, 지적 수단으로는 ID, 비밀번호, 주민등록번호, 신용카드번호 등이 사용되어진다. 그러나 물리적 수단은 항상 소지하여야 하는 불편함과 분실이나 도용의 가능성이 크고, 지적 수단은 개인 식별을 위한 수단을 항상 기억해야 하고 사용자가 잊어버리거나 타인에

게 노출될 위험성이 큰 것이 단점이다. 이러한 단점에도 불구하고 기존의 보안 수단들이 지금까지 널리 사용되어 오고 있다. 그 이유는 대체할만한 실질적인 보안 수단이 없었기 때문이다. 그러나 최근에 소지나 암기가 필요치 않은 개인의 생물학적 특징을 바탕으로 신원을 확인하는 생체인식 연구가 활발히 진행되면서 기존의 방법을 대체할 수 있는 여러 가지 생체인식 시스템이 선을 보이고 있다[3].

생체인식이란 '자동화된 수단으로 특정개인의 소추된 특성을 검증하거나 신원을 인식하기 위한 측정 가능한 개인의 물리적 특징을 연구하는 학문'으로 정의하고 있으며, 이러한 생체 계측학을 기반으로 개인 확인 및 인증을 하는 시스템을 생체 보안 시스템(Biometrics Security System : BSS)이라고 한다. 이러한 생체인식 시스템은 개개인 마다 서로 다른 신체적 특징을 사용하기 때문에 열쇠나 비밀번호처럼 타인의 도용이나 복제에 의하여 위조되어 사용될 수 없을 뿐 아니라 변경되거나 분실될 위험성이 없어 보안 분야에 활용도가 뛰어나며, 사용자의 사후 추적이나 관리적인 측면에 있어서도 안전한 시스템을 구축 할 수 있다는 장점이 있다. 그림 1은 IBG(International Biometrics Group)에서 발표한 2002-2007년까지의 생체 보안 시스템의 시장 규모 전망을 나타낸다. 그림에서 보듯이 2002년 6억 달러 규모에서 2007년 40억 달러 이상으로 규모가 성장할 것으로 보고 있다. 이는 향후 생체 보안

시스템의 발전 가능성을 보여주는 것이며, 기존 보안 수단의 대체 수단으로서의 가능성을 보여주는 것이다.

생물학적 특징이 개인 식별에 사용되기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다. 첫째, 모든 사람이 가진 보편적 특징이어야 하고(universality), 둘째, 개인마다 유일한 특성을 가지고 있어야 하며(uniqueness), 셋째, 영구성이 있어야 하며(permanence), 마지막으로 정량적으로 계산(collectivity)될 수 있어야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 개인의 신체적 특징으로는 생리적 특성인 얼굴 (Face), 지문 (Fingerprint), 장문 (Palmprint), 손모양(Hand Geometry), 망막(Retina), 홍채(Iris), 정맥(Vein), DNA 등이 있고, 행동적 특성으로는 서명(Signature), 음성(Voice), 타이핑(Typing Keystroke Dynamics) 등이 있다[4].

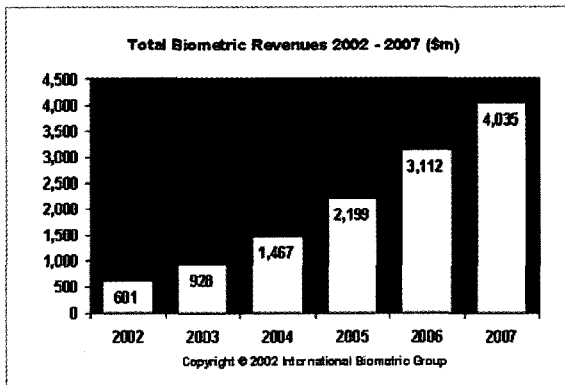


그림 1 생체 보안 시스템 시장 규모 (IBG) 자료출처: IBG(2002)

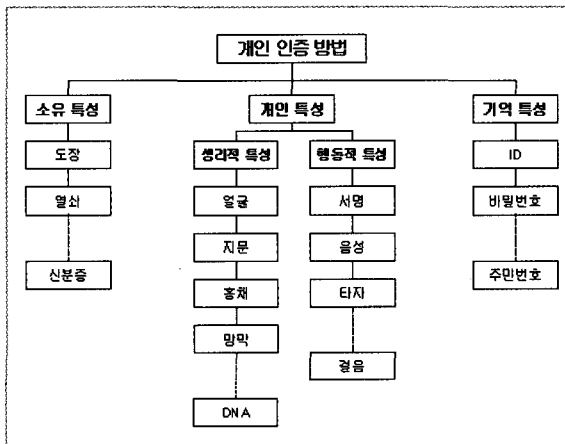


그림 2 개인 인증 방법

생체 계측학 중에서 제일 먼저 사용된 기법은 장문(손)이다. 이는 개인마다 손가락의 길이가 다른 것을 착안하여 손가락 형태를 분석한 후 이 정보를 데이터화 하여 식별에 사용하는 보안시스템이다. 그러나 장문의 경우에는 데이터의 양이 크고 타인과의 구별에서 오인식이 많아 보안의 중요도가 높은 지역이나 정보에 대한 접근에 사용하기에는 부적합한 것으로 알려져 있다. 그리고 가장 널리 사용되는 지문은 땀샘이 융기되어 일정한 흐름으로 만들어진 것으로 개인이 가지고 있는 손가락 마다 다르며, 태어나서 지문이 생성된 후 죽을 때까지 변하지 않는 영구성을 지니고 있어 개인 식별에 대한 신뢰도와 안정성에서 다른 수단보다 높게 평가되고 있다. 그러나 지문의 경우에도 날씨가 나이, 직업에 따라 지문이 유실되거나 갈라짐 같은 생물학적 변화에 영향을 받을 수 있는 단점이 있다. 또한 망막인식은 사용자의 안구 배면에 위치한 모세혈관의 구성이 인간의 지문과 같이 종생불변의 특성을 지나고 있다는 점을 이용한 것으로, 이러한 망막 패턴을 읽기 위해서는 미약한 강도의 연필 지름만한 적색 광선이 안구를 투시하여 망막에 있는 모세혈관에 반사된 역광을 측정하여야 한다. 그러므로 성공적인 망막패턴 검색을 위해서는 사용자가 안경을 벗고 검색기에 접사하여야 하며 접안기의 동근 원통 내 어두운 부분 중 적색 광선이 반사되는 점에 눈의 초점을 맞추어야 한다. 이러한 망막 패턴 검색기술은 고도의 보안성을 만족시키지만 사용자의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 사용하기에는 비효율적이다. 1985년 미국의 아이텐티사가 개발한 망막인식 시스템이 크게 상용화 되지 못했던 것도 바로 이 때문이다. 이러한 인식 방법들이 가지는 단점의 대안으로 최근에 가장 많이 연구되어지고 있는 생체 인식 방법이 바로 홍채패턴을 이용한 홍채인식이다.

홍채는 눈의 수정체와 각막, 안방수 사이에 존재하는 도넛 모양의 팔약근 조직이며, 외부에서 볼 수 있는 유일한 체내기관이다. 홍채는 생후 18개월 이전에 모든 형성과정을 마치고 평생 변하지 않는 영구성을 가진다. 또한 같은 사람이라도 두 눈의 홍채가 모양이 다를 뿐 아니라, 같은 유전자 구조를 갖는 일란성 쌍둥이

의 경우에도 홍채는 아주 다른 뛰어난 유일성을 가지고 있다. 약 10억 명당 2명 정도가 유사할 정도로 유일성을 가진다[5][6]. 홍채인식은 카메라를 이용해 비접촉식으로 얻을 수 있는 생물학적 특징이기 때문에 사용자의 거부감이 적고 사용이 편리하다. 그러나 홍채인식도 단점은 있다. 홍채가 지문이나 얼굴 보다 더 높은 신뢰성과 안정성을 가지고 있으면서도 아래 그림 3에 2002년 생체 인식 기술별 시장 점유율을 살펴보면 지문인식과 얼굴인식, 장문인식이 51.1%, 12.4%, 10%를 차지하고 있는 것에 비해 홍채인식의 점유율은 5.9%대에 머물고 있다. 그 이유는 원천기술이 특허로 되어 있고, 장비 또한 고가이기 때문에 다른 인식 방법에 비해 시장성이 매우 낮기 때문이다.

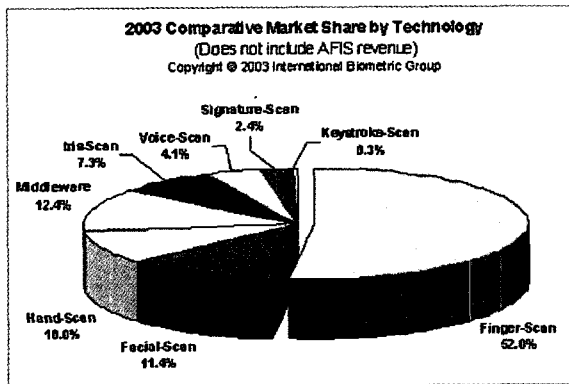


그림 3 생체 인식 기술별 시장 점유율 자료출처: IBG(2002)

그러나 앞으로의 전망이 어둡지만은 않다. 현재 많은 연구가 벤처기업과 여러 대학의 연구실에서 활발히 진행 중이고, 카메라 기술과 장비의 발달은 비용절감을 가져올 것이며, 그리고 보다 많은 수요의 창출은 앞으로 홍채인식의 시장 점유율은 높여줄 것이다.

## 2. 홍채 인식 시스템

홍채패턴이 사람마다 고유하다라는 사실은 미국의 안과의사인 Leonard Flom과 Aran Safir에 의해 1980년대 중반경에 발견 되었고 1987년에 그 기술에 관한 원천 특허가 등록되었다. 홍채패턴의 고유성이 밝혀진 이후 1993년에 영국 Cambridge 대학의 John G.

Daugman 교수가 홍채패턴을 256 바이트로 코드화 할 수 있는, Gabor Wavelet Transform을 기반으로 한 영상신호처리 알고리즘을 제안하였고 현재 상용화된 제품들은 모두 이 알고리즘에 기반을 두고 있다. 이후 이들 세 사람이 주축이 되어 미국 New Jersey주에 IriScan사를 설립하고 최초의 상용 홍채인식 시스템을 1995년에 개발하였다.

### 2.1 홍채

아래의 그림 4는 눈의 구조를 나타낸다. 여기서 동공은 눈의 중심부에 위치한 빛이 통과하는 통로이고, 홍채는 동공을 통해 들어가는 빛의 양을 조절하는 근육 조직이다. 홍채(Iris)는 눈의 동공과 흰 부위 사이에 존재하는 영역으로, 직경은 약 11mm 정도로써 동공의 개폐를 조절하는 근육으로 구성되어 있으며, 외부로부터 안구 내에 입사하는 빛의 양을 조절한다. 구성형태는 동공괄약근·동공산대근·교원질 섬유·자율신경환·동공주름 등으로 영겨있으며, 착색과 함께 홍채의 무늬를 만든다. 이 홍채에 생겨있는 긴 띠 모양의 망(빛살무늬의 인대), 코라지를 한 듯한 붉은 색의 섬유질, 속눈썹 모양의 돌기, 꾸불꾸불한 혈관계, 링 모양의 원들, 동공을 둘러싸는 코로나 모양의 인대, 홍채 고유의 색, 얼룩점 등이 각 사람마다 다른 생물학적 특성을 가진다. 이러한 홍채의 특징은 안과 학자들로부터 눈의 지문이라 불리며 1961년과 1965년에 학계에 보고되었다.

그림 5는 홍채가 선명하게 보이는 영상으로서 비슷해 보이는 눈의 홍채도 자세히 보면 무늬, 형태 등이 사람마다 모두 다른 것을 알 수 있다. 망막의 혈관 패턴

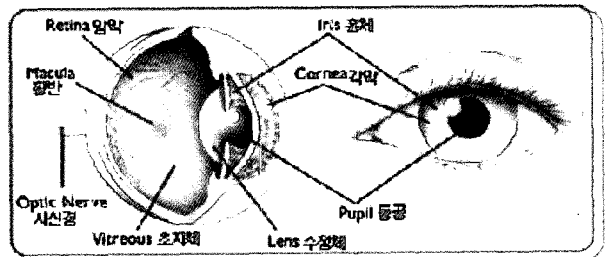


그림 4 눈의 구조

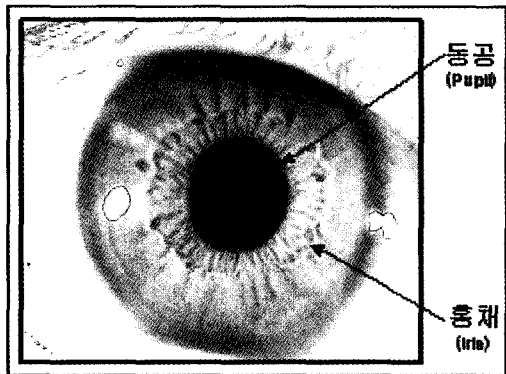


그림 5 홍채

과 홍채 무늬는 출생 후 3세 이전에 모두 형성되며 특별한 외상을 입지 않는 한 평생 변하지 않는 것으로 알려져 있다.

## 2.2 홍채 인식

홍채 인식은 각각의 사람들이 다르게 가지는 홍채의 특징을 추출하고, 그 정보를 이용하여 개개인을 인식하는 기술이다. 홍채인식 시스템은 근래 다른 어떤 시스템보다 오인식률이 낮고 고도의 보안이 필요한 곳에 쓰일 것으로 주목받고 있다. 홍채 인식은 지문 인식과 같이 손가락을 센서에 눌러야 하는 신체적인 접촉이 없이 안구로부터 일정 거리이상 떨어진 곳에서도 데이터의 획득이 가능하여 홍채인식 대상자들로 하여금 사용에 대한 거부감이 덜하다. 또한, 생후 어느 정도의 기간이 흐른 뒤에는 홍채의 특징이 일생동안 변하지 않아, 지문 인식에서 손끝 피부의 갈라짐 따위로 인한 지문 훼손, 화자 인식에서 화자의 연령에 따른 목소리의 변형, 얼굴인식에서 노화에 따른 얼굴의 변형이나 머리카락의 길이 또는 표정의 변화 등으로 인한 특징 추출의 문제와 같은 생물학적인 특성의 변화에 의한 문제가 없다는 장점이 있다.

그러나 어느 정도의 거리로부터 얻게 되는 홍채의 영상은 얻어지는 순간에 속눈썹이 동공을 가리게 되거나 눈꺼풀이 홍채의 많은 부분을 덮을 경우, 혹은 지나치게 어둡거나 밝은 조명으로 인한 동공의 확대 또는 축소, 눈동자에 생기는 조명의 반사 영상 등, 영상 획득

순간에 생기는 문제점들이 있다. 신뢰도 높은 홍채 인식 시스템을 구축하기 위해서는 이러한 문제점들을 해결하기 위한 기술들이 확보되어야 한다.

홍채 인식 시스템은 실제 그 응용 시스템에 따라 조금씩 다를 수가 있지만, 대부분 입력 장치와 식별 장치로 이루어져 있다. 구성은 그림 6과 같이 입력모듈과 등록모듈, 검증 모듈로 이루어진다. 입력 장치는 홍채 인식에 적합한 품질의 영상을 획득하고, 등록 및 검증 모듈은 획득되어진 눈 영상으로부터 홍채 영역 추출과 특징 추출, 코드 생성 및 등록 검증의 기능을 수행한다.

### 2.2.1 홍채 영상 획득 기술

입력 모듈을 통한 영상 획득은 홍채 인식 시스템의 첫 번째 단계로, 실시간 영상 획득을 위한 CCD카메라, 적외선 조명 장치, 그리고 아날로그 영상 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 영상 신호 변환 장치(Frame Grabber)로 이루어진다. 입력 모듈은 시스템 측면에서는 시스템의 성능을 결정짓는 가장 중요한 장치이고, 사용자 측면에서는 사용이 편리한 홍채 인식 시스템을 구성하는 중요한 요소 가운데 하나이다.

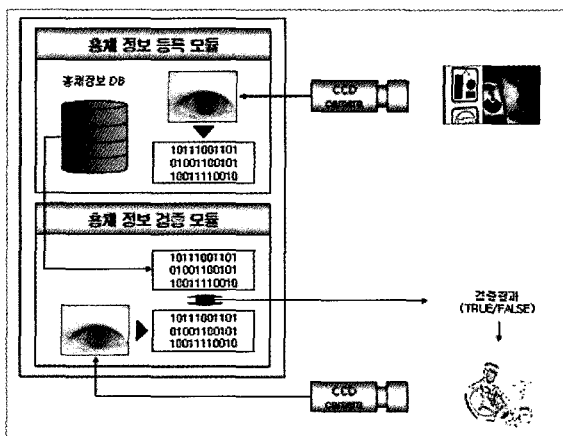


그림 6 홍채 인식 시스템 구성도

Daugman은 눈 영상을 획득하기 위하여 사용자가 LCD 화면을 통해 연속되는 영상을 모니터 하도록 하고, LCD모니터 상에 나타난 영상을 모니터하여 자신의 위치를 조정한 후 330mm 렌즈를 통해 15~45cm 사이의 거리에서 영상을 획득하는 시스템을 고안하였다

[7][8][9][10][11]. 이 시스템으로 획득된 영상은 홍채 직경이 100~200 픽셀 정도의 크기를 갖는다. 이때 자동 초점 판단을 위하여 원형 에지 검출기를 사용하며 연속 영상에 대한 홍채와 공막 사이의 에지 강도를 계산한다. 이 시스템은 여러 영상 가운데 에지 강도가 가장 큰 영상을 홍채 인식을 위한 영상으로 획득한다. 그림 7은 Daugman이 고안한 영상 획득 시스템이다.

Daugman의 방법은 비디오카메라를 통하여 입력되는 연속 영상을 통하여 상대적인 품질검사를 하기 때문에 메모리 용량이나 계산량이 증가할 뿐 아니라, CCD 카메라에 비해 하드웨어 비용이 증가한다. 또한 사용자가 모니터링을 해야 하기 때문에 학습이 요구되어지는 불편함을 가진다는 것이 문제점으로 지적된다.

Wildes가 고안한 영상 획득 방법은 카메라 렌즈 전면에 십자선 모양과 그 안에 또 다른 십자선을 이용하는 것으로 사격 시에 조준선 정렬과 유사한 방법을 이용한다. 눈이 적당한 위치에 놓이게 되면 두 십자선은 일치하게 되고, 이때에 사용자가 버튼을 이용하여 영

상을 획득한다[12][13]. Wildes의 방법은 Daugman에 비해 단순하고 메모리 용량이나 가격 면에서 유리하지만, 사용자의 주관에 따라 영상을 판단하기 때문에 일관성 있는 품질의 영상을 획득하기 어려우며, 사용자의 학습을 요구한다는 불편함을 가지고 있다. Wildes의 방법이 실용적으로 이용되기 위해서는 자동 영상 품질을 위한 시스템이 갖추어 져야 한다. 그림 8은 Wildes가 고안한 영상 획득 시스템이다.

### 2.2.2 홍채 영상 전처리

홍채 무늬 패턴을 포함하고 있는 영상을 획득한 후 홍채 영역만을 추출하기 위해서 홍채 영상 전처리 과정을 거치게 된다. 홍채 영상 전처리 과정은 다음의 세 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계로는 잡음 제거 과정이다. 보조 조명 장치의 반사광으로 인해 정확한 홍채 영역의 추출에 방해가 되므로 가우시안 블러 함수를 통해서 잡음을 제거하게 된다[14]. 두 번째 단계로는 내부 경계와 외부 경계를 찾는 과정이다. 그림 9는 내부

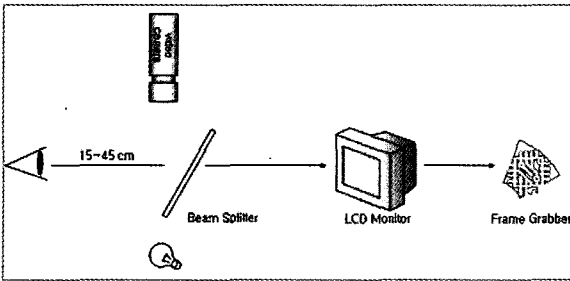


그림 7 Daugman의 영상 획득 시스템

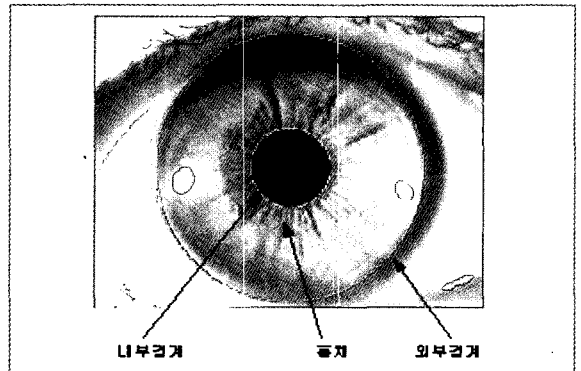


그림 9 홍채 경계 검출

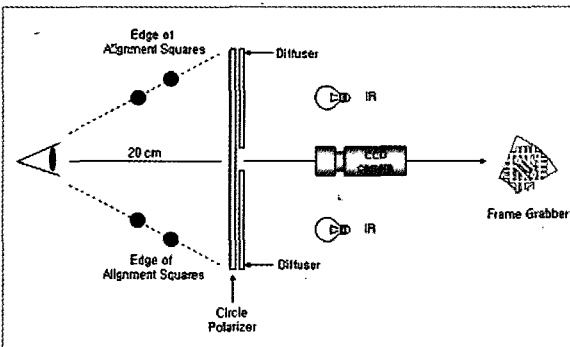


그림 8 Wildes의 영상 획득 시스템

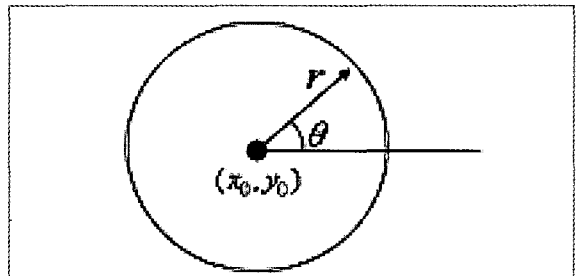


그림 10 원형 경계 검출기의 도식적 그래프

경계와 외부 경계를 나타낸 모습이다.

홍채 내, 외부 경계 검출은 원형 경계검출기를 이용한 방법이 대표적이다[7]. 원형 경계 검출 기법이란 다양한 중심과 반지름을 이용하여 원주의 최대 변화율을 가진 지점을 찾아내는 방법이다. 동공의 경계를 찾기 위하여 먼저 중심  $(x_0, y_0)$ 을 그림 10과 같이 임의의 영역에 위치시킨다.

반지름을 기준으로 원을 구성한 후 식(1)을 이용하여 그 원주상에 존재하는 모든 픽셀의 밝기 정보를 합산한다.

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

계산이 끝나면 식(2)와 같이 반지름의 값을 변화시켜 동일한 방법으로 원주상의 모든 픽셀의 그레이 값을 합산하고, 전에 계산한 값과의 차이를 계산한다.

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

이러한 과정을 반복하면서 값의 차이가 최대를 갖는 위치를 찾아낼 수 있게 된다. 동일한 중심에 대하여 이러한 과정이 끝나면 이번에는 중심의 위치를 변화시켜 가면서 동일한 방법을 이용하여 최대값을 가지는 지점을 찾게 된다. 식(3)은 이러한 과정을 나타내며, 최대값을 가지는 중심  $(,)$ 과 반지름은 동공 경계를 나타내는 원형 검출기의 위치와 반지름을 나타낸다.

$$\max (r, x_0, y_0) \left[ \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right] \quad (3)$$

홍채 경계 검출을 위한 다른 방법으로는, Hough 변환을 이용한 방법[15][16][17] [18][19][20], Canny 검출기를 이용하는 방법[14][21], Active Contour Model 기법[22][23], 최소 자승법[24] 등이 있다.

홍채 영상 전처리의 세 번째 단계로는 홍채 영역을 극좌표계로의 변환하고 정규화하는 과정이다. 영상 입력 장비를 통해서 홍채영상을 획득할 경우 각 사용자에게 따라, 그리고 카메라와 사용자 눈과의 거리에 따라, 또한 주변의 조명 정도에 따라 그 상태가 다른 영상이 얻어지게 되는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 극

좌표계로의 변환과 정규화가 필요하게 된다. 식(4)와 식(5)는 직각 좌표계로 얻어진 홍채의 영상을 동공의 중심으로부터 거리  $r$ , 중심각  $\theta$ 로 표현되는 극좌표계로의 변환을 행하는 수식이다.

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x(r, \theta) &= (1-r)x_p(\theta) + rx_s(\theta) \\ y(r, \theta) &= (1-r)y_p(\theta) + ry_s(\theta) \end{aligned} \quad (5)$$

$(x_p(\theta), y_p(\theta))$  : 동공상의 횡축으로부터 만큼 +방향으로 회전된 점의 좌표

$(x_s(\theta), y_s(\theta))$  : 동공상의 횡축으로부터 정해진 특징의 범위만큼 나아간 점의 좌표

그림 11은 홍채 영역을 극좌표로 변환한 과정과 그 변환 후의 모습을 나타낸 것이다.

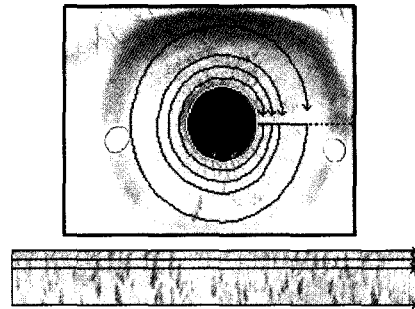


그림 11 홍채 영역의 극좌표 변환

### 2.2.3 홍채 특징 코드 추출

홍채 특징 코드 추출은 홍채 영역에 나타나는 무늬 패턴의 특징을 추출하여 코드화 하는 단계로 보다 적은 용량으로 홍채패턴의 특징을 잘 표현할 수 있는 특징값을 코드화 하여야 한다. 또한 정확한 홍채 영역만을 특징값으로 나타내야 하기 때문에 눈썹의 가리는 부분과 반사광이 생기는 부분을 제외한 영상에서 특징값을 추출해야 한다.

Daugman은 홍채 특징 추출을 위하여 눈썹 및 눈꺼풀로 가리는 영역과 반사광이 생기는 영역을 제외한 홍채 영역 전체를 대상으로 2차원 Gabor 필터를 이용하였다. Gabor 필터에 대한 응답에 의해 홍채 코드 각각의 비트가 결정되게 된다. 가로, 세로 각각 512 픽셀

의 영상일 때 그 특징을 표현하게 되면 262,000바이트가 필요하게 되지만 Gabor 필터를 사용하면 256바이트로 하나의 홍채코드를 표현할 수 있게 된다[7].

특징벡터의 크기를 줄이고 더욱 효과적인 특징 추출 방법에 대한 연구가 이루어졌는데 이에 대한 결과가 웨이블릿 변환을 이용하는 것이다. 웨이블릿 변환을 이용하여 특징벡터의 크기를 더욱 줄일 수 있게 되었는데 사용한 마더 웨이블릿(Mother Wavelet)에 따라 여러 가지 종류의 다양한 특징 벡터를 추출할 수 있다. 하(Haar)웨이블릿은 그 연산과정 및 구현이 간단한 장점이 있다[25][26].

Wildes[12][13]는 홍채영역의 자동추출 알고리즘에 대하여 연구하였는데, 입력영상을 웨이블릿 변환 기법(Wavelet Transform)을 이용하여 다해상도 피라미드로 분해하고, 바로 전 단계 레벨과의 차이를 양자화 하여 코드화 하고 상관도를 계산하는 알고리즘을 제안하였다.

Boles[6]는 홍채패턴을 원형 검출기를 이용하여 1차원 신호로 펼친 후 이 신호의 극대·극소점의 영 교차점을 특징 값으로 이용하는 1차원 Zero-Crossing 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 백색잡음(White Noise)에 강인하고 1차원 특징값을 이용하기 때문에 처리가 신속하며 계산량이 적다는 장점이 있는 반면 홍채주름 패턴을 제외한 다른 홍채 패턴을 무시함으로써 비교 데이터의 양이 상당히 감소하게 될 수 있고 같은 사람일지라도 강인한 노이즈에 의해 Zero-Crossing의 개수가 다를 수 있다는 단점을 지니고 있다. 또한 이 방법은 매우 정확하게 홍채경계를 검출해야 한다는 전제 조건이 수반되어야 한다. Boles의 방법은 Rochel[27]에 의해 주변픽셀을 참조하는 방법과 새로운 유사도 측정 방법인 Binary Hamming Distance를 사용하여 단점을 보완하였지만 위치이동에 따른 오인식률이 높기 때문에 아직 문제점을 가지고 있다.

그림 12는 홍채패턴의 특징을 추출해 낸 홍채 특징 코드를 나타내고 있다.

### 2.2.4 홍채 특징 코드 비교

추출된 두 홍채 특징으로 두 홍채 사이에 유사도를 측정하여 본인인지 여부를 확인한다. 유사도를 측정하

는 방법을 특징 정합이라 하고 특징 추출 방법에 따라 적용 할 수 있는 방법이 다르게 된다. 일반적으로 사용되는 기법으로는 해밍 거리(Hamming distance)가 있다.

해밍 거리 방법은 다음과 같은 과정으로 이루어져 있다. 특징추출을 통해 홍채 특징값들이 생성되면 이를 이진(binary) 특징벡터로 변환하게 된다. Gabor 변환을 사용하는 경우 2D Gabor 필터를 통과한 값들을 각 조건에 따라 이진 값으로 변환하여 홍채 코드를 생성하게 되는데 비교의 원본이 되는 데이터로서 등록 코드를 저장해둔다. 사용자가 신원조회를 요청하는 경우 등록할 때와 동일한 방법으로 홍채 영상으로부터 사용자 홍채 코드를 생성하게 된다. 이 두 홍채 코드를 비교함으로써 신원확인이 이루어지게 되는데, 비교작업은 두 코드의 해밍거리(Hamming Distance)를 계산함으로써 유사도를 판단하는 것이다. 이 계산은 논리연산인 XOR(Exclusive OR)를 통해 얻어지는데 그림

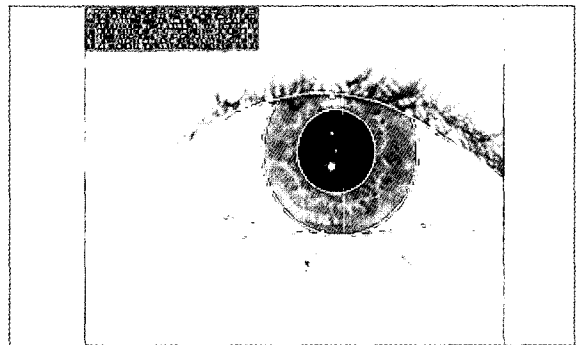


그림 12 홍채 특징 코드

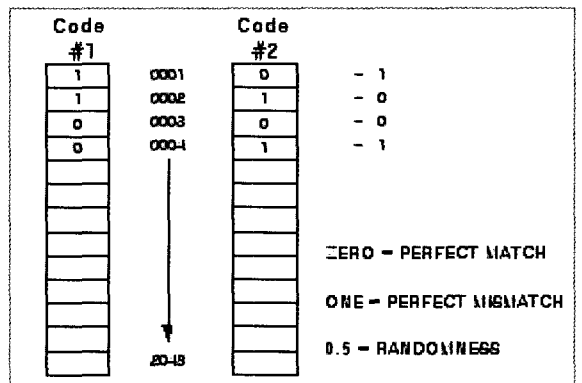


그림 13 해밍 거리의 측정

13과 같이 각 차원별로 비트값을 비교하여 일치하는 차원과 그렇지 않은 차원의 수를 헤아려 이를 총 차원 수로 나누어주는 방식이다.

### 2.2.5 인식 성능 평가

생체 인식 시스템의 인식 성능을 평가 지표로는 타인 승인율(FAR: false acceptance ratio)과 본인 거부율(FRR: false rejection ratio)이 있다. 여기서 타인 승인은 등록된 사용자의 홍채와는 다른 사용자의 홍채가 입력되었음에도 불구하고 동일한 사용자의 홍채로 잘못 판단하는 것이고, 반대로 본인 거부는 등록된 사용자의 홍채와 같은 사용자의 홍채가 입력되었음에도 불구하고 타인이라는 잘못된 판정을 내리는 것이다.

경계값을 낮추면 본인의 데이터에 대해서는 모두 다 받아들일 수 있게 되어 FRR은 낮아지는 반면 타인의 데이터마저 본인 것으로 받아들여지게 되어 FAR은 높아지게 된다. 반대로 경계값을 높이면 타인의 데이터에 대한 거절이 확실하게 되어 FAR은 낮아지지만 본인의 데이터마저 거절하게 되어 FRR은 높아지게 된다. 따라서 적절한 선에서 경계값을 설정하여 두 비율을 모두 낮출 수 있게 된다.

### 2.2.6 응용 분야 및 수요처

홍채 인식 기술은 생체 인식 기술 중에서 가장 신뢰성이 우수한 것으로 알려져 있다. 이러한 장점에도 불구하고 홍채 영상 획득 장비의 고가로 인해 홍채 인식 기술의 생체 인식 시장 점유율이 높은 것은 아니다. 그러나 홍채 영상 획득 장비의 꾸준한 연구로 인한 가격 저하가 이루어지고 있어 향후에는 생체 인식 시장에서의 경쟁력이 확대될 것으로 보인다.

미국을 비롯한 선진국들이 경쟁적으로 홍채인식 기술을 현금자동지급기, 올림픽 선수촌 출입자 보안시스템 등에 적용하는 연구가 진행되고 있음을 볼 때, 몇 년 내에 기존의 비밀번호 입력방식 현금자동지급기 대신 홍채인식형 현금자동지급기가 국내에도 보급될 것으로 예상되며, Intelligent 빌딩의 급속한 증가와 함께 현재의 키카드나 키펀드 방식의 출입자 통제관리 시스템의 단점에 대한 개선의 중요성이 더욱 강조되고 있어

홍채인식을 통한 보다 신뢰성 있는 출입자 통제관리 시스템의 보급확산 가능성은 매우 높다. 홍채 인식 시스템의 시장 수요처 및 용도는 다음과 같다.

- ① 도난 및 기밀유출 방지 연구소에서의 출입자 보안 통제
- ② 은행 등의 금융기관에서의 출입자 보안 통제
- ③ 현금인출기(ATM), 신용카드, 전자화폐에서의 신원확인
- ④ 대기업 정보처리센터 출입통제
- ⑤ 전자상거래 서비스에서의 신원확인
- ⑥ 정부기관 · 공항 등에서의 출입자 보안
- ⑦ 아파트, 오피스텔 등에서 홈시큐리티용 신원확인
- ⑧ 모바일(Mobile)환경 하에서의 신원확인

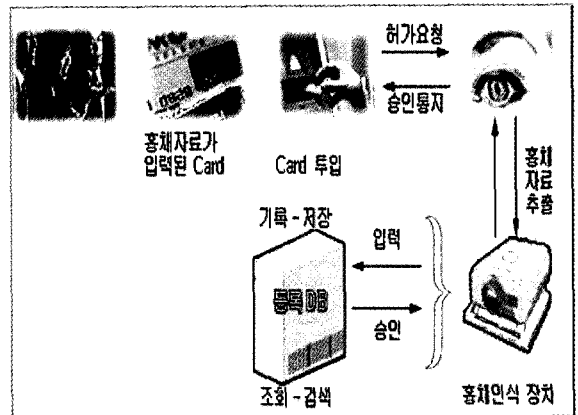


그림 14 홍채 인식 보안시스템 응용 예

## 3. 결론 및 향후 전망

세상에 똑같은 사람은 하나도 없듯이 각인각색의 생물학적 데이터를 이용해 개인의 신원을 파악하는 생체 인식 시대가 다가오고 있다. 최근, 컴퓨터 기술의 발달과 인터넷과 같은 통신 네트워크 보급의 확산으로 가상공간에 존재하는 정보를 서로 공유하고, 원격지에서 상대방을 직접 대면하지 않는 네트워크를 통한 대화가 증가되면서 개인 식별은 그 중요성을 더해가고 있다.



더구나 전자상거래와 전자금융결제 등과 같이 개인 식별을 반드시 요구되는 업무들이 네트워크상에서 이루어지면서 기존 수단들보다 더 신뢰성 있는 개인 식별이 요구되는 상황에서 생체 인식 기술은 커다란 주목을 받고 있다.

특히, 홍채 인식은 기타 인체부위를 이용한 식별방법에 비해 변별도가 월등히 높고 위조가 어려우므로 점차 생체 인식 기술에서 중요한 위치로 자리 잡고 가고 있다. 현재까지는 홍채인식 시스템이 많이 연구되지 않았고 응용분야도 매우 제한적이지만, 향후 몇 년 내에 그 시장의 확대는 엄청날 것으로 기대된다.

앞으로의 홍채 인식 기술은 사용자 편의성을 제고시킨 홍채 획득 장치 개발, 다양한 환경 변화에 무관한 홍채 특징 코드 추출 방법 연구, 보다 작은 크기의 홍채 특징 코드 추출 방법과 이를 효과적으로 저장할 수 있는 부호화기법에 대한 연구, 대용량 데이터베이스에서 실시간 비교 방법에 관한 연구 등이 필요하다.

홍채 인식 기술의 발전과 더불어 여러 종류의 생체 인식 기술이 급격히 발전하고 있으며, 신뢰성 향상의 측면에서 앞으로 다양한 생체 인식 기술이 융합된 다중 생체 인식 시스템에 대한 연구 개발이 활발해 질 것으로 예상된다.

참고 문헌

[1] Gray Roethenbaugh, "The Biometrics Industry", ICISA, Inc., 1999.  
 [2] M. Negin, et al., "An Iris Biometrics System for Public and Personal use", IEEE Computer, pp. 70-75, Feb. 2000.  
 [3] Steward Hefferman, "The Role of Biometrics within Document Security", PISEC 99 on Behalf of the UK's Association for Biometrics, 1999.  
 [4] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics", Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-41, 1999.  
 [5] 조성원, 성혁인, "Gabor 변환과 신경회로망을 이용한 홍채인식", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회, Vol. 7, No. 2, pp. 397-401, 1997.  
 [6] W. W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, pp. 1185-1188, April 1998.  
 [7] J. G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1161, 1993.  
 [8] J. G. Daugman and Cathryn Downing, "Recognizing Iris Texture by Phase Demodulation", The Institution of Electrical Engineers, 1994.

[9] J. G. Daugman, "Biometrics personal identification system based on iris analysis", U.S Patent 5291560, 1994.  
 [10] J. G. Daugman, "High confidence Recognition fo Persons by Rapid Analysis of Iris Texture", IEEE Conference Publication, No. 408, pp. 244-251, May 1995.  
 [11] John Daugman, "High Confidence Recognition of Persons by Iris Patterns", IEEE 35th International Camahan Conference on Security Technology, pp. 254-263, 2001.  
 [12] R. P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", IEEE Proceedings, Vol. 85, No. 9, pp. 1348-1363, September 1997.  
 [13] R. P. Wildes, J. C. Asmuth, and G. L. Green, "A system for automated iris recognition", in Proc. IEEE Workshop on Application of Computer Vision, Sarasota, pp. 121-128, 1994.  
 [14] J. R. Parker, "Algorithms for Image Processing and Computer Vision", Wiley Computer Publishing, 1997.  
 [15] P. V. C Hough, Method and Means for Recognizing Complex Pattern, U.S Patent No.3069654, 1962.  
 [16] V. F. Leavers, "Survey: Which Hough Transform?", CVGIP Image Under. 58, pp. 250-264, 1993.  
 [17] J. Illingworth and J.Kittler, "Survey: A Survey of the Hough Transform", CVGIP 44, pp. 87-116, 1988.  
 [18] W. C. Y Lam, S. Y. Yuen, "Efficient technique for circle detection using hypothesis filtering and Hough transform", IEE Proc-Vis. Image Signal Process, Vol. 143, No. 5, October 1996.  
 [19] V. F. Leavers, "The Dynamic Generalized Hough Transform: Its Relationship to the Probabilistic Hough Transforms and an Application to the Concurrent Detection of Circles and Ellipses", CVGIP Image Underst., Vol. 56, No. 3, November, pp. 381-398, 1992.  
 [20] Raymond K. K. Yip, Peter K. S. Tam and Dennis N. K. Leung, "Modification of Hough Transform for Circles and Ellipses Detection Using A 2-Dimensional Array", Pattern Recognition, Vol. 25, No. 9, pp. 1007-1022, 1992.  
 [21] Rafael C, Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993.  
 [22] M. Kass, A Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models", Proc. Int'l Conf. Computer Vision, ICCV87, London, 1987.  
 [23] D. Williams and M. Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", CVGIP: Image Understanding. Vol. 55, No. 1, pp. 14-26. 1992.  
 [24] David M. Mount and Nathan S. Netanyahu, "Efficient Randomized Algorithm for Robust Estimation of Circular Arcs and Aligned Ellipses", Computational Geometry, Vol. 19, pp. 1-13, Jun 2001.  
 [25] 조문수, "Haar 웨이블릿 변환과 참조벡터를 이용한 홍채검증", 공학 석사학위 논문, 홍익대학교, 2000.  
 [26] Jaideva C. Goswami and Andrew K. Chan, "Fundamentals of Wavelets", Wiley Interscience Publication, 1999.  
 [27] D. de Martin-Roche, C. Sanchez-Avila, and R. Sanchez-Reillo, "Iris Recognition for Biometric Identification using Dyadic Wavelet Transform Zero-Crossing," Security Technology, 2001 IEEE 35th International Camahan Conference, pp. 272-277, 2001.