

## 홍채 인식 기술

박 강 령\*

### 1. 서론

정보화 산업 사회에서 개개인의 정확한 신원 파악은 정보보호와 유출방지 및 재산권 보호를 위하여 점차 매우 중요하게 인식되고 있다. 신원 파악을 위해 현재까지 가장 흔히 사용되고 있는 것은 주민등록증, 여권, 운전면허증, ID Card 등과 같이 개인이 소지하여(CARRY) 다니며 신분을 증명하는 형태이다. 이러한 신분증에 저장되어 있는 개인의 정보는 사진과 주민등록번호와 같이 사람이 식별할 수 있는 단순 정보로서 신원을 파악하는 단계로부터 개인의 비밀 정보를 Magnetic Stripe card, RF Card, Smart Card, Hybrid Card 등에 저장하여 기계가 판독하여 구별하는 단계로 발전되고 있다. 개인 정보가 외부에 노출되지 않게 함으로써 모조하기 어려운 형태로 변화되고 있는 것이다. 그러나 이러한 Card 들 역시 개인이 항상 소지하고 다녀야 하기 때문에 분실의 위험이 존재하며, 이를 보완하기 위해 사용자가 기억하여(KNOW) 사용하는 암호를 병행 사용하게 되었다. 현금카드는 4자리의 숫자인 PIN(Personal Identification Number)을, Computer 보안의 경우 8자 이내의 문자, 숫자, 특수기호의 조합으로 된 패스워드를 사용하고

있다. 그러나 최근의 급격한 정보화 물결로 인해 각 개인이 기억해야 할 암호의 개수가 증가하게 되고 또한 암호가 타인에 유출되는 사례가 늘어나게 됨에 따라 개개인 신체 일부의 특징으로 (ARE) 신원을 파악하는 생체인식 기술이 각광을 받게 되었다.

생체인식 기술의 대표적인 것으로 얼굴인식, 지문인식, 홍채인식, 정맥인식 및 음성(화자)인식 등이 있으며 이중, 홍채인식(Iris Recognition)은 사람의 눈에서 중앙의 검은 동공과 흰자위 사이에 존재하는 도넛 모양의 홍채(Iris)를 이용하여 사용자를 인증하는 기술이다. 홍채패턴이 사람마다 고유하다라는 사실은 미국의 두 안과 의사인 레오나르도 플롬(Leonard Flom)과 알란 사피르(Aran Safir)에 의해 1980년대 중반 경에 발견 되었고 1987년에 그 기술에 관한 원천 특허가 등록되었다. 홍채패턴의 고유성이 밝혀진 이후 1993년에 영국 Cambridge대학의 John G. Daugman[1] 교수가 홍채패턴을 256 바이트로 코드화 할 수 있는 Gabor Wavelet Transform 을 기반으로 한 영상 신호처리 알고리즘을 제안하였고 현재 상용화된 제품들은 모두 이 알고리즘에 기반을 두고 있다. 이후 이들 세 사람이 주축이 되어 미국 New Jersey주에 Iridian사[2]를 설립하고 최초의 상용 홍채인식 시스템을 1995년에 개발하였다.

\* 상명대학교 소프트웨어대학 미디어학부

## 2. 생체 인식 시스템의 구성 및 조건

현재까지 개발된 생체인식 시스템은 신체 일부의 데이터를 획득하는 방법에 따라 분류된다. 현재까지 가장 많이 사용되는 방법은 신체 일부의 영상(image)를 획득하여 특징을 추출 비교하는 것으로 지문인식, 얼굴인식, 망막인식, 홍채인식, 정맥인식, 장문인식 등이 이에 속하며, 음성(화자)인식은 사람의 음성을 이용하는 방법을 사용한다. 생체인식 시스템은 이미지 또는 음성을 획득하는 입력부와 입력된 데이터에서 특징(feature)들을 추출하고 이를 데이터베이스에 저장되어 있는 특징들과 비교하여 신원을 확인하는 처리부로 구성되어 있다(그림 1). 생체인식에서는 입력된 특징 데이터가 등록 시 획득된 데이터와 정확하게 일치하는 경우는 없으므로 기 설정한 기준값 보다 많은 부분이 일치하면 확인된 것으로 간주한다. 따라서 항상 확실적인 오인식율이 존재하게 된다. 이 생체인식의 오인식율은 이용하는 신체 일부의 다양성, 입력기의 성능 그리고 특징 추출 알고리즘에 의해 복합적으로 결정된다.

생체인식의 오인식율을 최소화하기 위해서는 우선 특징 패턴이 다양한 신체의 일부가 선정되어야 한다. 현재까지 알려진 것 중 가장 다양한 패턴을 갖는 것은 DNA로 패턴의 자유도가 약 4000개라고 알려져 있다. 즉, 서로 다른 두 사람의 DNA

가 서로 일치할 확률이  $1/2^{4000}$ 로 현실적으로는 0%이라고 말할 수 있다. 그러나 혈액 및 머리카락으로부터 DNA를 채취하는 과정에서 순수한 DNA를 추출하는데 어려움이 있어 실제로는 오인식율이 0.01%에 이르는 것으로 조사되고 있다. 지문, 음성, 얼굴의 경우 자유도가 각각 65, 55, 50개 정도라고 알려져 있으나 입력기 부분에 의한 에러와 특징 추출 알고리즘에 의한 제한으로 오인식율은 상당히 증가하게 된다. 홍채의 경우는 Iridian사가 상용화한 입력기와 Daugman 교수가 개발한 알고리즘으로 얻은 인식 결과를 통계적으로 분석한 결과, 오인식율은  $1/1,200,000$ 로써 현재까지 알려진 어느 생체 인식 기술보다 높은 정확도를 보여주고 있다.

신체의 일부분이 생체인식으로 사용될 수 있는 또 다른 조건은 그 패턴이 시간 또는 사용 조건에 따라 변하지 않아야 한다는 것이다. 시간 또는 조건에 따라 변화하는 신체의 일부 특징, 예를 들면 헤어스타일 같은 것으로는 개인을 신뢰성 있게 식별할 수 없다. 또한 생체인식의 목적이 정확한 개인 신원 확인에 있으므로 타인이 모조하기가 쉬운 경우에는 사용할 수 없다. 그러나 위에서 기술한 조건이 모두 만족된다 하여도 실제로 일반 사용자가 사용하기 편리하지 않다면 특수한 영역에만 국한되어 사용될 수밖에 없다. 망막에 있는 실핏줄 패턴을 비교하는 망막인식은 인식의 정확



그림 1. 생체인식 시스템 구성

도에도 불구하고 사용상의 불편함과 거부감으로 현재까지 널리 사용되지 못하고 있다.

### 3. 생체 인식의 오인식율

앞에서 언급한 바와 같이 생체인식에서의 신원 확인은 현재 획득한 생체 데이터에서 추출된 특징과 기존 데이터베이스에 등록된 특징과의 일치 정도에 따라 확률적으로 결정되기 때문에 어느 정도 잘못 인식되는 경우(오인식)가 발생하게 된다. 이러한 오인식율은 동일인을 타인으로 잘못 판단할 확률, FRR(False Reject Rate)과 타인을 동일인으로 잘못 인식하는 확률, FAR(False Accept Rate)로 구분되어 지고, (그림 2)와 같이 일반적으로 이 두 가지 확률이 같아지도록 기준치를 설정하였을 때의 오인식율을 EER(Equal Error Rate)라고 하여 이 값을 여러 생체인식 시스템의 상대적인 신뢰도로서 사용하게 된다. 그러나 최근에야 주목을 받고 있는 대부분의 생체인식 시스템이 아직 상용화 초기 단계에 있고 신체 일부의 특징이 인종, 환경, 나이, 직업 등에 따라 현저히 다르기 때문에 현재까지는 각 생체인식 시스템의 정확한 오인식율은 잘 알려져 있지 않다. 그러나 가장 상용화에 활발한 지문인식을 중심으로 인증 기관을 설립할 움직임을 보이고 있어 곧 여러 생

체인식 시스템의 보다 정확한 신뢰도를 구할 수 있게 될 것으로 전망된다. 신원 확인의 방법으로는 2개의 생체 데이터를 1대1로 비교하여 동일인의 것인가를 판단하는 검증(Verification)과 데이터베이스에 저장된 여러 개의 생체 데이터 중 확인하려고 하는 생체 데이터와 일치하는 것을 찾는 인식(Identification)이 있다. 위에 기술한 EER은 검증 시의 오인식율이며 인식 시에는 데이터베이스에 저장되어있는 생체 데이터 수에 따라 오인식율이 증가하게 된다.

### 4. 홍채의 특징

홍채는 해부학적으로 보면 (그림 3)과 같이 각막 뒤에 있는 수양액과 수정체 사이에 위치하고 빛살 무늬의 인대 등 복잡한 형태의 조직으로 구성되어 있다. 홍채를 형성하고 있는 조직은 생후 1~2년간 빛살 무늬 형태로 변화하게 되고 그 이후에는 패턴이 변하지 않는 것으로 알려져 있다. 이 기간 동안 홍채조직은 Random Process를 통해 변화하기 때문에 홍채패턴의 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 홍채

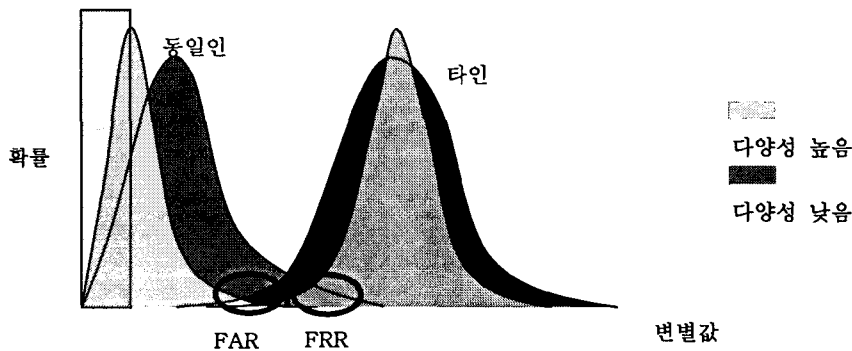


그림 2. 변별값의 확률 분포

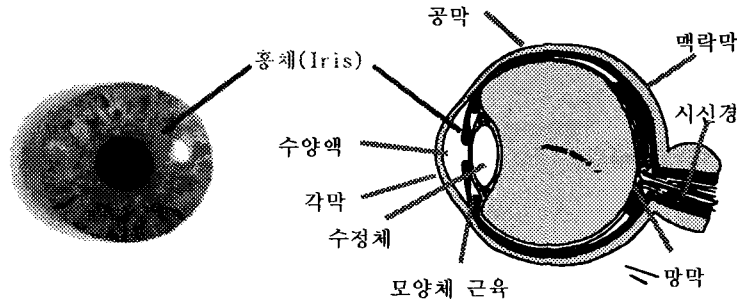


그림 3. 안구의 구조

는 유일하게 외부에서 볼 수 있는 인체의 내부 기관이기 때문에 모조 하기는 거의 불가능하다는 장점을 갖고 있다. 실용적인 측면에서 보면 지문 인식이나 정맥인식과 같이 접촉하여 이미지를 취득하는 형태와는 달리, 비접촉식으로 이미지를 획득할 수 있으므로 여러 사람이 사용하는 공공 출입 통제 시스템에도 적합한 생체인식 기술이라 할 수 있다.

### 5. 홍채 인식 알고리즘

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

#### 5.1 홍채 영역의 검출

홍채 인식을 위해서는 입력 영상에서 안쪽 경계(검은 동공과 홍채의 경계)와 바깥쪽 경계(홍채와 흰자위의 경계)를 빠르고 정확하고 검출하는 것이 무엇보다도 중요하다. 일반적으로 홍채는 원의 형태를 많이 나타내고 있으므로 경계 영역 검출은 식 (1)과 같은 원형 경계 검출기(Circular Edge Detector)를 통해 이루어진다[1].

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

즉, 중심  $(x_0, y_0)$ 와 반지름  $r$ 을 변화시켜가면서 각 중심과 반지름에 의해 만들어지는 원의 둘레를 따라 픽셀들의 그레이 레벨 값을 더한 뒤, 반지름  $r$ 의 변화에 따라 그 차이가 최대값을 갖는 위치를 홍채의 경계 위치로 추출한다. 추출된 홍채 영역은 식 (2)와 같이 2차원 극 좌표계(polar coordinate)로 변환된다. 이처럼 극 좌표에서 홍채 영상 처리를 수행하는 이유는 카메라와 사용자의 거리에 의해 변하는 홍채 영상 자체의 크기나 주위 조도에 의해 변하게 되는 동공의 크기에 관계 없이 항상 같은 영역에서 홍채 특징을 추출하기 위해서 이다[1]

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

#### 5.2 홍채 특징 코드의 추출

영상으로부터 홍채와 같은 복잡한 텍스처(texture)에 대한 정보를 효과적으로 찾아내는 방법으로 기존에는 Gabor 필터가 널리 쓰이고 있다 [3]. Gabor 필터는 방향 선택성과 주파수 선택성을 가진 필터로써 특정 주파수 성분과 방향성을 가지는 영상 구조가 어디에 있는지의 지역적인 정보를 효과적으로 표현할 수 있다. 이차원 Gabor 필터는  $(x, y)$  좌표계에서 다음 식(3)과 같은 형태를 가진다.

$$G(x, y) = e^{-\pi \left[ \frac{(x-x_0)^2}{\alpha^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\beta^2} \right]} e^{-2\pi i [u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0)]} \quad (3)$$

여기서  $(x_0, y_0)$ 는 영상에서의 위치를 나타내고,  $(\alpha, \beta)$ 는 가우시안 경계(Gaussian Envelope)의 effective width를 나타낸다. 또한  $(u_0, v_0)$ 는 변조 주파수를 나타내게 된다.

다음 (그림 4)는 공간 영역(spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 Gabor 필터의 실수부를 나타낸 것이다. Gabor 필터를 홍채 인식에 사용하기 위해서는 필터 역시 전술한 바와 같이 극 좌표계로 변환되어야 한다. 다음 식 (4)와 같이 극 좌표계로 변환된 Gabor 필터가 홍채 인식에 사용된다[1].

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta - \theta_0)} e^{-\frac{(r-r_0)^2}{\alpha^2}} e^{-\frac{(\theta-\theta_0)^2}{\beta^2}} \quad (4)$$

실수 부는 일반적으로 직류 성분이 없도록 평균 0이 되도록 설계한다. 이는 생성되는 홍채 코드가 조명에 따라 달라지는 것을 방지하기 위한 것이다. 허수부는 odd-symmetric하기 때문에 zero-volume을 갖게 된다. 홍채 코드의 각 비트는 다음 식 (5)와 같이 필터링된 신호의 실수부와 허수부 각각의 부호에 따라 (그림 5)와 같이 복소 평면의 한 점으로 결정된다. 따라서  $(r, \theta)$ 의 홍채 영역 내에서  $(r_0, \theta_0; \alpha, \beta, \omega)$ 의 특정 크기와 위치 계수들을 가지는 하나의 이차원 Gabor 필터는 위의 식(5)에 의해 홍채의 지역적 텍스처 신호들의 위

$$\begin{aligned} h_{Re} &= 1 \text{ if } \text{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-r)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\ h_{Re} &= 0 \text{ if } \text{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-r)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0 \\ h_{Im} &= 1 \text{ if } \text{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-r)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\ h_{Im} &= 0 \text{ if } \text{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-r)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0 \end{aligned} \quad (5)$$

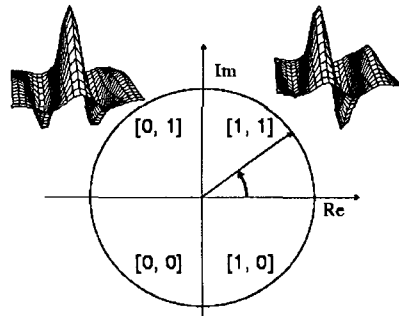


그림 5. 홍채 코드의 복소 좌표로의 맵핑

상을 양자화 시키는 역할을 하게 된다[4].

### 5.3 홍채 코드의 비교 및 판단

위의 과정에 의해 생성된 홍채 코드는 0과 1로 이루어진 일정 길이의 시퀀스(sequence)이다. 하나의 홍채 영상에 대해 이러한 시퀀스들이 하나씩 생기게 되고, 이 시퀀스들의 비교를 통해 사용자의 진위 여부를 결정하게 된다. 이때 쓰이는 비교 방법으로 해밍 거리(Hamming Distance)를 사용

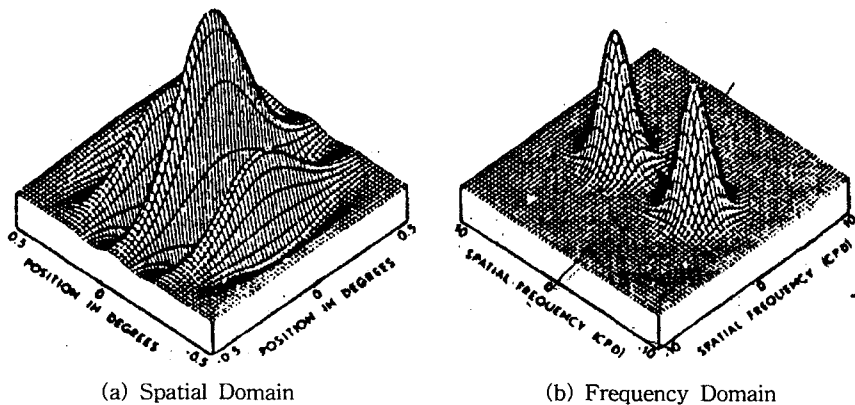


그림 4. 이차원 Gabor 필터의 실수부

한다[1]. 홍채 코드 A, B가 있을 때 A와 B의 각 비트를 비교함으로써 얻어지는 정규화된 HD (Hamming Distance)는 식(6)으로 정의된다.

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i (XOR) B_i \quad (6)$$

여기서 HD가 임계치(threshold)보다 작으면 같은 사람으로 인식하고, 임계치보다 크면 다른 사람으로 인식하게 된다. 이때 실험결과 실제로 관측된 HD의 분포도는 아래 (그림 6)에 나타나 있으며, 여기에 해당하는 HD의 분포도는 이항분포(Binomial Distribution)에서 N=173에 해당 된다. 즉, 역으로 환산하면 2048개의 bit(=256 byte)로 이루어진 홍채 코드의 실제 자유도는 173개라고 볼 수 있다[1]. 결론적으로 2048개의 bit로 이루어진 홍채코드에서 서로 독립적인 2진 자유도 수는 2-D가버 필터와 홍채 자신의 상관도를 고려하면 2048개에서 173개로 줄어든다고 볼 수 있고 서로 다른 홍채들 사이에 우연히 같은 확률은 이론적으로  $1/2^{173}$ , 즉  $1/10^{52}$ 라고 볼 수 있게 된다[1].

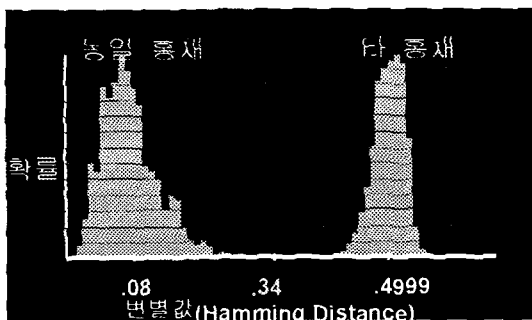


그림 6. 홍채 인식에서의 변별값 분포

## 6. 기존의 홍채 인식 시스템

기존에 홍채 인식 시스템을 개발하고 있는 주요 기업체로는 Iridian사[2], Sensor사[5](2000년 Iridian사와 합병), LG전자[7], Panasonic[8]등이 있으며, 각 제품의 특징은 다음과 같다[6].

### 6.1 Iridian사의 System 2100

Iridian사에서 개발한 System 2100은 접속 제어를 위한 보안 시스템으로 홍채 영상은 25~30cm 정도의 거리에서 촬영된 후 처리된다. 이때 홍채 인식 시스템용 조명장치로는 할로겐 램프를 이용하였다. 할로겐 램프는 가시광선 및 여러 파장대의 적외선을 포함하고 있어 홍채 인식 시에 사용자의 눈에 각 파장대의 특성이 나타날 수 있도록 할 수 있다. 따라서 홍채와 동공사이 및 홍채와 흰자위사이를 명확히 구분할 수 있어 홍채 부분만의 패턴 추출이 용이하다는 장점을 가지고 있는 반면 사용자가 오랫동안 카메라를 주시할 경우 가시광으로 인해 사용자가 거부감을 느낄 수 있으며 열이 많이 발생한다는 문제점이 있다. 또한 Iridian사의 System 2100은 고정 초점(단초점) 카메라를 사용하고 있어, 사용자가 카메라 앞 일정 거리에서 직접 초점을 맞추어야 하는 불편이 있는 것으로 조사되고 있다.

### 6.2 Iridian사의 PC Iris

Iridian사에서 개발한 PC Iris는 개인용 보안 시스템으로, PC로부터 접속하는 모든 전자 시스템의 단말기의 보안으로 사용된다. (그림 7)과 같이 PC Iris를 설치한 후 사용자는 10cm 정도의 거리를 두고 오목 거울에 반사된 자신의 안구영상을 보면서 버튼을 눌러서 홍채 영상을 취득하는 방식을 사용한다.

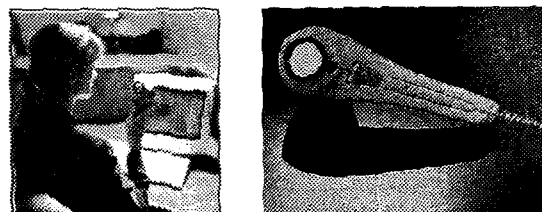


그림 7. PC Iris

그러나 실제로 거울에 반사된 영상만을 이용해서 카메라 초점이 잘 맞았는지 판별하기 어려운 경우가 많았으며, 또한 사용자가 직접 초점을 맞추어야 하는 방식이기 때문에 사용상에 많은 불편을 제공한 것으로 조사되고 있다.

### 6.3 Sensar사의 홍채 인식 시스템

지금은 Iridian사에 합병된 Sensar사의 홍채 인식 시스템으로서 주된 응용 분야는 자동 입출금기(ATM)에서의 사용자 인증이다. (그림 8)과 같이 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 밝게 하기 위하여 많은 IR LED등을 필요로 하기 때문에 가격이 너무 비싸 실용화되지 못한 것으로 조사되고 있다.

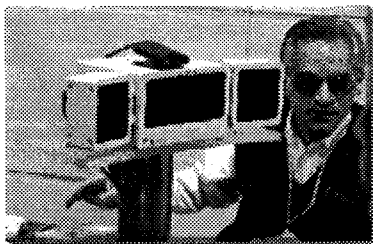


그림 8. Sensar 사의 홍채 인식기

### 6.4 LG전자의 IrisAccess 2200

(그림 9)와 같이 LG전자에서 개발한 Iris Access 2200은 출입 통제용으로 사용되었으며, 앞에서 소개한 제품들의 단점들을 보완한 가장

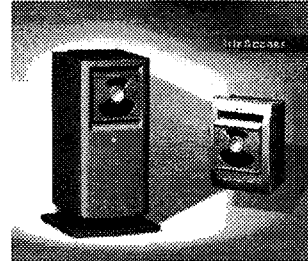


그림 9. LG전자의 IrisAccess 2200

진보적인 시스템이다. IrisAccess 2200은 카메라 앞에 사용자가 존재하는지를 자동으로 감지하고, 카메라 앞 8~25cm 사이에 위치한 사용자의 눈 영상에 대해 자동으로 초점을 맞출 수 있는 기능을 제공한다. 동시에 사용자가 카메라 앞에 눈을 잘못 위치 시켰을 때 사용자로 하여금 눈의 위치를 조절할 수 있도록 음성 메시지를 내보내는 기능 등을 제공하여 사용자로 하여금 보다 쉽고 편리하게 사용할 수 있도록 하는 것이 특징이다. Iridian사의 System 2100보다 입력기의 크기가 많이 줄어들었으며, 총 2초 정도의 시간 내에 홍채 인식을 수행할 수 있다.

### 6.5 LG전자의 IrisAccess 3000

(그림 10)와 같이 LG전자에서 개발한 Iris-Access 3000은 출입 통제용으로 이전에 개발된 2200의 문제점을 개선한 신제품이다. 역시 카메라 앞 8~25cm 사이에 위치한 사용자의 눈 영상에 대해 자동으로 초점을 맞출 수 있는 기능을 제공하며, 총 1초 정도의 시간 내에 홍채 인식을 수행한다. 제어기 한대 당 최대 카메라를 4대까지 부착할 수 있어서, 2200에 비해 전체 시스템의 가격을 많이 절감시켰다. 현재 미국을 중심으로 전 세계에 판매되고 있으며, 미 국회 의사당, FBI건물, 국방성, 공항, 국경 통제(border control) 등 많은 곳에서 Pilot Test중이다[7].

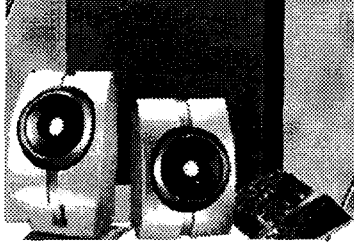


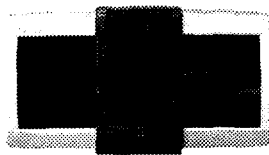
그림 10. LG전자의 IrisAccess 3000

### 6.6 Panasonic사의 BM-ET100/300/500

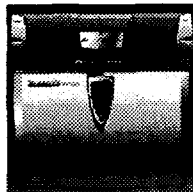
그림 11의 (a)와 같이 Panasonic에서 개발한 홍채 인식기 BM-ET100은 PC나 노트북 등에서 사용하는 개인 인증용 홍채 인식기이다. USB Interface를 통해 컴퓨터에 연결되며 카메라 가격은 대당 200\$정도이다. 그림 11(b)(c)에서 소개되는 BM-ET300/500은 LG전자의 IrisAccess3000에 대항하기 위해 개발된 Door Control용 홍채 인식기이다. 이중, BM-ET500은 사용자의 얼굴 및 눈 위치를 찾고 이를 바탕으로 홍채 카메라를 자동 Pan/Tilt하는 기능을 포함하고 있다. 사용 편의성이 좋으나 인식 시간이 오래 걸리고 가격이 비싸다는 단점이 있다. BM-ET300은 최근에 출시된 제품으로 수동 Tilting기능을 포함하고 있다[8].



(a) BM-ET100



(b) BM-ET500



(c) BM-ET300

그림 11. Panasonic의 BM-ET100/300/500 Series

## 7. 결론

인터넷 사용의 급격한 증가 및 정보화로 인해 각 기업 및 개인의 정보가 단일 네트워크 망 내에 통합되고, 초고속 인터넷을 통하여 기업과 가정 사이의 정보 교류가 활발해지면서 보안의 중요성이 크게 부각되고 있다. 이의 일환으로 생체 인식 기술을 보안 시스템에 적용하려는 움직임이 최근 활발히 진행되고 있다. 홍채 인식은 홍채의 고유한 패턴을 분석하여 개인을 식별하는 작업이며 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 그리고 human-machine 인터페이스 기술이 적절히 결합된 기술이라고 할 수 있다. 이러한 홍채 인식은 기타 인체 부위(지문, 얼굴, 음성 등)를 이용한 식별법 보다 변별도가 월등히 높고 위조가 어려우므로 점차 인체 식별법의 표준으로 자리 잡아가고 있다. 현재 전세계 많은 기업 및 학계에서 홍채 인식 시스템을 개발하고 있으며, 다양한 환경과 용도에 적용할 수 있는 응용 형태도 개발되고 있는 상태이다. 이러한 높은 정확도에도 불구하고 홍채 인식 시스템은 사용자의 홍채를 취득하기 위한 카메라 장비 등이 필요하므로 현재까지는 지문 인식 시스템에 비해 가격이 높다는 단점이 있으며, 동시에 사용자의 편리성을 높이기 위해 홍채 영상 취득 및 처리 시간을 단축하는 것도 향후 해결해야 하는 과제로 남아있다. 이러한 문제점들을 해결한다면 향후 미래형 생체 인식 보안 시스템으로 가장 각광 받을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

[1] John G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. PAMI, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1161, Nov., 1993.



[ 2 ] <http://www.iridiantech.com>

[ 3 ] John G. Daugman, "Wavelet demodulation codes, statistical independence and pattern recognition", Institute of Mathematics and its Applications, Proc. 2<sup>nd</sup> IMA-IP, London: Albion, pp.1-17.

[ 4 ] 송명섭, "홍채 인식을 위한 1차원 홍채 서명의 분석", 연세대학교 전기 컴퓨터 공학과 석사 학위 논문, 2000년 8월.

[ 5 ] <http://www.sensar.com>, Sensar Corp, USA.

[ 6 ] 장재영, 김희율, "홍채 인식 기술의 동향", 대한전자학회지 제 26권 11호, 1999년 11월, pp.17-23.

[ 7 ] <http://www.lgiris.com>

[ 8 ] [http://www.panasonic.com/medical\\_, industrial/Biometrics/index.asp](http://www.panasonic.com/medical_, industrial/Biometrics/index.asp)



박 강 령

- 1994년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
- 1996년 2월 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 석사
- 2000년 2월 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사
- 2000년 3월~2003년 2월 LG전자 기술원 디지털 비전 그룹 홍채 인식팀
- 2003년 3월~현재 상명대학교 소프트웨어대학 미디어 학부 전임강사
- 관심분야 : Biometric 영상 처리, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 vision