

論文2002-39SP-1-8

## 일차원 홍채 신호를 이용한 개인 식별

## (Personal Identification Using One Dimension Iris Signals)

朴永奎\*, 盧承仁\*\*, 尹熏柱\*\*\*, 金在熹\*\*

(Yeung-gyu Park, Seung-in No, Hoon-ju Yun, and Jaihie Kim)

## 요약

본 논문에서는 홍채 영역 가운데 개인의 특징을 가장 잘 나타내는 부분을 선택하여 특징을 추출함으로써 최소한의 홍채 영역을 사용하는 빠른 개인 식별 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 먼저 흑백 CCD 카메라를 통하여 눈 영상을 획득하고, 최소 탐색 영역을 갖는 개선된 원형 에지 검출기(circular edge detector)에 의해 결정된 동공 및 홍채의 중심과 반지름을 이용하여 홍채 영역을 추출하였다. 그 다음으로 동공 중심과 홍채 중심 축 사이에서 원의 중심과 반지름을 변화시켜가면서 홍채 영역을 여러 개의 원으로 나누고, 원주 상에 나타나는 일차원 홍채 신호들 가운데 개인의 특징을 가장 잘 반영하는 부분을 선택한 후 그 영역에 일차원 Gabor 필터를 적용하여 홍채 특징을 추출하였다. 개인 식별은 등록 과정을 통해 미리 저장되어 있는 홍채 신호와 개인 식별을 위하여 입력된 홍채 신호 사이의 상관도(correlation) 값을 기준으로 이루어졌다. 판단을 위한 상관도에 대한 임계치 설정은 실험을 통하여 얻은 확률 분포를 이용하여 Type I 에러율과 Type II 에러율의 평균이 최소가 되는 점으로 결정하였다. 그 결과로 제안 시스템의 성능은 평균 에러율이 약 5.2%로 나타났다.

## Abstract

In this paper, we proposed a personal identification algorithm using the iris region which has discriminant features. First, we acquired the eye image with the black and white CCD camera and extracted the iris region by using a circular edge detector which minimizes the search space for real center and radius of the iris. And then, we localized the iris region into several circles and extracted the features by filtering signals on the perimeters of circles with one dimensional Gabor filter. We identified a person by comparing correlation values of input signals with the registered signals. We also decided threshold value minimizing average error rate for FRR(Type I) error rate and FAR(Type II) error rate. Experimental results show that proposed algorithm has average error rate less than 5.2%.

## I. 서론

\* 正會員, 國防部 情報化企劃室

(Information Office, Ministry of National Defence)

\*\* 正會員, 延世大學校 電氣電子工學科

(Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

\*\*\* 正會員, LG 이노텍

(LG Innotek)

接受日: 2001年3月23日, 수정완료일: 2001年10月21日

생체 인식 기술은 개인의 독특한 특징을 반영하는 신체부위나 습관 등을 개인 식별을 위하여 이용하는 것으로 홍채를 이용하는 방법을 비롯하여 지문, 얼굴, 정맥 등을 이용하는 방법들이 있다. 생체 인식 기술은 현재까지 개인 식별이나 보안 수단으로 널리 사용되어 오고 있는 ID, 비밀번호, 스마트 카드, 열쇠 등을 대체할 차세대 개인 식별 및 보안을 위한 기술로 조만간

그 역할과 일상생활에 미치는 영향은 클 것으로 기대된다. 기존의 개인 식별 수단이 갖고 있는 문제는 열쇠와 같은 물리적인 수단의 경우 분실, 도용 등의 가능성이 크고, 비밀번호와 같이 물리적으로 존재하지 않는 수단의 경우 항상 기억해야 한다는 것이다. 이에 반하여 생체 인식 기술은 분실이나 도용의 가능성이 희박할 뿐 아니라 기억의 필요성도 없다. 따라서 생체 인식 기술을 이용한 개인 식별은 방대한 정보를 획득하기 쉽고 모방 기술이 발전된 정보화 사회에서 개인의 재산과 정보 보호를 위하여 반드시 필요한 기술이다. 이러한 사실은 최근 아파트 출입 통제, 컴퓨터 정보 보호, 네트워크를 통한 개인 식별 등과 같은 용도로 지문을 이용하는 생체인식 기술이 응용되면서 입증되고 있다.

본 논문에서 개인 인식을 위하여 사용하고자 하는 홍채의 특징은 양쪽 눈은 물론 일란성 쌍둥이의 경우에도 서로 다른 홍채 패턴을 갖고 있기 때문에 탁월한 식별력을 갖고 있다. 이외에도 홍채는 신체적 접촉이 없이 자연스런 상태에서 개인 식별에 이용 가능할 뿐 아니라 장기간 그 특징의 변화도가 적기 때문에 다른 생체 인식 기술 보다 상대적으로 많은 장점을 갖고 있다.

Daugman은 가장 먼저 디지털 영상 처리 기술을 이용한 개인 식별에 홍채를 적용하였다<sup>[1~3]</sup>. Daugman이 제안한 방법은 입력 장치를 통하여 획득된 눈 영상으로부터 원형 에지 검출기를 이용하여 홍채 영역을 추출하였다. 그 다음으로 2차원 Gabor 필터를 이용하여 눈썹이나 눈꺼풀 등과 같은 장애 영역을 제외한 국부적인 홍채 영역으로부터 무늬(texture) 패턴의 특징을 추출하고, 추출된 특징을 등록 과정에서 2진수의 비트 열로 홍채 코드로 저장하였다. 그러나 이와 같이 넓은 홍채 영역을 특징 추출에 사용하는 Daugman 방법은 개인별 특징이 홍채 중심에 밀집되어 있기 때문에 홍채의 외곽부분과 같이 무늬의 패턴이 단순하여 개인의 특징을 제대로 반영하지 못하는 영역이나, 눈썹, 눈꺼풀 등 홍채 영역을 가리는 부분이 포함될 수 있어 오류의 원인이 될 수 있을 뿐 아니라 많은 계산량을 필요로 한다. 실제 Daugman은 계산량 때문에 알고리즘을 RISC 칩으로 구현하였다.

한편, Bole은 웨이브릿을 이용하여 홍채의 특징을 추출하고, 영점 교차점을 홍채 신호의 유사도로 판단하는 등 Daugman과 다른 접근 방법을 사용하였지만, 실용적으로 사용할 수 있는 결과는 얻지 못 하였다<sup>[4]</sup>.

생체 인식 기술을 이용하여 개인을 식별하는 알고리즘의 성능은 자신을 자신이 아니라고 주장하는 Type I 에러(False Reject rate)와 다른 사람을 자신이라고 주장하는 Type II 에러(False Acceptance rate)에 의하여 결정된다<sup>[1]</sup>. 이러한 에러 요인은 획득되는 샘플 영상의 품질과 같은 요소에 영향을 많이 받는다. 따라서 기존의 알고리즘들과 제안 알고리즘의 객관적인 비교 평가는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 제한적인 성능 비교를 하였다.

본 논문 구성은 II장 기존의 홍채 인식 시스템, III장 일차원 홍채 신호 추출, IV장 홍채 신호를 이용한 개인 식별, V장 실험 및 분석, VI장 결론 등으로 되어있다.

## II. 기존의 홍채 인식 시스템

일반적으로 홍채를 이용한 개인 식별은 눈 영상 획득, 홍채 영역 추출, 홍채 특징 추출, 홍채 코드 생성, 등록 및 식별(인식) 등의 과정을 통하여 이루어진다.

### 1. 눈 영상 획득

#### 1) Daugman 방법

Daugman은 그림 1과 같은 환경에서 눈 영상을 획득 하였다<sup>[2]</sup>. 이 경우에는 연속적인 비디오 영상을 사용자가 LCD 화면을 통하여 모니터하면서, 사용자는 LCD상에 나타난 영상을 보고 자신의 위치를 조정한다.

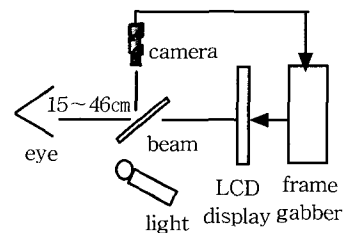


그림 1. 눈 영상 획득 장치

Fig. 1. Eye image capturing equipment.

이때 시스템은 사용자가 눈 영상 획득에 적당한 곳에 위치하게 되면 홍채와 공막(sclera) 사이 경계의 선명도에 따라 최적의 영상을 획득한다.

#### 2) Wildes 방법

Wildes는 총의 조준선 정렬 방법과 유사하게 카메라 전면부에 있는 십자선을 갖는 사각형의 윤곽(contour)과 그 안에 또 하나의 작은 사각형의 윤곽을 이용하는 것으로, 눈이 적당한 위치에 놓여지게 되면 두 개의 윤곽

이 일치하게 되고, 사용자는 이때 푸시 버튼을 이용하여 영상을 획득한다<sup>[2]</sup>.

## 2. 홍채 영역 추출

홍채 영역 추출 단계는 그림 2와 같이 획득된 눈 영상으로부터 홍채 영역을 추출하는 단계이다. Daugman은 홍채 영역을 추출하기 위하여 동공과 홍채의 모양이 원형과 유사하다는 특징을 이용하여 식 (1)과 같은 원형 에지 검출기를 제안하였다<sup>[3,5]</sup>.

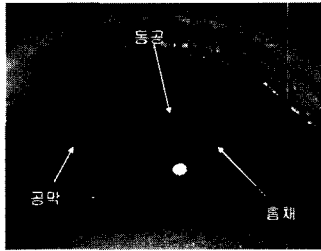


그림 2. 눈 영상  
Fig. 2. Eye image.

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

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

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.

## 3. 홍채 특징 추출

홍채 특징 추출은 홍채가 갖고 있는 신호 특성을 추출하는 단계이다. 홍채는 개인마다 다른 다양한 무늬를 갖고 있기 때문에 홍채에 포함되어 있는 신호 특성도 다르다. 현재까지 홍채 인식에 적용되고 있는 방법으로는 Daugman이 제안한 일차원 Gabor 필터를 이용하는 것이다. 일차원 Gabor 필터는 영상영역  $(x, y)$ 에서 식 (2)에 의하여 구해질 수 있다<sup>[3,8]</sup>.

$$G(x, y) = e^{-\pi \left( \frac{(x-x_0)^2}{\alpha^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\beta^2} \right)}$$

(72)

$$\cdot e^{-2\pi i [u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0)]} \quad (2)$$

여기서  $(x_0, y_0)$ ,  $(\alpha, \beta)$  및  $(u_0, v_0)$ 은 각각 픽셀의 위치, 유효 주파수 대역, 특정 주파수에서의 변조를 나타낸다.

## 4. 홍채 코드 생성 및 식별

홍채 코드 생성은 홍채 영상을 숫자 데이터로 변환하는 단계이다. 홍채 코드의 생성은 효율적인 저장과 비교를 위하여 필요하다. Daugman은 일차원 Gabor 필터링 결과 실수부(cos)와 허수부(sin)의 부호에 따라 2048 바이트 길이의 비트 열로 홍채 코드를 표현하였다<sup>[3]</sup>.

식별 단계는 저장되어 있는 홍채 특징과 입력된 영상으로부터 추출된 홍채 특징을 비교하여 자신인지의 여부를 판단하는 단계이다. Daugman은 이를 위하여 식 (3)과 같이 해밍 거리(Hamming distance)로 판단하였다.

$$HD = \frac{1}{2048} \sum_{j=1}^{2048} A_j \oplus B_j \quad (3)$$

여기서  $A_j$ 는 입력된 홍채로부터 추출된 데이터이고,  $B_j$ 는 저장되어 있는 데이터이다.

## III. 일차원 홍채 신호 추출

일차원 홍채 신호 추출은 개인 식별에 사용되어질 홍채 부분을 결정하는 단계이다. 제안 알고리즘에서는 개선된 원형 에지 검출기를 이용하여 최소 탐색 범위에서 동공과 홍채의 중심 및 반지름을 결정하여 일관성 있는 홍채 영역을 추출하도록 하였다.

### 1. 개선된 원형 에지 검출기

그림 2와 같은 눈 영상으로부터 홍채 영역을 추출하기 위하여 먼저 동공의 초기 중심과 반지름이 결정되어야 한다. 동공의 초기 중심과 반지름은 획득된 눈 영상을 그림 3과 같이 이진화하여 동공의 장축을 구함으로써 결정한다. 여기서 동공 장축의 중심이 초기 동공 중심으로 결정되고 중심에서 장축 끝까지 길이가 동공의 초기 반지름이 된다. 결정된 초기 동공 중심에서 출발하여 6×6 범위에서 중심점과 반지름을 변경시켜가면서 식 (1)과 같은 원형 검출기에 의해서 추출된 값의 변화가 최대가 되는 순간의 중심과 반지름을 구한다.

이때 얻어진 값이 실제 동공의 중심과 반지름이 된다<sup>[5]</sup>.

홍채 영역 추출은 눈 영상으로부터 홍채 부분만을 분리하는 것이다. 홍채의 안쪽 경계는 동공 검출 과정에서 결정된다. 따라서 여기서는 홍채 외부 경계에 해당하는 홍채와 공막 사이의 경계를 추출한다. 이를 위하여 홍채의 중심과 반지름을 결정해야 한다. 홍채의 초기 중심과 반지름은 동공의 중심과 반지름을 이용하여 결정한다. 홍채의 실제 중심은 동공의 실제 중심 부근에 있다는 사실과 홍채의 변화 범위가 2mm~8mm라는 사전지식을 이용하면 홍채의 외곽 경계를 찾기 위한 탐색 범위를 일정한 영역(6×6)으로 제한할 수 있다<sup>[6]</sup>. 홍채와 공막 사이의 경계는 홍채의 내부 경계와 달리 명확하지 못하다.

즉, 홍채의 경계는 두꺼운 띠 형태로 나타난다. 따라서 식 (2)과 같이 반지름  $r$ 에 대해  $\sigma$ 를 변화시켜가면서 가우시안 함수를 적용하면, 홍채 경계의 두께와 근사한  $\sigma$ 에서 식 (2)의 값의 변화가 최대가 되어 경계를

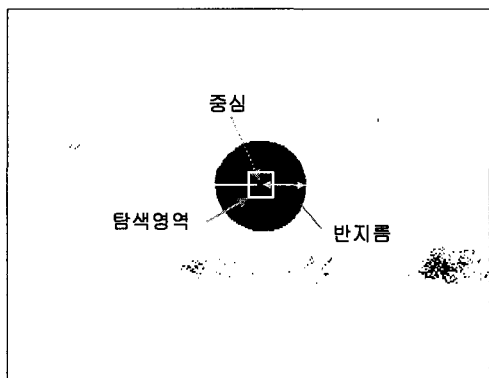


그림 3. 동공 중심 및 반지름  
Fig. 3. Pupil center and radius.

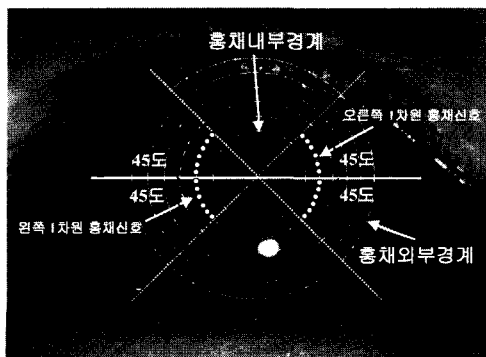


그림 4. 홍채 영역 및 홍채 신호 추출 영역  
Fig. 4. Locating iris region and extracting iris signals.

일관성 있게 찾을 수 있다. 실제로 찾아진 홍채 경계는 그림 4와 같다.

한편 보다 더 정확한 홍채 영역 추출을 위하여 경계 판단에 영향을 줄 수 있는 눈꺼풀 및 눈썹 영역, glint 영역 등은 제외시켰다. 실험 영상에 대한 통계적 분석 결과 동공의  $x$ 축 중심을 기준으로 상위 좌우 45°씩(90°), 하위 좌우 45°씩(90°)이 그 영역에 해당되기 때문에 에지 검출 대상에서 제외시켰다.

### 2. 일차원 홍채 신호 추출

홍채 영역 전체가 개인의 특성을 표현하고 있지만, 홍채 중심에 무늬 특징들이 밀집되어 있기 때문에 홍채의 모든 영역을 개인 식별에 사용하는 것은 비효율적이다. 따라서 제안 알고리즘에서는 그림 4와 같이 동공의 중심과 홍채의 중심을 이용하여 그려진 6개의 원 가운데 개인 식별 특성을 가장 잘 반영하는 부분을 선택해서 사용한다<sup>[9]</sup>. 개인의 특징을 가장 잘 반영하는 부분의 특징은 동일한 신호 (intra-class 또는 within class)와의 유사도는 크고, 타인 신호(inter-class 또는 between class)와의 유사도는 작게 나타난다. 이와 같은 특성을 갖는 일차원 홍채 신호의 위치를 판단하기 위하여 6개의 원주 상에 존재하는 각각의 일차원 홍채 신호를 추출하여 Type I 에러와 Type II 에러의 평균값을 비교 분석하였다. 그 결과 그림 5와 같이 홍채의 안쪽 경계(위치 0)와 바깥쪽 경계 사이(홍채의 두께)를 1로 정규화(normalization)하였을 때 0.2에 해당하는 위치의 신호에 대한 Type I 에러와 Type II 에러의 평균이 최소가 되었다. 따라서 제안 알고리즘에서는 개인 식별을 위하여 홍채 영역 가운데 0.2인 곳에 존재하는 일차원 신호를 이용하였다. 여기서도 홍채 경계 추출에 영향을 주었던 부분을 제외시켰다.

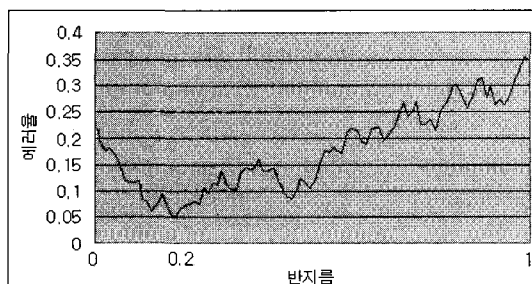


그림 5. 홍채 반지름 변화에 따른 평균 에러율 변화  
Fig. 5. Equal error rate according to the iris radius.

IV. 홍채 신호를 이용한 개인 식별

1. 일차원 Gabor Filter 설계

홍채 신호를 이용하여 개인을 식별하기 위해서는 개인의 특징을 잘 반영하는 홍채 영역으로부터 홍채 특징을 추출하여야 한다. 제안 알고리즘에서는 일차원 홍채 신호 추출 과정을 통하여 얻어진 개인의 특징을 잘 반영하는 위치에 존재하는 신호(0.2 위치)에 대하여 식 (4)과 같은 주파수 응답 특성을 갖는 일차원 Gabor 필터를 적용하여 홍채 특징을 추출한다. Gabor 필터는 대역 통과 필터의 일종으로 그림 6과 같이 주파수 응답이 가우시안 모양을 갖는다.

$$G(\phi) = \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} e^{-\omega(\theta_0 - \phi)^2 / \beta^2} \quad (4)$$

홍채 특징 추출을 위하여 Gabor 필터의 입력 신호에 해당하는 일차원 홍채 신호의 특성을 잘 나타내어 주는 주파수 대역을 먼저 선택하여야 한다.

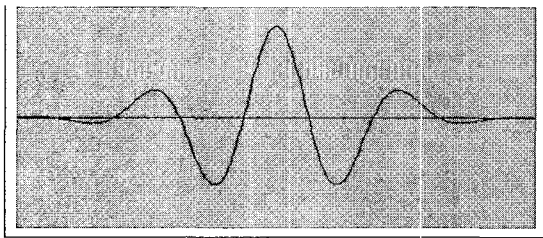


그림 6. Gabor 필터 특성  
Fig. 6. Gabor filter.

제안 알고리즘에서 최적의 주파수 대역 선택을 위하여 주파수 대역별로 Type I 에러와 Type II 에러에 대한 평균 에러율을 분석하였다. 분석에 사용되었던 중심 주파수는  $\pi/32, \pi/16, \pi/8, \pi/4$  등 4개이다.

분석 결과 각 주파수 대역별 개인에 대한 변별력은 표 1과 같이 필터의 중심 주파수가  $\pi/16$ 과  $\pi/8$ 인 대역에서 가장 좋은 변별력을 나타내었다. 따라서 제안 알고리즘에서는  $\pi/16$ 과  $\pi/8$ 의 주파수 대역을 통과 대역으로 사용하는 일차원 Gabor 필터를 설계하였다. 이와 같이 설계된 일차원 Gabor 필터를 이용하여 하나의 홍채 영상으로부터 그림 7과 같이 8(왼쪽4, 오른쪽4)개의 홍채 특징 신호를 얻어내어 개인 식별을 위하여 사용한다.

표 1. 주파수 대역별 에러율

Table 1. Error rate for each frequency band.

주파수 대역	$\pi/32$	$\pi/16$	$\pi/8$	$\pi/4$
변별력(%)	80.9	87.2	83.6	71.1
에러율(%)	19.1	12.8	16.4	28.9

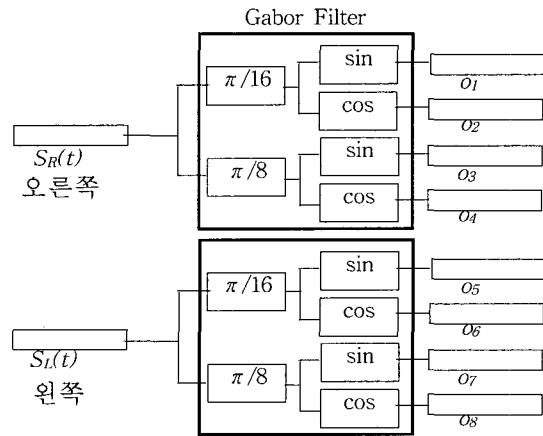


그림 7. 일차원 Gabor 필터  
Fig. 7. One dimension Gabor filter.

2. 개인 식별

제안 알고리즘에서 사용한 Gabor 필터의 주파수 응답은 각 주파수 대역별로 실수부(cos)와 허수부(sin)에 해당하는 신호로 나타나며, 사용되어지는 홍채 부분은 좌우에 각각 하나의 일차원 신호이기 때문에 하나의 홍채로부터 얻어지는 특징은 총 8개가 된다. 이러한 신호는 등록 과정을 통하여 홍채 데이터 베이스에 저장되어진다. 개인 식별은 저장되어진 홍채 특징 신호와 입력된 홍채로부터 추출된 홍채 특징 신호와의 유사도 비교를 통하여 이루어진다. 제안된 알고리즘에서는 상관도(correlation)를 이용하여 신호의 유사도를 판단하였다. 일반적으로 상관도는 식 (5)과 같이 나타낼 수 있다[7].

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)g(x-t)dx \quad (5)$$

홍채의 외부경계는 명확하게 구별되지 않고 서서히 변하는 특성을 갖고 있다. 따라서 홍채 영역을 추출하는 과정에서 동공 및 홍채의 경계추출은 정확하지 않다. 그 결과 홍채의 오른쪽 영역과 왼쪽 영역의 경계 추출의 정확성은 다르다. 또한, 사람마다 개인 특성을

반영하는 주파수 대역도 차이가 있다. 따라서 홍채의 특징으로 추출된 8개의 홍채 신호를 모두 사용할 경우 개인의 특성을 약화시키는 경향이 있다. 따라서 식 (6) 과 같이 Gabor 필터의 8개 주파수 응답 가운데 유사도가 큰 4개만 개인 식별을 위하여 사용하였다.

$$c_j = \max_i \left| \int_{-\infty}^{+\infty} R_j(x) O_j(x-i) dx \right| \quad j=1,2,\dots,8,$$

$$R = \text{Decision}(c_1, \dots, c_8) \quad (6)$$

여기서  $R_j(x)$ 는 등록 홍채 특징 신호이고,  $O_j(x)$ 는 입력 홍채 특징 신호이다.  $\text{Decision}(c_1, \dots, c_8)$ 에서  $c_1, \dots, c_8$ 은 각각의 유사도 값이고,  $\text{Decision}()$ 은 입력 값 중 최대값 4개의 평균을 구하는 함수이다. 이와 같은 과정을 통하여 얻어진 유사도 값의 크기에 따라 자신과 다른 사람을 구분하는 기준이 필요하다. 이를 위하여 Type I 에러와 Type II 에러의 평균이 최소가 되는 유사도 값을 나타내는 점을 decision boundary로 결정하였다. 그림 8은 decision boundary의 변화에 따른 Type I 에러율, Type II 에러율 및 평균 에러율의 변화를 보여주고 있는데, 0.58에서 최소값을 나타내었다.

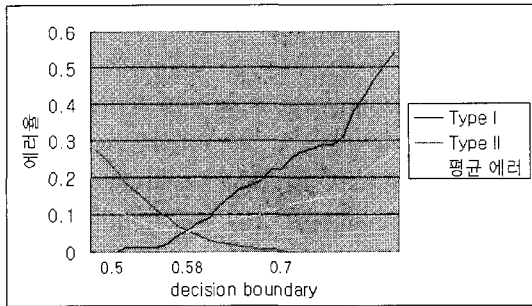


그림 8. Decision boundary 변화에 따른 에러율  
Fig. 8. Error rate according to Decision boundary.

따라서 제안 알고리즘에서 개인 식별은 유사도 값이 0.58 이상일 경우 자신으로 판단하고 0.58 미만일 경우에는 자신이 아니라고 판단한다.

### V. 실험 및 분석

#### 1. 실험 환경

제안 알고리즘의 성능 평가를 위하여 사용되어진 하드웨어 구성은 CPU는 펜티엄 200 dual processor이고, 조명은 적외선을 사용하였다. 실험에 사용되어진 영상

은 640×480 크기의 256 그레이 영상이다. 또 실험을 위한 샘플 영상은 자체 제작한 입력 장치를 이용하여 13명에 대한 총 97프레임의 홍채 영상을 획득하여 실험하였다.

#### 2. 시스템 성능

제안한 일차원 홍채 신호를 이용한 개인 식별 알고리즘의 성능은 표 2와 같이 5.2%의 평균 에러율을 나타내었다. 표 2의 홍채 특징 신호  $O_1, O_2, \dots, O_8$ 은 그림 7에서 언급한 Gabor 변환 신호이다. 단일 홍채 특징 신호를 독립적으로 사용하여 개인 식별을 했을 때의 에러율은 표 2와 같이 상당히 높게 나타났다. 따라서 각 홍채 특징 신호를 개인 특성에 맞게 유사도가 큰 값을 중심으로 선택적으로 사용하는 것은 매우 중요하다.

표 2. 사용되어진 홍채 특징에 대한 개인 식별 에러율

Table 2. Personal identification error for used iris characteristics.

홍채 특징 신호 (오른쪽)	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$
에러율(%)	15.1	16.0	16.6	16.1
홍채 특징 신호 (왼쪽)	$O_5$	$O_6$	$O_7$	$O_8$
에러율(%)	10.6	9.5	16.4	16.5
제안된 방법	유사도가 가장 큰 홍채 특징 신호 4개의 평균			
에러율(%)	5.2			

표 3. 개인 식별 방법 성능 비교

Table 3. Comparison of performance for personal identification methods.

성능	방법	제안 방법	Daugman 방법	Boles 방법
		오류율	양질의 영상 0%	0%
		온라인 5.2%		—
계산 복잡도	등록	1초이내	1초이내 (H/W)	—
	인식			—

※ Boles 방법은 비교 가능한 결과를 제시하지 않고 있음

한편, 제안 알고리즘과 기존 알고리즘들과의 객관적인 성능 비교는 어렵지만, 현재까지 나타난 결과를 이

용하여 오류율과 계산량을 비교하여 보면 표 3과 같다. 여기서의 양질의 영상은 홍채 패턴이 선명하게 보이는 것으로, 안경 및 콘택트 렌즈를 착용하지 않은 상태에서 눈썹이나 눈꺼풀에 의해 홍채의 일부가 가려지지 않은 영상을 말한다.

VI. 결 론

생체 인식을 통한 개인 식별은 일부 상용화가 되면서 다양한 형태와 응용들이 나타나기 시작했다. 그러나 홍채를 이용한 개인 식별 방법은 변별력이 우수함에도 불구하고 실생활에 제한적으로 적용되고 있는 것은 인식을 위한 다양한 알고리즘 부재와 입력 장치의 고비용 때문이다. 이러한 측면에서 본 논문에서는 기존의 이차원 홍채 신호를 사용하는 대신 계산량을 줄일 수 있는 일차원 홍채 신호를 이용한 개인 식별 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 국부적인 무늬 패턴의 특징 추출에 적합한 Gabor 필터를 이용하여 홍채 영역 가운데 개인 특징을 평균적으로 가장 잘 반영하는 부분을 선택하여 일차원 홍채 신호의 특징을 추출함으로써 기존에 제안된 시스템들의 성능을 유지하면서 빠르게 개인 인식을 할 수 있었다.

향후 지속적으로 연구되어야 할 과제로는 홍채를 이용한 개인 식별 방법을 보편적으로 사용할 수 있는 다양한 알고리즘의 연구와 더불어 저렴한 비용으로 고품질의 눈 영상을 획득할 수 있는 입력 장치에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] John G. Daugman, Recognizing Person by their Iris Patterns, Cambridge Univ., 1998.
- [2] Richard P. Wildes, Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology, Proc. of the IEEE, Vol. 85. No. 9, pp 1348-1363, Sep. 1997.
- [3] John G. Daugman, High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence, IEEE Trans. on PAMI, Vol. 15, No. 11, pp 1148 - 1160, Nov. 1993.
- [4] W.W.Boles, A Security System Based on Human Iris Identification Using Wavelet Transform, International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic System, pp. 533-541, May 1997.
- [5] Yeunggyu Park, Hoonju Yoon, Myongseop Song and Jaihie Kim, A Fast Circular Edge Detector for the Iris Region Segmentation, Proc. of the IEEE International workshop, BMCV 2000, pp. 417-423, May 2000.
- [6] R. C. Gonzalez, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992
- [7] John C. Russ, The Image Processing Handbook, IEEE Press, 1998.
- [8] A.K. Jain et al., Biometrics Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, 1999.

저 자 소 개

朴永奎(正會員) 第33卷 CI編 第8號 參照



盧承仁(正會員)  
1998년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사. 2000년 2월 연세대학교 전기전자공학과 공학석사. 현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정. 주관심 분야는 홍채인식, 생체인식, 패턴인식, 컴퓨터 비전 등임



尹熏柱(正會員)  
1999년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사. 2001년 2월 연세대학교 전기전자공학과 공학석사. 현재 LG 이노텍 근무. 주관심분야는 홍채인식, 생체인식, 컴퓨터 비전 등임

金在熹(正會員) 第34卷 CI編 第8號 參照