

속눈썹 추출 방법을 이용한 홍채 인식 성능 향상 연구

강 병 준⁺ · 박 강 령^{††}

요 약

고 수준의 정보 보안이 요구되는 분야에서 최근 많이 사용되고 있는 홍채 인식 알고리즘에서는 홍채 근육의 무늬 패턴을 이용하여 고유한 홍채 코드를 생성하고, 이를 이용하여 동일인인지 여부를 판별하게 된다. 그런데 홍채 영역의 위치에 다른 불필요한 정보가 포함되어 홍채 영역을 가리게 된다면, 홍채 인식에서 오류가 발생할 확률도 증가하게 된다. 그 불필요한 정보 중에 대표적인 것이 속눈썹이다. 홍채 영역을 덮고 있는 속눈썹을 홍채 패턴으로 취급하여 인식에 그대로 사용할 경우, 속눈썹의 위치가 변경되게 되면 그에 따라 홍채 코드 역시 바뀌게 되어 인식 오류도 증가하게 될 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이 논문에서는 마스크 기반으로 속눈썹을 추출함으로써 정확한 홍채 영역을 검출하고, 이를 이용하여 홍채 인식의 성능을 향상시키는 방법을 제안하고자 한다. 실험 결과 본 논문에서 제안하는 속눈썹 추출 알고리즘을 사용하지 않았을 때의 인식성능(EER)보다 제안하는 알고리즘을 사용했을 때의 인식 성능이 0.18% 향상되는 결과를 얻었다.

키워드 : 홍채 인식, 속눈썹 검출

A Study on Performance Enhancement for Iris Recognition by Eyelash Detection

Byung Joon Kang⁺ · Kang Ryoung Park^{††}

ABSTRACT

With iris recognition algorithm, unique iris code can be generated and user can be identified by using iris pattern. However, if unnecessary information such as eyelash is included in iris region, the error for iris recognition is increased, consequently. In detail, if iris region is used to generate iris code not excluding eyelash and the position of eyelash is moved, the iris codes are also changed and the error rate is increased. To overcome such problem, we propose the method of detecting eyelash by using mask and excluding the detected eyelash region in case of generating iris code. Experimental results show that EER(Equal Error Rate) for iris recognition using the proposed algorithm is lessened as much as 0.18% compared to that not using it.

Key Words : Iris Recognition, Eyelash Detection

1. 서 론

정보화 산업 사회에서 개인의 정확한 신원파악은 정보보호와 유출방지 및 재산권 보호를 위하여 점차 매우 중요하게 인식되고 있다. 신원파악을 위해 현재까지 가장 흔히 사용되고 있는 것은 주민등록증, 여권, 운전면허증, ID 카드 등과 같이 개인이 소지하면서 신분증을 증명하는 형태이다. 이러한 신분증에 저장되어 있는 개인의 정보는 사람이 식별할 수 있기 때문에 신분증을 분실했을 경우에는 타인에게 개인의 정보가 쉽게 유출되는 문제점이 있다. 그래서 개인의 비밀 정보를 Magnetic Stripe 카드, RF 카드, Smart 카드, Hybrid 카드 등에 저장하

여 사람이 식별하지 않고 기계가 판독하여서 구별하는 단계로 발전되고 있다. 개인 정보가 외부에 노출되지 않게 함으로써 모조하기 어려운 형태로 변화되고 있는 것이다. 그러나 이러한 카드들 역시 개인이 항상 소지하고 다녀야 하기 때문에 분실의 위험이 존재하며, 이를 보완하기 위해 사용자가 기억하여 사용하는 암호를 병행 사용하게 되었다[1]. 현금카드는 4자리의 숫자인 PIN(Personal Identification Number)을, 컴퓨터 보안의 경우 8자 이내의 문자, 숫자, 특수기호의 조합으로 된 패스워드를 사용하고 있다. 그러나 이렇게 패스워드를 기억하는 방식 또한 패스워드의 수가 많아질수록 사람이 기억하기 힘들어 지게 되고, 또한 타인에게 정보 유출이 될 수 있는 문제점도 간직하고 있어서 사람이 항상 지니고 다니며 그 사람의 신원을 밝혀줄 수 있는 생체 인식 기술이 최근 각광을 받고 있다[2].

* 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2004-003-D00374)

† 준 회 원 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

†† 정 회 원 : 상명대학교 미디어학부 조교수

논문접수 : 2004년 9월 9일, 심사완료 : 2004년 11월 11일

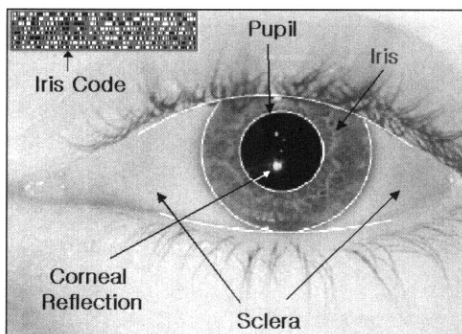
생체인식 기술의 대표적인 것으로 얼굴인식, 지문인식, 홍채

인식, DNA인식, 정맥인식 및 음성(화자)인식 등이 있다. 이중, 홍채인식(Iris Recognition)은 사람의 눈에서 중앙의 검은 동공과 흰자위 사이에 존재하는 도넛 모양의 홍채의 패턴을 이용하여 사용자를 인증하는 기술이다[3-6]. 홍채는 태어나서 3개월에서 8개월 사이에 홍채 모양이 생성되기 때문에 유전적인 요인에 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 홍채 패턴은 같은 사람이라도 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 다르고, 쌍둥이들도 서로 다르다. 이러한 홍채패턴이 사람마다 고유하다라는 사실은 미국의 두 안과외사인 레오나르도 프롬(Leonard Flom)과 알란 사피르(Aran Safir)에 의해 1980년대 중반 경에 발견되었고, 1993년에 영국 캠브리지 대학의 John G. Daugman 교수가 홍채패턴을 256 바이트로 코드화할 수 있는 가버 웨이블릿 변환(Gabor Wavelet Transform)을 기반으로 한 영상신호처리 알고리즘을 제안하였다[3][5][7].

그런데, 이러한 홍채 인식에 있어서 정확한 홍채 영역 추출은 매우 중요한 문제가 된다. 홍채 영역 부분에 속눈썹과 같은 불필요한 정보가 들어가게 된다면 인식하는 사람이 동일인임에도 불구하고 인식하지 못하는 오류를 범하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 홍채 영역에서 속눈썹 이미지를 검출해 내는 것은 홍채 영역에서 불필요한 정보를 제거하여 순수한 홍채 패턴을 찾아냄으로써 보다 정확한 인식을 가능하게 한다는 점에서 중요하다고 하겠다. 기존의 속눈썹 추출 연구에서 Kong은 1차원 가버 필터와 윈도우내에서의 밝기의 분산 값을 이용하여 떨어진 속눈썹과 붙은 속눈썹을 추출하는 방법을 제안하였다 [8]. 그러나 이 방법에서는 속눈썹의 수직방향 연결(Vertical Connection) 특성을 이용하지 못하므로, 속눈썹 검출의 어려움이 높은 결과를 나타냈다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이 논문에서는 마스크를 기반으로 홍채 인식에서의 속눈썹 이미지를 검출하여 제거하는 새로운 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 홍채의 구조

홍채는 (그림 1)과 같이 흰자위와 동공사이에 존재하는 근육 띠 부분을 말한다. 홍채의 주요 기능을 동공 부위를 확대 혹은 축소시킴으로써 망막에 도달하는 빛의 양의 조절하는 역할을 한다. (그림 1)과 같이 홍채 영역에는 개인마다 다른, 세밀하면서도 고유한 패턴이 존재한다 [1][3-6].



(그림 1) 홍채 구조

3. 홍채 영역 추출 및 인식

홍채 카메라로부터 입력된 영상을 이용하여 홍채 인식을 수행하기 위해서는 무엇보다도, 입력 영상에서 동공, 홍채 및 눈꺼풀(eyelid) 영역을 정확하게 추출할 수 있어야 한다. 기존에 동공, 홍채 및 눈꺼풀 추출을 위한 많은 연구들이 진행되어 왔으며, 본 논문에서는 식 (1)과 같이 Daugman 교수가 제안한 원형 경계 검출 방법(Circular Edge Detector)에 의해 입력 영상에서 동공 및 홍채 영역을 추출하였다 [3][5][7].

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

식 (1)에서는 원형 검출기의 중심(x_0, y_0)과 반지름 r 을 변화시켜 가면서 그레이 픽셀들의 값($I(x, y)$)을 더한 뒤, 반지름 r 의 변화에 따라 값의 크기변화가 가장 큰 곳을 동공 혹은 홍채의 경계 부분으로 검출해 내는 방식을 취한다.

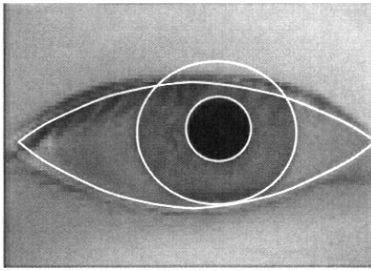
이후, 눈꺼풀(Eyelid) 영역을 검출하기 위해서, 본 논문에서는 영역 기반 가변 템플릿(Region-based Deformable Template) 및 마스크링(Masking) 방법이라고 불리는 Deng의 연구 방법을 참조하였다[9]. 이 방법은 Yuille의 에너지 최소화 방법을 확장시킨 개념이며[10], 눈꺼풀을 찾기 위하여 가변 눈 템플릿을 사용한다. 그러나 Deng의 방법은 전체 눈 영역을 추출하기 위한 방법이며, Deng의 논문에서 구체적인 처리 시간이 명시되어 있지는 않지만 전체 눈 영역에 대한 가변 템플릿을 적용하므로 연산 처리량이 많고 처리 시간이 상당히 오래 걸리는 것으로 알려져 있다.(본 논문에서 Deng의 방법을 자체적으로 구현하여 처리해본 결과, 눈꺼풀을 추출하는데 Pentium-III 866Mhz에서 약 92ms 정도 소요됨을 알 수 있었다)

그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 Deng의 방법에서 사용한 가변 눈 템플릿 대신에, 눈꺼풀을 찾기 위하여 포물선 형태의 2개의 가변 템플릿을 각각 위 눈꺼풀과 아래 눈꺼풀에 적용하여 눈꺼풀 영역을 추출하였다. 식 (1)에 의해 추출된 동공 및 홍채 중심, 반지름 정보를 바탕으로 설정된 영역 내에서 눈꺼풀 탐색이 이루어 졌으며, 제한된 영역에서의 추출 결과 처리 시간도 굉장히 단축할 수 있었다 (Pentium-III 866Mhz에서 5ms). (그림 2)는 동공, 홍채 및 눈꺼풀 추출의 예를 나타낸 것이다.

이처럼 홍채의 중심과 내부경계, 외부경계를 찾아낸 후에 식 (2)와 같이 추출된 홍채 영역을 극좌표계로 변환하였다 [3][5][7]. 극좌표계로 변환하는 이유는 조명의 밝기 등과 같은 주변의 환경의 변화로 인한 동공의 크기 변화, 카메라와 눈까지의 거리 변화들로 인한 홍채 영역의 크기 변화에 대처하기 위함이다.

$$I(x, y) \rightarrow I(\rho, \phi) \quad (2)$$

극좌표계로 변환된 홍채 영역에 대해, 식 (3)과 같이 가버



(그림 2) 동공, 홍채 및 눈꺼풀 추출의 예

웨이블릿 변환(Gabor Wavelet Transform)을 사용하여 256바이트 크기의 홍채 코드를 생성하였다. 가버 웨이블릿 변환을 사용하는 이유는 위치에 대한 정보와 주파수 정보를 모두 가지고 있기 때문이다 [3][5][7].

$$\begin{aligned}
 h_{Re} &= 1 \text{ if } \operatorname{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-\rho)^2/\sigma^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\
 h_{Re} &= 0 \text{ if } \operatorname{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-\rho)^2/\sigma^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0 \\
 h_{Im} &= 1 \text{ if } \operatorname{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-\rho)^2/\sigma^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\
 h_{Im} &= 0 \text{ if } \operatorname{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\theta)} e^{-(r_0-\rho)^2/\sigma^2} e^{-(\theta_0-\theta)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0
 \end{aligned} \quad (3)$$

이렇게 생성해 낸 홍채 코드는 식(4)와 같이 해밍 거리(Hamming Distance)를 사용하여 서로 비교하였다 [3][5][7].

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

위 (4) 식의 A_j 와 B_j 는 서로 다른 사람의 홍채 코드 비트 (0 혹은 1)이며, N 은 이러한 홍채 코드의 총 비트 수 (256 바이트 = 2048 비트) 이다. 즉, 총 2048개의 비트를 비교하여 비트 값이 같은 경우(예) $A_j = B_j = 0$ 혹은 $A_j = B_j = 1$ 의 개수를 합산하여 해밍 거리를 추출할 후, 계산된 해밍 거리가 일정한 임계치보다 작으면 등록된 동일인으로 판단하고, 임계치보다 높으면 타인으로 판단하게 된다.

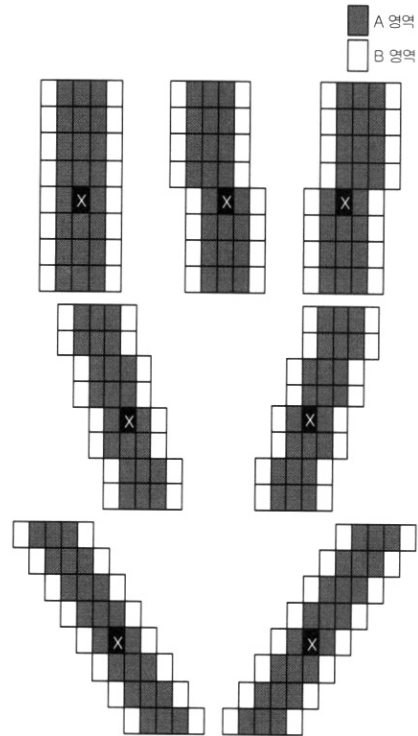
4. 속눈썹 영역 추출

앞서 3장에서 전술한 바와 같이 동공, 홍채 및 눈꺼풀 영역이 추출되면 속눈썹의 존재가능 범위를 설정할 수 있게 된다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 탐색 영역을 설정하여 이 영역 내에서 속눈썹의 위치를 추출하였다. 탐색 영역의 중심(C_x , C_y) 및 탐색 영역의 가로, 세로 길이($W*H$)는 다음 식 (5)에 의해 정해진다.

$$\begin{aligned}
 W &= 2 * \text{IrisRadius}, \quad H = \text{IrisRadius} \\
 C_x &= (\text{PupX} + \text{IrisX})/2 \\
 C_y &= (\text{IrisY} + \text{EyeLidY})/2
 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 (PupX, PupY), (IrisX, IrisY) 및 (EyeLidX, EyeLidY)는 각각 추출된 동공, 홍채 및 눈꺼풀의 중심위치를 나타낸다. 그리고 IrisRadius는 추출된 홍채의 반경을 나타낸다.

일반적으로 속눈썹은 시작되는 위치부터 직선 또는 대각선 방향으로 존재하게 되므로, 본 논문에서는 (그림 3)과 같은 속눈썹 추출 마스크를 이용하여 속눈썹을 추출하였다.



(그림 3) 속눈썹 추출 마스크

(그림 3)에서 보면, 음영이 칠하여진 영역을 A, 음영이 칠하여지지 않은 흰색 영역을 B라고 할 때, 그림 4에서 보면, 속눈썹들의 픽셀 값은 홍채 영역보다 어두워서 픽셀의 그레이 값이 작기 때문에 속눈썹의 위치가 마스크들의 영역과 일치할 경우 B영역과 A영역의 차이는 더욱 커지게 된다. 본 논문에서는 식 (5)에 의해 설정된 속눈썹 탐색 영역 내에서 (그림 3)의 마스크의 중심위치를 움직여 가면서 속눈썹의 위치를 검출하게 된다. 마스크 계산을 위해 A영역에서의 그레이 픽셀 값들의 합과 B영역에서의 픽셀들의 합을 구한 후에 값의 정규화를 위해 B영역의 픽셀들의 합산 값에 1.5배 한 값과 A영역의 값의 차이를 구하였다. 속눈썹 방향은 일반적으로는 홍채 중심을 기준으로 좌우 대칭이지만, 인위적으로 마스크카를 한 경우는 좌우 비대칭의 형태를 나타내는 경우도 종종 발생한다. 그러므로 이 논문에서는 속눈썹의 존재 가능 영역 내에서 (그림 3)과 같은 7가지 형태의 마스크를 모두 적용하여 그 정합값 차이가 일정 임계치 이상이 되는 경우 마스크의 A영역을 속눈썹이라고 판단을 하였으며, 이 A영역(추출된 속눈썹 영역)은 식 (3)에 의한 홍채 코드 추출 시 사용하지 않았다. 즉, 식 (3)에서 가버 필터를 적용하려는 홍채 영역 $I(\rho, \phi)$ 에 (그림 3)의 마

스크에 의한 속눈썹 영역으로 표시된 영역이 하나라도 존재하는 경우 이 영역에서 생성된 홍채코드는 유효하지 않은 것(Invalid)으로 간주하여 식 (4)와 같은 해밍거리 계산에 사용하지 않는 것이다.

여기서 한 가지 고려해야 할 사항은 속눈썹 추출 시 사용하는 임계치이다. 사용하는 임계치 값이 너무 커질 경우 속눈썹임에도 불구하고 검출하지 못하는 경우(False Rejection Error)가 발생되고, 임계치 값이 너무 작아질 경우 속눈썹이 아닌 부분도 검출하게 될 가능성(False Acceptance Error)이 커져서 부정확한 결과를 얻게 된다. 일반적으로 홍채 인식용 카메라는 적외선 차단 필터와 적외선 조명을 사용하므로 외부 가시광선의 영향을 덜 받지만[11-13], 홍채 카메라와 사용자의 눈 사이의 거리에 따라 적외선 조명의 밝기를 적절하게 해 주어야 홍채 인식을 수행하기에 적합한 밝기의 영상을 얻을 수 있다. 그런데 일반적으로 홍채 카메라에서 사용자 눈까지의 정확한 Z거리를 구하기가 어렵고, 또한 Z거리를 구한다고 해서 적외선 조명의 밝기를 정확하게 조정하기가 어렵기 때문에 입력된 홍채 영상의 평균 밝기 역시 비교적 많은 편차를 갖게 되며, 결과적으로 홍채 영역과 속눈썹 사이의 그레이값 차이에도 많은 변화도를 나타내게 된다.

그러므로 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 속눈썹 추출을 위한 적응적 임계치를 사용하였다. 이는 탐색 영역 내에 속눈썹이 많을수록 전체적으로 평균 그레이값이 낮아지게 되며 이러한 경우 속눈썹영역과 비 속눈썹영역사이의 구분이 잘 되지 않아 (그림 3)의 정합값이 낮게 나오기 때문이다. 또한 탐색 영역 내에 속눈썹이 적으면 탐색 영역의 평균 그레이값이 높아지게 되며 이러한 경우 속눈썹과 비 속눈썹 사이의 구분이 뚜렷하여 정합값도 높아지기 때문에 임계치를 높게 사용해야 하기 때문이다.

본 논문에서 임계치는 식 (5)에서 정한 탐색 영역의 평균 그레이값* α 으로 정하였으며, 사전실험을 통해 α 값을 0.1에서 20까지 변화시켜가면서 최적의 α 값을 결정하였다. 이때 α 값 결정을 위한 평가요소로 진술한 바와 같이, 속눈썹이 아닌 부분도 검출하게 될 에러(False Acceptance Error)와 속눈썹임에도 불구하고 검출하지 못하는 에러(False Rejection Error)를 같이 고려한 EER(Equal Error Rate)이 최소가 되는 순간의 α 값을 선정하였다. 실험결과 α 값이 10인 경우에 가장 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

(그림 3)의 마스크만 사용하는 경우 홍채 패턴 중 얇고 선명하게 나오는 부분들을 속눈썹으로 잘못 추출하는 경우가 종종 발생한다. 이러한 것은 탐색 영역내의 홍채 패턴 역시 (그림 3)과 같은 형태를 지닐 수 있기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 (그림 3)의 마스크를 이용한 속눈썹 정합을 수행하기 전에 식 (5)에서 정해진 탐색 영역 내에 3*3 픽셀 크기의 가우시안 필터링(Gaussian Filtering)을 수행하였으며, 이후 이 영상에 대해 (그림 3)과 같은 마스크 정합을 수행하였다. 이처럼 가우시안 필터링을 통한 저주파 통과 연산(Low Pass Filtering Operation)을 수행하는 이유는 일반적으로 홍채 패턴의 경우 무늬의 두께가 속눈썹보다는 두꺼운

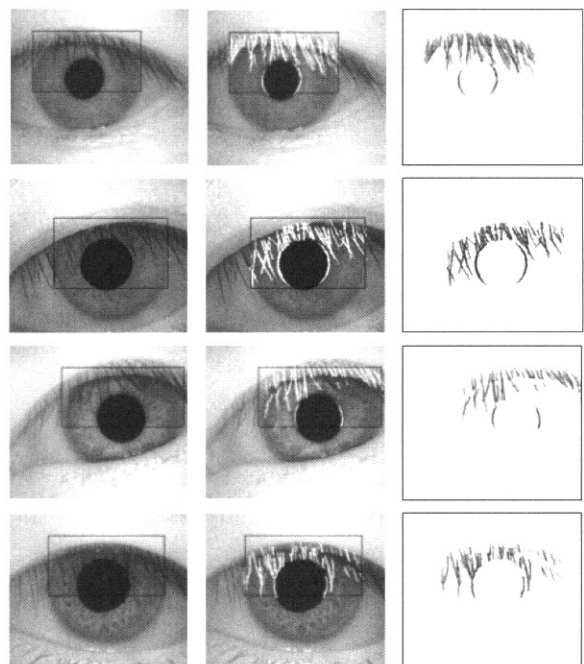
(Thick) 경향을 나타내기 때문이다. 즉, 이러한 연산을 통해 홍채 패턴 부분의 경계는 더욱 blurring 됨으로써, (그림 3)에 의한 마스크 정합에 포함되지 않게 되는 것이다. 반면 속눈썹 부분은 홍채 패턴에 비해 얇고(Thin) 선명하므로 이러한 저주파 통과 연산을 통해서도 마스크 정합에 검출되는 성질을 나타낸다.

5. 실험 결과 및 고찰

제안한 속눈썹 검출 알고리즘의 성능 평가를 위하여 본 논문에서는 CASIA Iris image Database(ver 1.0)을 이용하였다[14]. CASIA 홍채 DB는 80명에 대한 108 종류의 홍채로부터 추출된 총 756장의 홍채 영상으로 구성되어 있다. 홍채 영상은 한 달 간격으로 취득되었으며, 영상의 형식은 320*280 픽셀크기에 8 비트 그레이 영상이다. CASIA DB 내의 홍채 직경은 200 픽셀이상이고, 전체 대상 중 약 5.2%가 컨택트 렌즈를 착용하고 취득된 홍채 영상이다. 대상 영상 중 안경을 착용한 영상은 포함되어 있지 않다.

(그림 4)는 입력 영상에 대해 속눈썹 영역을 추출한 예를 나타낸 것이다. 속눈썹 탐색 영역 내에서 (그림 3)과 같은 마스크 기반 속눈썹 추출 알고리즘을 사용하여서 속눈썹이라고 판단하여 검출한 부분의 픽셀 값을 255로 나타냈다.

(그림 4)에서 보던 동공의 외곽 경계 부분 및 홍채 내부에 속눈썹이 아니지만 속눈썹으로 검출된 부분이 있는데, 이것은 라벨링(Labeling)에 의한 연결 요소(Connected Component) 검출 기법으로 제거하였다[15]. 즉, 라벨링 기법을 이용하여 뭉쳐서 있는 픽셀들에 영역 번호(Label)를 붙이고, 속눈썹이



(그림 4) 속눈썹 추출 결과 영상

시작되는 부분에 포함되지 않는 독립적으로 존재하는(Isolated) 크기가 작은 픽셀들을 제거하였다.

속눈썹 추출의 에러율을 계산하기 위해 본 논문에서는 입력 영상에서 손으로 직접 표시한 속눈썹 영역과 본 논문의 방법으로 찾은 속눈썹 영역간의 차이 값을 식 (6), (7)에 의해 계산하였다.

$$\begin{aligned} & \text{속눈썹 오추출율}(\%) \\ & = 100 * (\text{잘못 검출한 속눈썹의 픽셀수} / \\ & (\text{속눈썹탐색영역의 크기 (식(5)의 } W * H)) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \text{잘못 검출한 속눈썹의 픽셀수} \\ & = (\text{속눈썹인데 속눈썹으로 추출하지 못한 영역의 픽셀수}) \\ & + (\text{속눈썹이 아닌데 속눈썹으로 검출한 영역의 픽셀수}) \end{aligned} \quad (7)$$

CASIA 홍채 DB의 756장의 홍채 영상으로 실험한 결과 속눈썹 오추출율은 평균 1.2%로 조사되었으며, Kong의 방법 [8]보다 우수한 결과를 나타냈다 (Kong의 방법은 평균 3%의 오추출율을 나타냄)

다음 <표 1>에서는 임의의 7장의 홍채 영상을 사용하여 속눈썹 탐색 영역 내에 속눈썹이 포함된 정도에 따른 속눈썹 오추출율을 측정하였다.

<표 1> 탐색 영역 내에 속눈썹이 포함된 정도에 따른 속눈썹 오추출율

영상 인덱스	탐색 영역내의 속눈썹 포함 정도	Kong의 방법에 의한 속눈썹 오추출율	제안하는 방법에 의한 속눈썹 오추출율
1	0%	0%	0%
2	0%	0.32%	0.25%
3	5%	0.6%	0.5%
4	10%	1.3%	0.7%
5	10%	2.0%	1.1%
6	15%	2.2%	1.2%
7	21%	4.0%	1.2%

<표 1>에서 알 수 있듯이 탐색 영역 내에 속눈썹이 포함된 정도가 많을수록 속눈썹 추출의 에러가 증가되는 경향을 나타냈다. 이는 속눈썹들이 뭉쳐있어서, (그림 3)의 마스크 만으로는 정확한 속눈썹 영역을 추출하지 못하는 경우가 종종 발생했기 때문이다. 또한, Kong의 방법과 성능을 비교한 결과 모든 경우에 있어서 제안한 방법이 우수한 결과를 나타냈다.

다음 실험에서는 3장에서 전술한바와 같이 홍채 코드를 추출하여 인식할 때, 본 논문에서 제안한 속눈썹 추출 알고리즘을 사용했을 때와 사용하지 않았을 경우의 인식율을 비교하였다. 홍채 인식을 위해서는 전술한 CASIA DB를 이용하였으며, 이 중 108개의 홍채 영상을 등록하여 총 648개의 Genuine Data와 69,336개의 Imposter Data를 생성하여 인식

실험을 하였다. 홍채 인식 시스템의 인식률은 오인식율(False Acceptance Rate)과 오거부율(False Rejection Rate)로 나눌 수 있으며, 둘 사이에는 trade-off 관계가 성립하게 된다 [3][6]. 이때 오인식율이란 등록하지 않은 사람을 인식하는 에러를 나타내며, 오거부율이란 등록된 사람을 거부하는 에러를 나타낸다. 일반적으로는 오인식율과 오거부율이 같아지는 지점에서의 균등 에러율(Equal Error Rate)을 인식 시스템의 성능으로 평가하게 된다. 본 논문에서도 균등 에러율을 기준으로 성능 평가를 하였으며, 실험 결과 본 논문에서 제안하는 속눈썹 추출과정 없이 홍채 인식을 수행한 경우 에러율은 0.3%인데 반해, 속눈썹 추출 알고리즘을 적용하여 추출된 속눈썹 영역을 홍채 인식에 사용하지 않은 경우 에러율은 0.12%로 나타났다.

본 논문에서의 속눈썹 추출 알고리즘은 제한된 탐색 영역에서 수행되므로 처리시간도 상당히 빠른 결과를 나타냈다. 실험 결과 Pentium-III 866Mhz에서 속눈썹 영역을 추출하는데 약 3ms가 소요됨을 알 수 있었다.

6. 결 론

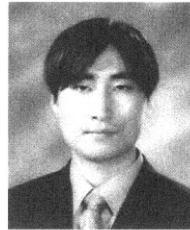
이 논문에서는 마스크 기반으로 속눈썹을 추출함으로써 정확한 홍채 영역을 검출하고, 이를 이용하여 홍채 인식의 성능을 향상시키는 방법을 제안하였다. 실험 결과 본 논문에서 제안하는 속눈썹 추출 알고리즘을 사용하지 않았을 때의 인식 성능(EER)보다 제안하는 알고리즘을 사용했을 때의 인식 성능이 0.18% 향상되는 결과를 얻었다. 반면, 뭉쳐져 있는 속눈썹과 본 논문에서 사용한 마스크 이외에 각도가 더 기울어져 있는 속눈썹에 대해서 검출 에러가 증가되는 문제점이 있었다. 향후 좀 더 다양한 형태의 마스크를 사용하여 속눈썹 추출의 에러를 줄이는 방법을 시도해야 할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 박강령, "홍채 인식 기술", 멀티미디어학회지, 제7권 제2호, pp.23-31, 2003.
- [2] 박영규, 노승인, 윤훈주, 김재희, "일차원 홍채 신호를 이용한 개인 식별", 전자공학회 논문지, 제39권 제1호, pp.70-76, 2002.
- [3] John G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.11, pp.1148-1161, Nov., 1993.
- [4] 장재영, 김희율, "홍채 인식 기술의 동향", 전자공학회지, 제26권 제11호, pp.17-23, 1999.
- [5] John G. Daugman, "How Iris Recognition Works," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.14, No.1, pp.21-29, Jan., 2004.
- [6] <http://www.iris-recognition.org>
- [7] John G. Daugman, "Demodulation by complex-valued

wavelets for stochastic pattern recognition,” International Journal of Wavelets, Multi-resolution and Information Processing, Vol.1, No.1, pp.1-17, Jan., 2003.

- [8] W. K. Kong and D. Zhang, “Accurate Iris Segmentation Based on Novel Reflection and Eyelash Detection Model,” Proceedings of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, Hong Kong, pp.263-266, May 2-4, 2001.
- [9] J. Deng and F. Lai, “Region-based Template Deformation and Masking for Eye Feature Extraction and Description,” Pattern Recognition, Vol.30, No.3, pp.403-419, March, 1997.
- [10] A. Blake and A. Yuille, ‘Active Vision’, pp.21-38, MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
- [11] <http://www.lgiris.com>
- [12] <http://www.iridiantech.com/products.php?page=4>
- [13] <http://www.panasonic.com/cctv/products/biometrics.asp>
- [14] <http://www.sinobiometrics.com/casiairis.htm>
- [15] Ramesh Jain, ‘Machine Vision’, pp.44-47, McGraw-Hill International Edition, 1995.



강 병 준

e-mail : 9737001@smu.ac.kr

2004년 상명대학교 소프트웨어학과(학사)
2004년~현재 상명대학교 일반대학원 컴
퓨터과학과 석사과정
관심분야 : Biometric 영상처리, 컴퓨터 vision



박 강 령

e-mail : parkgr@smu.ac.kr

1994년 연세대학교 전자공학과(학사)
1996년 연세대학교 전자공학과(석사)
2000년 연세대학교 전기·컴퓨터공학과(박사)
2000년~2003년 LG전자기술원 Digital Vision
Group 홍채 인식팀
2003년~현재 상명대학교 소프트웨어대학 미디어학부 조교수
관심분야 : Biometric 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 vision, 컴퓨터
그래픽스