

비정형 홍채 패턴 분리에 관한 연구

A Study on Extraction of Irregular Iris Patterns

원정우* · 조성원* · 김재민* · 백강철**

Jungwoo Won, Seongwon Cho, Jaemin Kim and Kangchul Baik

* 홍익대학교 전자전기공학부

** (주)바스코리아

요약

최근 정보화 시대에 발맞추어 보안에 관한 중요성이 증가하고 있다. 따라서 지문, 장문, 서명, 홍채 인식과 같은 생체 인식 시스템에 대한 관심이 급증하고 있고, 그중에서 가장 신뢰성과 보안성에서 뛰어난 홍채 인식에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 홍채 인식의 관한 연구는 많이 진행되어 왔지만 홍채 인식의 가장 큰 이슈는 홍채 영역 분할과 특징 추출로 요약할 수 있다. 본 논문에서는 곡선에 유연한 곡선 검출기를 이용하여 기존 원형 검출기가 갖는 문제점을 극복하고, 보다 정확한 홍채 영역 분할을 이루었다. 따라서 주변 환경의 변화에 신속히 대처할 수 있고, 기하학적인 경계 검출에 유용하다.

키워드 : 홍채인식, 비정형, 홍채패턴, 홍채 영역 분리

Abstract

Recently, biometric systems are of interest for the reliable security system. Iris recognition technology is one of the biometric system with the highest reliability. Various iris recognition methods have been proposed for automatic personal identification and verification. These methods require accurate iris segmentation for successful processing because the iris is a small part of an acquired image. The iris boundaries have been parametrically modeled and subsequently detected by circles or parabolic arcs. Since the iris boundaries have a wide range of edge contrast and irregular border shapes, the assumption that they can be fit to circles or parabolic arcs is not always valid. In some cases, the shape of a dilated pupil is slightly different from a constricted one. This is especially true when the pupil has an irregular shape. This is why this research is important. This paper addresses how to accurately detect iris boundaries for improved iris recognition, which is robust to noises.

Key Words : Iris Recognition, Irregular, Iris Pattern, Wavelet

1. 서론

현금인출카드 및 신용카드의 보급과 이용이 늘면서 은행에서의 현금이나 수표의 인출과 상거래가 그만큼 편리해졌으나 비밀번호를 기억하지 못하거나, 분실 및 도난 카드의 부정사용 등으로 불편함과 부작용도 커지고 있다. 이와 같은 부작용과 역기능을 최소화하기 위해서 최근에 들어서 국내외에서는 인간이 가지는 있는 각자의 고유한 생물학적 또는 행동상의 특징들을 이용하여 자동으로 개개의 신원을 인식 또는 확인하는 생체인식 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 생체인식 시스템 중 홍채 인식은 다른 생체인식 시스템보다 오인식률이 낮아 고 신뢰도를 요구하는 보안 시스템에 적용하기에 적합하다[2].

홍채패턴이 사람마다 고유하다라는 사실은 미국의 두 안

과의사인 레오나르드 플롬(Leonard Flom)과 알란 사피르(Aran Safir)에 의해 1980년대 중반 경에 발견되었고, 1987년에 그 기술에 관한 원천 특허가 등록되었다. 홍채패턴의 고유성이 밝혀진 이후 1993년 영국 Cambridge대학의 J. Daugman[3][4][5][6][7] 교수가 홍채패턴을 256 바이트로 코드화하고 해밍 거리를 이용하여 유사도를 측정하는, 가버 웨이블릿 변환(Gabor Wavelet Transform)을 기반으로 한 영상신호처리 알고리즘을 제안하였다. 현재 상용화된 제품들은 모두 이 알고리즘에 기반을 두고 있다. 이후 이들에게 사람이 주축이 되어 미국 New Jersey주에 IriScan사를 설립하고 최초의 상용 홍채인식 시스템을 1995년에 개발하였다.

그 이후에 Wildes[8][9]는 홍채영역의 자동추출 알고리즘에 대하여 연구하였는데, 입력영상을 웨이블릿 변환 기법(Wavelet Transform)을 이용하여 다해상도 피라미드로 분해하고, 바로 전 단계 레벨과의 차이를 양자화 하여 코드화하고 상관도를 계산하는 알고리즘을 제안하였다. 하지만 Daugman과 Wildes의 방법은 모두 256바이트(byte) 이상의 대용량 특징 벡터를 사용하기 때문에 이를 100바이트 이하의 저용량으로 유지할 경우 인식률이 떨어지고, 또한 홍

접수일자 : 2008년 2월 26일
완료일자 : 2008년 3월 31일
이 논문은 2004년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2004-042-D00132)

채영역의 위치를 찾는 전처리 단계의 정확도와 입력 영상의 잡음에 민감하기 때문에 고품질의 영상획득 장비를 통해 일정 밝기의 조명에서 홍채패턴 변화를 최소화 해 주어야 한다[10][11]. 이러한 설정은 필드 영역에서의 요구에 적합하지 않다는 단점을 가지고 있다.

Boles[12]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 전체 조건이 수반되어야 한다. Boles의 방법은 Roche[11]에 의해 주변픽셀을 참조하는 방법과 새로운 유사도 측정 방법인 Binary Hamming Distance를 사용하여 단점을 보완하였지만 위치이동에 따른 오인식률이 높기 때문에 아직 문제점을 가지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 잡음에 강인한 저가의 홍채 인식 시스템 구현이 가능하게 하기 위하여 확률적 기법과 에너지 조합을 이용한 곡선 검출 알고리즘을 이용하여 동일인에 대한 영상의 경우, 조명의 변화와 잡음에 강인한 홍채패턴 검출/분리 방법을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 기존 관련 연구

가. 동공 경계 검출을 위한 원형 경계 검출기

일반적으로 동공은 밝기의 특징이 뚜렷하고, 또한 형태가 원형을 이루고 있기 때문에, 동공 경계 검출 방법으로 원형 검출 기법이 많이 사용된다. 원형 경계 검출 기법이란 다양한 중심과 반지름을 이용하여 원주의 최대 변화율을 가진 지점을 찾아내는 방법이다[3]. 동공의 경계를 찾기 위하여 먼저 중심 (x_0, y_0) 을 [그림 1]와 같이 임의의 영역에 위치시킨다.

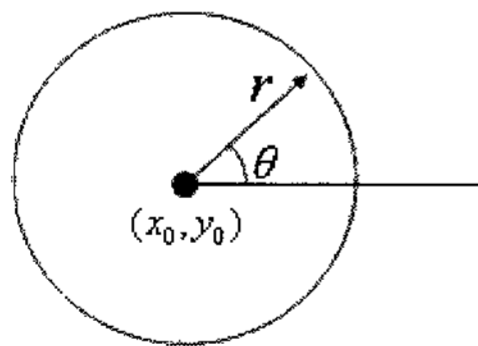


그림 1. 원형 경계 검출기의 도식적 그래프

Fig. 1. Diagram of Daugman's circular edge detector

반지름 r 을 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 반지름 r 의 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 (x_0, y_0) 과 반지름 r 은 동공 경계를 나타내는 원형 검출기의 위치와 반지름을 나타낸다.

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

그러나 [그림 2]에서와 같이 원형 검출기는 동공을 원으로 간주하기 때문에 홍채 근육의 수축, 이완에 따른 동공의 기하학적 변화를 정확하게 잡아내지 못하는 단점이 있다. 따라서 항상 일정한 조명 아래에서 촬영되어야 하며 또한 고가의 장비가 필요하다.

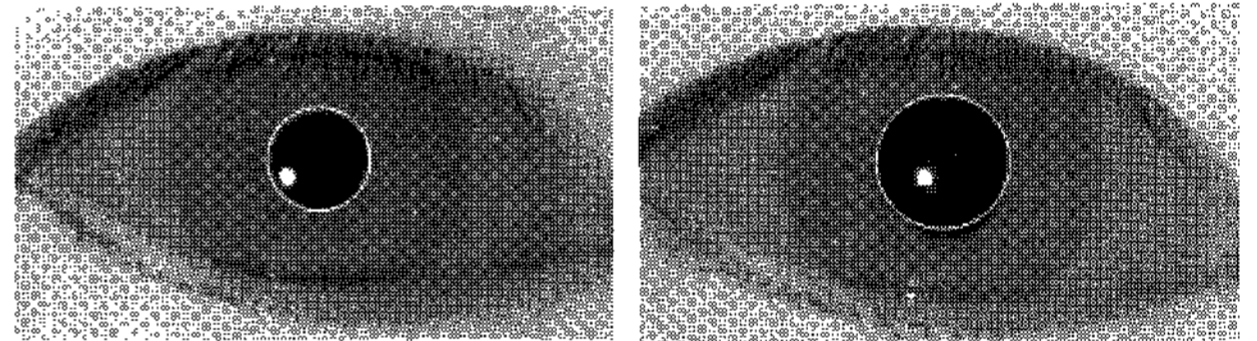


그림 2. 원형 경계 검출기의 동일인에 대한 동공 추출 오차
Fig. 2. Extraction error using circular edge detector for the same person's pupil

따라서 일반 장비에서 원형 검출기법을 이용하면 동일인에 대한 오인식률이 높아질 수밖에 없다. 또한, 최대값을 찾아내기 위해 반지름 r 과 중심 (x_0, y_0) 를 변화하며 많은 계산을 하여야 하기 때문에 메모리 비용과 계산 비용이 증가할 수밖에 없다.

나. 홍채 외부 경계 검출을 위한 최소 자승법

홍채 외부경계의 경우 동공의 경계와는 다르게 명암의 구분이 명확하지 않다. 따라서 이진화를 통한 기법은 사용하기가 힘들고 허프 변환과 원형 검출기를 사용하기에는 눈꺼풀의 영향으로 데이터가 부족하거나 홍채패턴과 잡음으로 인해 많은 오차가 발생 할 수 있다. 따라서 원형 검출기법을 응용한 최소 자승법(Least Mean Square Error)을 이용한다[13]. 최소 자승법은 홍채 경계의 좌표들 (x_i, y_i) 로 나타낼 때, 식(4)에 의해 에러 J 를 최소화 하는 원의 중심 (x_0, y_0) 와 반지름 r 을 찾는 것이다.

$$J = \sum_{i=1}^n [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 - r^2]^2 \quad (4)$$

여기에서 홍채 경계에 해당하는 (x_i, y_i) 점들은 원형 경계 검출 기법을 이용하여 검출하며, 눈꺼풀의 영향을 받지

않는 영역으로 국한시켜 검출한다. [그림 3]는 최소자승법을 이용한 홍채 외부경계 검출 결과이다.

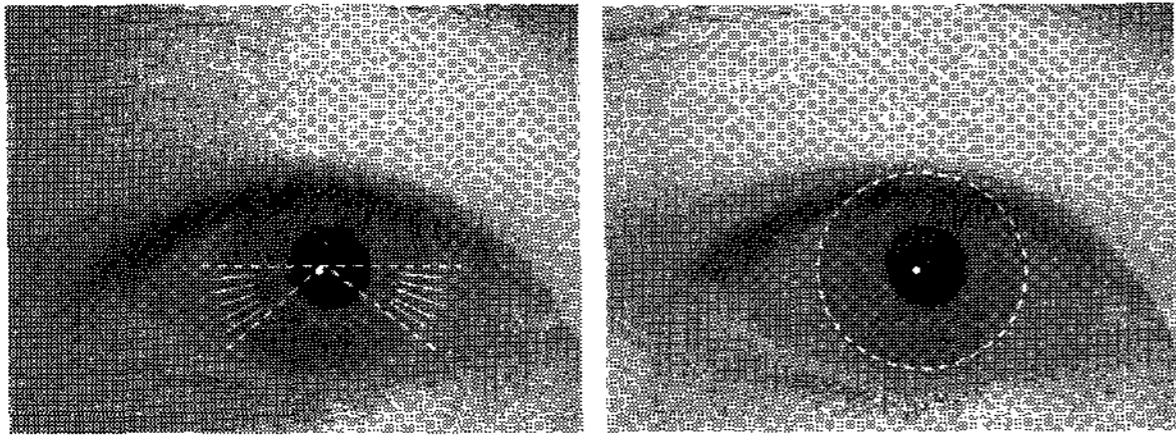


그림 3. 최소 자승법을 이용한 홍채 외부경계 검출
Fig. 3. Detection of iris outer boundary using LMSE method

2.2 비정형 홍채 패턴 추출 방법

가. Active Contour Model을 이용한 내부 경계 검출

동공은 빛을 망막으로 통과시키는 부분으로 홍채 근육의 수축과 이완에 의해 그 모양이 변한다. 홍채는 근육의 다발로 이루어진 조직으로 그 수축과 이완정도가 근육마다 다르다. 따라서 동공의 모양은 정확한 원의 모양이 아닌 기하학적 모양을 가진다. 기존에 동공 경계 검출에 사용되던 원형 검출기를 이용할 경우 동일인의 동공에 대하여 시간과 장소에 따라 경계가 달라지기 때문에 에러를 증가시키는 원인을 제공한다. 따라서 기하학적 곡선을 검출하기 위한 방법이 필요하다.

곡선 경계를 추출하는 방법으로 경계 지역의 세 가지 에너지의 조합을 가장 최소화하는 지점을 찾는 방법을 Active Contour Model 기법이라고 한다[14][15][16]. 이 방법은 아래 식(5)와 같이 표현된다.

$$\min E = \sum_{i=1}^n \{ \alpha(v_i) E_{cont}(v_i) + \beta(v_i) E_{curv}(v_i) + \gamma(v_i) E_{image}(v_i) \} \quad (5)$$

여기에서 v_i 는 각 노드 포인트(node point)를 의미하고, α, β, γ 는 각 에너지의 가중치를 의미한다. 그리고 E_{cont} 는 각 노드의 연속 에너지, 즉, 각 노드간의 거리를 일정하게 유지시켜 주는 기능을 하고, E_{curv} 는 곡률 에너지로써 그 지점의 곡률 특성을 나타내는 지표가 된다. 마지막으로 E_{image} 는 그 주변 지점과의 밝기의 기울기를 나타낸다. 즉, 각 노드에서 거리의 비가 일정하고 곡률이 크며, 밝기 차가 큰 지점을 경계지점으로 찾는다.

찾아진 경계는 원형 검출기에 비해 실제 경계에 가까우나 간혹 몇 개의 경계점이 동공의 경계보다 강한 잡음에 의해 돌출 되는 경우가 발생한다. 또한 실제 동공의 경계는 [그림 4]과 같이 두꺼운 막과 같기 때문에 검출된 경계점들이 부드러운 곡선이 아닌 거친 경계를 형성한다. 따라서 이러한 문제점들을 보완하기 위해 찾아진 경계점들을 θ 방향에 대하여 거리 r 을 [그림 5]와 같이 저역통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 필터링 해준다.

위의 과정을 반복하여 경계값이 수렴하면 실제 동공의 경계에 가까운 경계를 구할 수 있다. 이 방법의 장점은 조명이나 주변 환경, 그리고 시간에 의해 변화될 수 있는 동공의 모양에 무관하게 경계를 추출함으로써 홍채 영역 분할 오차를 줄이고, 궁극적으로 인식률을 높일 수 있다. 또한 원형 검출 기법은 동공의 변화에 민감하기 때문에 고가의 영상 입력 장치가 필요한 것과는 달리 ACM(Active Contour

Model) 기법을 이용하면 저가의 장비로도 충분히 홍채 인식이 가능하다. [그림 6]은 기하학적 모양을 가지는 동공과 Active Contour Model 기법을 이용하여 동공의 경계를 검출한 모습이다. 아래와 같은 동공을 가지는 경우 원형 검출기를 이용할 경우 많은 오차가 발생한다.

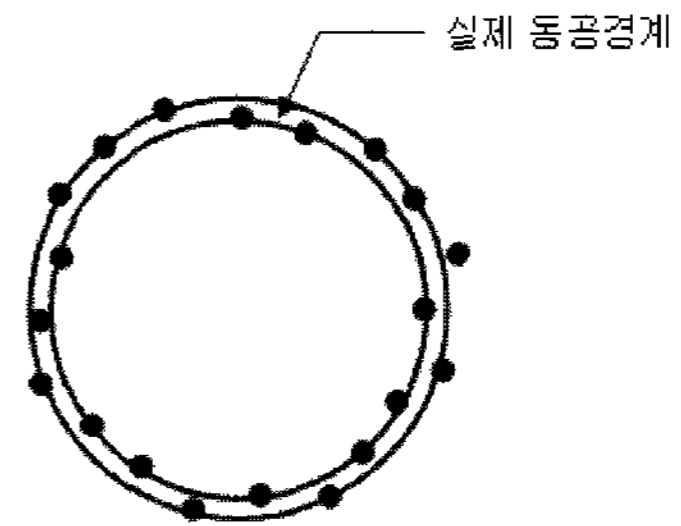


그림 4. 실제 동공의 경계와 검출된 경계점
Fig. 4. Real pupil boundary and the detected boundary

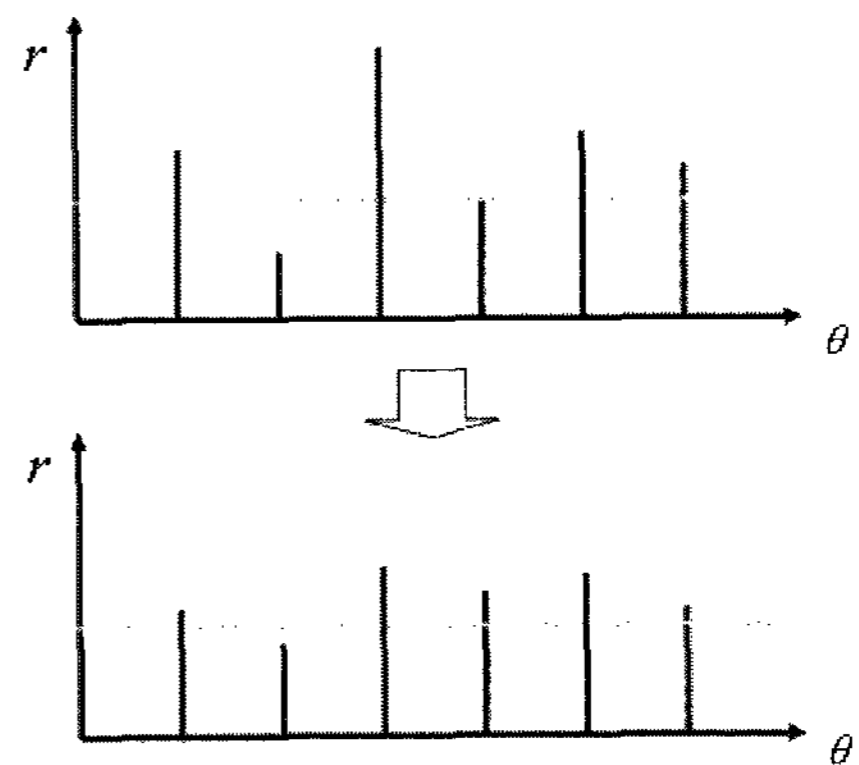


그림 5. LPF를 통과한 경계점의 거리
Fig. 5. Boundary filtering using low-pass filter

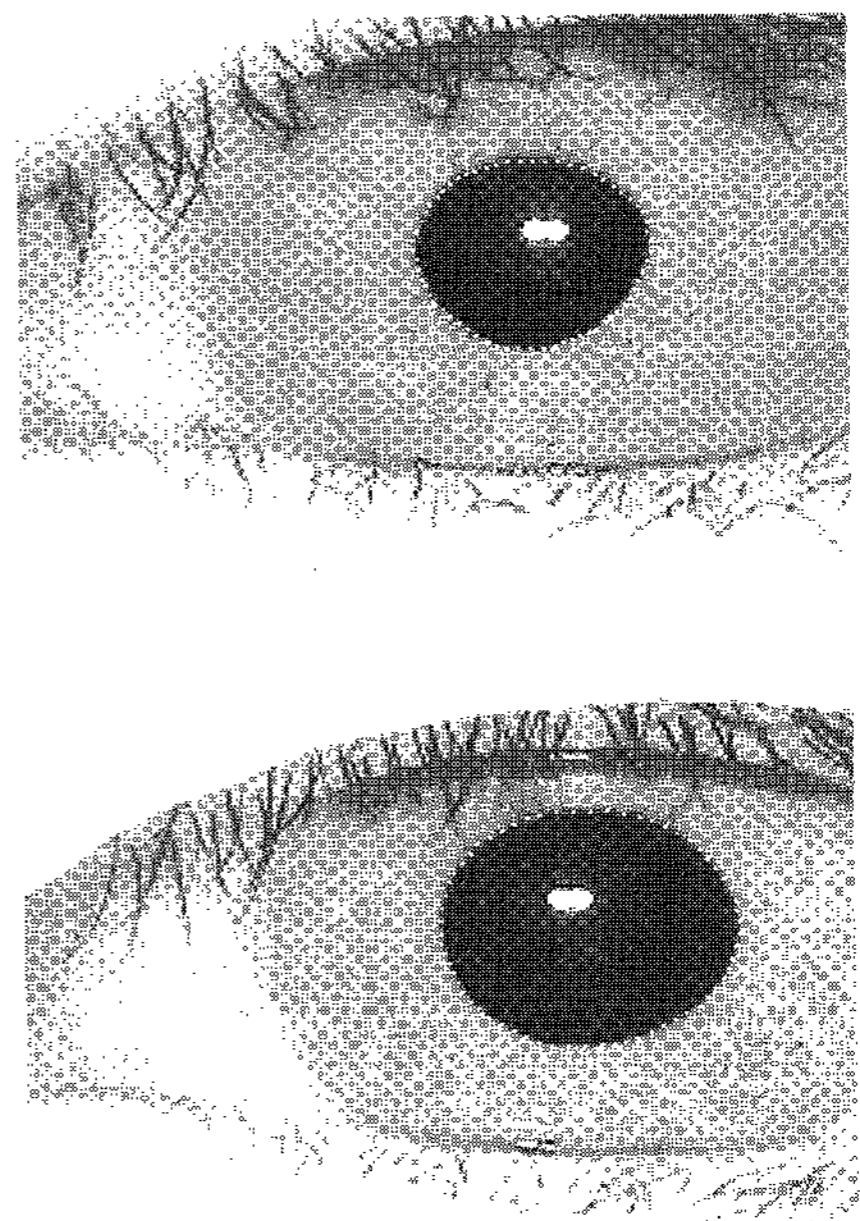


그림 6. Active Contour Model 기법을 이용한 동공 경계 검출
Fig. 6. Detection of pupil boundary using the ACM

나. 응용된 최소자승법을 이용한 외부 경계 검출

홍채 영역을 분리하기 위해서는 동공의 경계와 공막과 홍채 경계인 홍채 외부경계를 구하여야한다. 하지만 동공의 경계와 달리 홍채의 경계는 명암의 구분이 확연하지 않기 때문에 Active Contour Model 기법이나 에지 검출 기법을 이용하면 많은 경우에 오류가 발생한다. 또한 조명이나 영상 입력 장비에 따라 그 명암 정도가 달라진다. 따라서 가장 많이 쓰이는 방법이 원형 검출 기법을 이용한 최소 자승법(Least Mean Square Error)이다. 식(6)에서 보듯이 최소 자승법은 원형 검출기의 원호와 에리가 가장 작은 원형 경계를 찾는 것이다. 즉, 최소가 되는 J 를 찾는 것이다.

$$J = \sum_{i=1}^n [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 - r^2]^2 \quad (6)$$

하지만 최소 자승법의 경우 화려한 홍채패턴을 가지는 경우, 또는 강한 잡음이 있는 영상의 경우 실제와 다른 외부경계를 찾는 경우가 존재한다. 왜냐하면 잡음에 의한 에너지를 제외시키지 않은 모든 픽셀에 대하여 에너지 합을 구하기 때문이다. 따라서 잡음에 강인한 새로운 검출 기법이 필요하다.

본 논문에서는 잡음에 의한 경계 추출의 오차를 최소화하기 위하여 우선 홍채 외부 경계 검출 영역을 좌측과 우측의 일정 각도로 좁히고 각각의 영역 안에서 에너지를 크기 순으로 정렬하여 중간에너지들의 합이 가장 작아지는 경계를 검출한다. 대부분의 잡음이나 홍채 패턴은 명암의 변화가 가장 심하기 때문에 Gradient 가 크게 나타난다. 따라서 정렬한 값들의 최소값들과 최대값들을 제외한 나머지 중간 값의 합으로 경계를 검출하여야 잡음에 의한 영향을 최소화할 수 있다.

식(7)은 에너지의 합을 최소로 하는 좌·우측의 경계를 찾는 식이며, 여기에서 α 는 정렬된 에너지 값들 중에서 최대값들과 최소값들의 합을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \min(J_L) &= \int_{\theta_{L1}}^{\theta_{L2}} I(r, \theta) - I(r + \Delta r, \theta) d\theta - \alpha \\ \min(J_R) &= \int_{\theta_{R1}}^{\theta_{R2}} I(r, \theta) - I(r + \Delta r, \theta) d\theta - \alpha \end{aligned} \quad (7)$$

[그림 7]은 실제 좌·우측의 경계를 찾는 범위를 나타낸다.

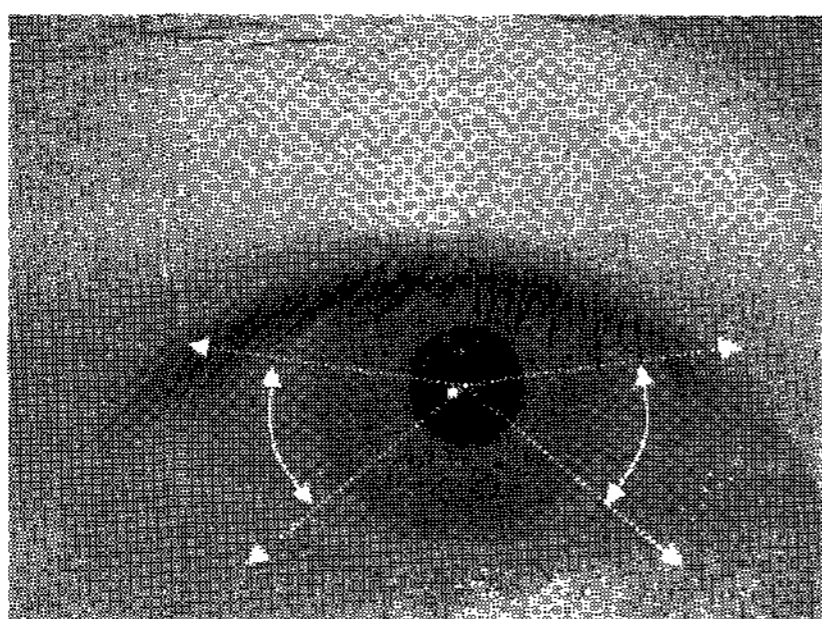


그림 7. 외부경계 검출 범위
Fig. 7. Outer boundary detection area

2.3. 실험 결과 및 분석

가. 실험 환경

본 연구에서는 자동 초점 카메라를 이용하여 영상을 획득 하였다. 사용자는 반투명 거울에 자신의 눈을 맞추어 자동으로 장비 내부의 카메라와 광축을 맞추게 되어 홍채 인식에 적합한 눈영상을 획득하게 된다.

본 논문의 실험에서는 A사의 홍채 인식 장비와 B사의 홍채인식 장비를 이용하여 영상을 획득하였다. 실험의 정확도를 위해서는 많은 수의 데이터와 주변 환경의 변화에 따른 데이터, 그리고 각 장비별 데이터가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 A사의 영상 획득 장비를 이용하여 200개의 데이터를 획득하고, B사의 영상 획득 장비를 이용하여 총 1000개의 데이터를 획득하였다. 실험 데이터의 획득 환경은 동일 사용자의 데이터를 총 3번의 다른 날짜에 획득 했으며, 밝은 조명, 중간 조명, 어두운 조명으로 조도를 낮춰가며 획득을 하였다. 또한 영상은 품질검사 방법을 이용하여 세 가지 등급의 품질로 나누어 획득하여 잡음에 따른 영상을 분리하여 획득하였다.

동일한 데이터로 기존 연구와의 비교 검증을 위하여 위에서 획득한 영상을 혼합하여 200개와 1000개의 데이터를 만들고 동일인의 이미지는 5장과 10장으로 하여 총 40명과 100명의 일치도를 장비별로 실험하였다. 인식률과 에러율을 조사하기 위하여 1:다(多) 매칭을 통해 데이터베이스에 있는 모든 영상의 유사도를 조사하였다. 유사도의 실험결과는 각 방법별 FAR, FRR과 Mahalanobis Distance 등을 사용하여 나타내었다.

나. 실험 및 결과

본 논문에서는 비교를 위해 홍채패턴 분리 방법의 비교 검토를 위하여 동일한 조건의 데이터와 동일한 조건의 실험 방법을 적용하였다. 실험은 원형 검출 기법과 ACM(Active Contour Model)기법을 비교하기 위한 실험이다. 이를 위하여 이용한 각 영상 획득 장비에서 획득한 데이터를 이용하여 총 4×10^4 번(A사)과 10^6 번(B사)의 일치도 조사를 하였다. 결과는 각 실험별 FAR과 FRR, 그리고 동일인과 타인의 클래스간의 거리를 나타내는 Mahalanobis Distance(MD)를 이용하였다.아래 식(8)은 Mahalanobis Distance를 구하기 위해 사용한 식이다.

$$MD(A, B) = \frac{(\mu_A - \mu_B)^2}{\sigma_A \sigma_B} \quad (8)$$

(1) Boles의 영교차점(Zero-Crossing) 방법

정규화된 영상에서 최적의 라인을 검출하여 코드를 생성하고 양자화 하여 Zero-Crossing 기법을 특징추출 방법으로 사용한 경우, 홍채 영역 분리 방법에 따른 실험 결과를 아래 [표 1][표 2]에 나타내었다.

표 1. 원형 검출 기법과 ACM 기법의 클래스간 거리 비교 (Boles)

Table 1. Class distance comparison between circular edge detector and the ACM

| | A사 (200장) | | B사 (1000장) | |
|----|-----------|-------|------------|-------|
| | 원형 검출기 | ACM | 원형 검출기 | ACM |
| MD | 16.53 | 17.44 | 14.90 | 15.63 |

표 2. Boles의 영교차점(zero-crossing) 기법의 실험 결과
Table 2. Experimental results of Boles's zero-crossing method

| | A사 (200장) | B사 (1000장) |
|--------|-----------|------------|
| FAR(%) | 4.30 | 5.19 |
| FRR(%) | 1.03 | 2.12 |
| MD | 17.44 | 15.63 |

(2) Wildes의 웨이블릿 방법

Wildes가 제안한 방법은 다운샘플링된 LL 밴드를 업샘플링하여 바로 전 레벨의 밴드와의 차를 특징으로 이용하는 방법으로 총 4 레벨의 정보를 이용한다. [표 3][표 4]는 Wildes방법을 사용하여 특징을 추출한 경우, 홍채 영역 추출 방법들의 실험 결과이다.

표 3. 원형 검출 기법과 ACM 기법의 클래스간 거리 비교 (Wildes)

Table 3. Class distance comparison between the circular edge detector and the ACM

| | A사 (200장) | | B사 (1000장) | |
|----|-----------|-------|------------|-------|
| | 원형 검출기 | ACM | 원형 검출기 | ACM |
| MD | 33.77 | 38.87 | 34.59 | 41.96 |

표 4. Wildes가 제안한 웨이블릿 기법의 실험 결과
Table 4. Experimental results of Wildes's Pyramid Wavelet method

| | A사 (200장) | B사 (1000장) |
|--------|-----------|------------|
| FAR(%) | 0.60 | 0.58 |
| FRR(%) | 0.38 | 0.31 |
| MD | 38.87 | 41.96 |

다. 결과 분석 및 평가

결과를 분석해 보면, 영역 분할 기법에 따라 결과의 차이가 분명히 나타남을 볼 수 있다. 원형 경계 검출기를 사용하여 홍채 영역을 분할할 경우 ACM기법을 사용하였을 때 보다 인식률이 낮음을 알 수 있다. 실험에서 200장의 A사의 영상을 가지고 실험할 경우 원형 경계 검출 기법과 ACM 기법과의 비교에서 1000장의 B사 영상 보다 많은 차이를 나타내지 않고 있는데, 그 이유는 데이터의 수가 적을수록 주변 환경에 따른 다양한 동공 모양을 가진 경우가 그만큼 많이 나타나지 않기 때문이다. 따라서 홍채 인식 연구 초기부터 지금까지 널리 사용되어지는 원형 경계 검출기법의 경우 적은 양의 데이터를 등록하거나 검증하는 실험 공간에서는 그 문제점이 크게 부각되어지지 않지만, 실제 필드에서와 같이 많은 수의 데이터를 가지고 등록 및 검증을 해야 하는 경우에 문제가 될 수 있는 소지를 많이 가지고 있다.

각 인식 기법별로 결과를 분석해보면, Wildes의 Pyramid Wavelet 기법의 경우 영교차점보다는 인식률이 비교적 높게 나타났다. Wildes의 논문에 제시된 위치이동 인자와 FLD기법은 결과를 상당히 향상시켰고, 등록 코드 자체가

모든 레벨에 고주파 성분을 모두 포함 하고 있기 때문에 비교적 높은 인식 결과를 가져왔다. 하지만 Wildes의 기법은 등록코드가 256바이트 보다 훨씬 크기 때문에 계산시간과 저장 공간에서 문제점이 많이 나타났다.

3. 결 론

본 논문에서는 주변 환경의 변화와 조명강도에 의해 생겨날 수 있는 패턴의 변화에 빠르게 대응하고, 보다 정확하게 홍채 영역을 분할 할 수 있는 유연한 곡선 검출 기법을 제안하였다. 기존의 홍채 영역 분할 기법은 대체로 원형 경계 검출 기법을 이용하였다. 원형 경계 검출 기법은 원호의 형태를 가지는 영역 분할에는 매우 적합한 기법임에는 틀림 없으나 영역 검출에 계산이 오래 걸리고, 또한 원의 형태를 가지고 있지 않은 패턴에 대하여 원형 검출기를 사용할 경우 부정확한 영역 분할의 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 검출영역을 히스토그램과 EM 알고리즘을 이용하여 단순화하고, 제안한 곡선 검출 기법을 이용하여 주변 환경에 따라 다양한 형태를 가지는 패턴들의 경계를 보다 정확하게 검출하였다.

참 고 문 헌

- [1] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics", *Biometrics-Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-41, 1999.
- [2] F. H. Adler, *Physiology of the Eye : Clinical Application*, The C. V. Mosby Company, 1995.
- [3] J. 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, 1993.
- [4] J. G. Daugman and Cathryn Downing, "Recognizing Iris Texture by Phase Demodulation", *The Institution of Electrical Engineers*, 1994.
- [5] J. G. Daugman, "Biometrics personal identification system based on iris analysis", *U.S Patent 5291560*, 1994.
- [6] J. G. Daugman, "High confidence Recognition fo Persons by Rapid Analysis of Iris Texture", *IEEE Conference Publication*, No.408, pp.244-251, May 1995.
- [7] John Daugman, "High Confidence Recognition of Persons by Iris Patterns", *IEEE 35th International Carnahan Conference on Security Technology*, pp. 254-263, 2001.
- [8] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", *IEEE Proceedings*, Vol. 85, No. 9, pp. 1348-1363, September 1997.
- [9] 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.

[10] Y. Zhu, T. Tan and Y. Wang, "Biometric Person Identification based on Iris Pattern". *ICPR2000*, pp.805-808, 2000.

[11] 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 Carnahan Conference*, pp.272-277, 2001.

[12] 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.

[13] 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.

[14] Williams, D., and Shah, M.: 'A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation', *CVGIP: Image Understanding*. Vol. 55, No. 1, pp. 14-26. 1992.

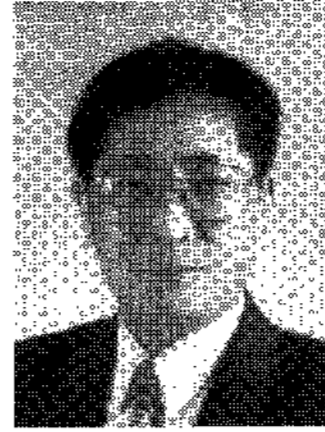
[15] M. Kass, A Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes : Active Contour Models", *Proc. Int'l Conf. Computer Vision, ICCV87*, London, 1987.

[16] Williams, D., and Shah, M.: 'A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation', *CVGIP: Image Understanding*. Vol. 55, No. 1, pp. 14-26. 1992.

저 자 소 개



원정우(Jungwoo Won)
 홍익대학교 대학원 졸업(석사)
 현재 삼성전자 연구원



조성원(Seongwon Cho)
 1982년 : 서울대 전기공학과 졸업.
 1992년 : 미국 Purdue University
 전기컴퓨터공학부 졸업(공학).
 1992-2003년 : 홍익대학교 조교수, 부교수
 2002년 : University of Washington at
 Seattle, Visiting Scholar

본 학회 회원이사, 학술이사, 홍보이사, 편집위원 역임.
 현재 : 본 학회 연구위원장, 홍익대 전자전기공학부 정교수.

관심분야 : 영상처리, 생체인식, 지능시스템, 패턴인식

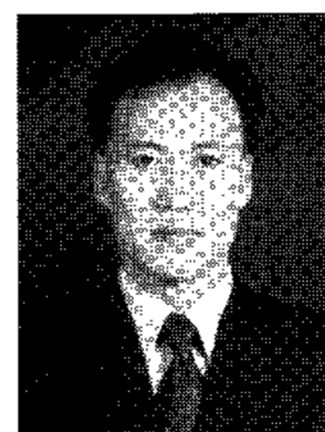
Phone : 02-320-1493
 Fax : 02-320-1119
 E-mail : swcho@hongik.ac.kr



김재민(Jaemin Kim)
 1984년 : 서울대 전기공학과 졸업.
 1994년 : Rensselaer Polytechnic Institute
 전기공학과 졸업 (공학)
 1994-1997년 : 삼성전자 근무
 1997-2001년 : 강원대학교 조교수
 현재 : 홍익대 전자전기공학부 부교수.

관심분야 : 영상처리, 생체인식, 패턴인식, 컴퓨터 그래픽스

Phone : 02-320-1634
 Fax : 02-320-1119
 E-mail : jaemin@hongik.ac.kr



백강철(Kangchul Baik)
 연세대학교 대학원 졸업(석사)
 한국폴리텍대학 전기계측제어과 겸임교수
 현재 (주)바스코리아 대표이사

관심분야 : 빌딩자동화, 자동제어, 영상감시

Phone : 02-894-8822
 Fax : 02-893-9545
 E-mail : bkc@baskorea.com