

잡음과 위치이동에 강인한 새로운 홍채인식 기법

A Novel Iris recognition method robust to noises and translation

원정우*, 김재민**, 조성원***, 최경삼****, 최진수*****

(Jung Woo Won, Jae Min Kim, Sung Won Cho, Kyung Sam Choi, and Jin Su Choi)

* 홍익대학교 전기정보제어공학과(전화:(02)320-1493, 팩스:(02)320-1110, E-mail : chojjaya@empal.com)

** 홍익대학교 전기정보제어공학과(전화:(02)320-1634, 팩스:(02)320-1110, E-mail : jaemin@hongik.ac.kr)

Abstract : This paper describes a new iris segmentation and recognition method, which is robust to noises. Combining statistical classification and elastic boundary fitting, the iris is first segmented. Then, the localized iris image is smoothed by a convolution with a Gaussian function, down-sampled by a factor of , filtered with a Laplacian operator, and quantized using the Lloyd-Max method. Since the quantized output is sensitive to a small shift of the full-resolution iris image, the outputs of the Laplacian operator are computed for all space shifts. The quantized output with maximum entropy is selected as the final feature representation. An appropriate formulation of similarity measure is defined for the classification of the quantized output. Experimentally we showed that the proposed method produces superb performance in iris segmentation and recognition.

Keywords : iris segmentation, iris recognition, shift-invariant, low level of detail

1. 서론

인터넷의 보급과 컴퓨터 산업의 발전, 그리고 통신 산업의 발전은 인류의 생활을 편리하게 하였을 뿐만 아니라 시간에 대한 인식 또한 바꾸어 놓았다. 모든 업무는 실시간으로 처리되어지고, 개인의 정보는 데이터화 되어 저장되어지며, 전산망에 의해 관리되어진다. 하지만 이러한 발전과 더불어 개인정보의 유출 및 도용, 분실 등 많은 피해 또한 속출하고 있는 실정이다. 따라서 최근에는 보안에 관한 관심이 어느 때보다 급증하고 있으며, 이와 관련하여 인간의 생체적·생물학적 특징을 바탕으로 개인의 신분을 확인하는 생체인식(Biometrics) 연구가 활발히 진행되어지고 있다.

생체인식이란 '자동화된 수단으로 특정 개인의 소추된 특성을 검증하거나 신원을 인식하기 위한 측정 가능한 개인의 물리적 특징을 연구하는 학문'으로 정의하고 있으며, 사용되어지는 개인의 특징으로는 물리적 특성인 지문, 얼굴, 장문, 손모양, 망막, 홍채 등이 있으며, 행동적 특성으로는 서명, 음성 등이 있다.[1] 생체인식에 사용되는 특징 중 홍채는 인식에 중요한 요건인 영구성, 유일성이 뛰어나며, 다른 인식 시스템과 달리 비접촉식 시스템 구성을 할 수 있다는 것이 큰 장점으로 꼽힌다.[2] 홍채는 생후 18개월 이후 불변하며, 10억 명당 2명이 유사할 정도로 유일성을 지니고 있다. 또한 홍채인식의 정확도는 여러 실험에 의해 이미 입증되어 있다.

현재까지 다양한 홍채인식 방법이 연구되고, 발표되어 왔다. J.Daugman[3]은 최초로 홍채인식 이론을 세

우고 발표했다. Daugman은 홍채이미지에 2차원 가보 필터(Gabor Filter)를 적용하고, 양자화 하여 특징을 코드화 하였고, 해밍 거리를 이용하여 유사도를 측정하였다. Wildes[4]는 홍채영역의 자동추출 알고리즘에 관하여 연구하였다. Wildes는 입력영상을 웨이블릿 변환 기법을 이용하여 다해상도 피라미드로 분해하고, 바로 전 단계 레벨과의 차이를 양자화 하여 코드화 하고 상관도를 계산하는 방법을 사용하였다. Wildes의 방법은 Daugman의 방법보다 적은 코드로 좋은 결과를 보여 주었다. 하지만 이 두 가지 방법은 모두 고품질의 영상 획득 장비를 통해 일정 밝기의 조명에서 홍채 패턴 변화를 최소화 해 주어야 한다.[4,5,6] 이러한 설정은 필드 영역에서의 요구에 적합하지 않다는 단점을 가지고 있다. 또 다른 홍채인식 방법으로는 Boles[7]가 제안한 zero-crossing 방법이 있다. zero-crossing 기법은 동공과 홍채경계 사이를 일정반경으로 회전하며, 1차원 신호의 밝기 변화를 이용하여 코드화 하는 방법이다. 이 방법은 백색잡음에 강인한 것으로 알려져 있으나 같은 사람일지라도 강인한 노이즈에 의해 zero-crossing 개수가 다를 수 있다는 단점이 있다. 이 단점은 Roche[6]에 의해서 주변 픽셀을 참조함으로써 일부 개선되었다. 하지만 여전히 2차원 접근보다 민감하다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 인식에 사용되어지는 홍채 영역을 추출해 내는 새로운 방법을 소개하고 기존에 발표되어진 인식 방법과 제안한 인식 기법과의 비교 분석을 통해 제안된 방법이 기존 방법의 단점을 보완한 새로운 방법임을 보일 것이다.

II. 홍채 영역 분할 과정

홍채인식을 성공적으로 하기 위해서는 정확한 홍채 영역의 분할이 필수적이다. 홍채가 위치한 영역은 공막과 인접하는 홍채 바깥 경계에서 동공과 인접하는 홍채 안쪽 경계 사이에 위치한다. 실제 경계를 찾는 기법은 원형경계 검출기와 Canny 에지 검출기를 많이 이용한다. 하지만 원형 검출기의 경우 다양한 빛의 양에 의한 동공의 크기 변화가 있을 경우에 많은 오차가 발생한다. 따라서 고가의 장비로 일정한 조명 밝기를 유지해 줘야하며, Canny 에지 검출기의 경우 눈썹이나 눈꺼플 그림자에 민감하게 반응하기 때문에 문제의 소지가 있다. Fig. 1은 빛의 밝기에 따른 동공의 변화를 보여준다.

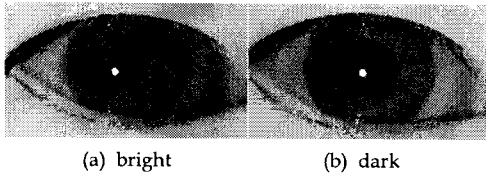


Fig. 1 Deformation of a pupil shape due to illumination

1. 확률적 기법을 이용한 눈 영상의 분할

동일한 영상 획득 장비를 이용할 경우 영상은 비슷한 히스토그램 분포를 가지게 된다. 이 히스토그램을 여러 개의 가우시안 분포가 혼합된 모델로 보고 이들 각각의 가우시안으로 다시 추출해 내는 기법을 이용하면 입력 영상을 단순화 할 수 있다.[9,10] 식(1)은 3개의 가우시안 함수의 중첩을 나타낸다.

$$p(x) = \sum_{k=1}^3 \omega_k f(x | \mu_k, \sigma_k) \quad (1)$$

여기서 $f(x)$ 는 가우시안 함수이고, μ_k, σ_k 는 각각의 평균과 분산을 w_k 는 결합 상수를 나타낸다.

각 영역의 평균과 분산을 구하고 EM 알고리즘[9,10]에 적용하여 각각의 가우시안 함수를 분리한다. Fig. 2(a)는 입력 영상의 히스토그램을 여러 개의 혼합 가우시안 분포로 나타낸 그림이고, (b)는 EM 알고리즘과 모델 피팅 기법을 이용하여 영역을 분할한 영상이다.

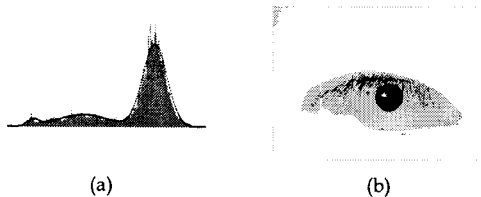


fig. 2 Segmentation results

2. 유연한 경계 검출기를 이용한 동공 경계 검출

영역이 분리되어지면 동공영역의 위치를 비교적 빠르고 정확하게 찾아낼 수 있다. 대략적인 위치와 동공의 반지름 등이 구해지면, 탄력적인 타원 검출기를 이용하여 입력영상에서 동공의 경계를 찾게 된다. 동공의 경계는 여러 개의 점으로 표시되어지며 각각의 점은 식(2)를 최소화하는 지점이다.

$$E = \sum_{i=0}^n [\alpha(v_i)E_{cont}(v_i) + \beta(v_i)E_{curv}(v_i) + \gamma(v_i)E_{image}(v_i)] \quad (2)$$

여기서 v_i 는 화소의 위치를 나타내며, E_{cont} 는 연속에너지, E_{curv} 는 곡률에너지, E_{image} 는 밝기에너지를 의미한다. 그리고 α, β, γ 는 각각 에너지의 가중치를 나타내며, 에너지의 합이 수렴될 때까지 같은 수행을 반복해 줌으로써 실제의 경계에 가까워진다.[8]

3. 중간 에너지를 이용한 홍채 외부 경계 검출

홍채 외부경계의 경우 동공처럼 경계가 확실하지 않기 때문에 원형검출 기법을 이용한다. 기존의 원형 검출 기법[3]은 식(3)과 같이 원주 밝기가 최대로 변하는 지점의 중심과 반지름을 찾는 방법인데, 이 방법의 경우 눈썹이나 홍채 패턴의 밝기 변화에 민감하기 때문에 문제점이 있다.

$$\frac{\partial}{\partial r} \int_{x_0, y_0} I(x, y) \quad (3)$$

따라서 원형 검출기를 변형하여 일정 각도와 반경에서 원형 검출기법을 응용하여 사용한다.

$$\min_{r,c} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_1}^{r_2} I(r, \theta) - I(r + \Delta r, \theta) d\theta - \alpha \quad (4)$$

식(4)는 변형된 원형 검출기이며 변화 값을 정렬하여 최대값의 일정 부분(α)을 제외한 중간 값의 합으로 원주 밝기가 최대로 변하는 지점을 찾는다. 일정 부분의 값을 제외시키는 이유는 눈썹이나 홍채 패턴에 의한 에너지변화 때문이다. 보통 눈썹이나 홍채 패턴에 의한 변화값은 최대에너지 변화 화소에 집중되어 있다. Fig. 3은 실제 동공경계 검출 기법과 홍채 외부 경계 검출 기법을 이용하여 경계를 검출한 그림이다.

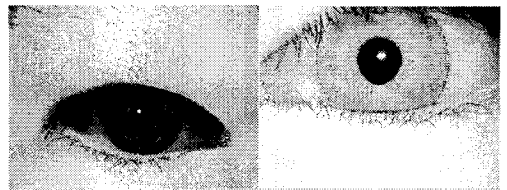


Fig. 3 The pupillary contour is indicated

III. 특징 추출 과정

1. 홍채 패턴의 정규화

홍채 영상은 동일한 시스템으로 얻는다 하여도 시간에 따라 그리고 조명 각도에 따라, 이용자의 위치변화에 따라 조금씩 다른 품질의 영상을 얻게 된다. 또한 조명의 변화는 동공의 수축과 이완을 일으켜 패턴 변화를 야기 시킨다. 따라서 홍채 패턴을 분석하기 위해서는 동공크기의 변화를 보상해 주어야만 한다. 보상해 주는 가장 공통적인 방법은 고정된 일정크기의 블록으로 홍채 패턴을 정규화 하는 방법이다.[4] 아래 식은 정규화 하는 과정을 나타낸다.

$$s(i, j) = s[r_j \cos(\theta_i), r_j \sin(\theta_i)], \quad i = 1, K, N_1, \quad j = 1, K, N_2$$

$$\theta_i = i \cdot (\theta_2 - \theta_1) / N_1,$$

$$r_k = k \cdot \Delta R(\theta_i),$$

$$\Delta R(\theta_i) = \|l(\theta_i) - p(\theta_i)\| / N_2, \quad (5)$$

여기서, $s(i, j)$ 는 2차원으로 정규화 될 블록의 화소이고, $l(\theta_i)$ 는 홍채 외부경계 점, $p(\theta_i)$ 는 동공경계 점을 나타낸다. Fig. 4(a)는 정규화되기 전이고 (b)는 정규화된 이미지이다.

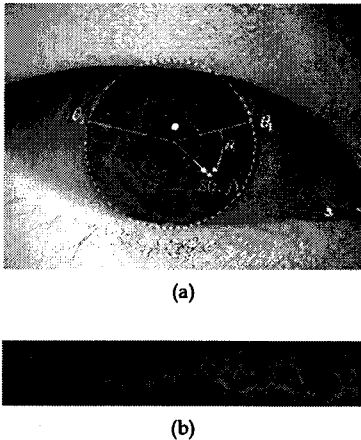


Fig. 4 Normalized iris image

2. 위치 이동을 고려한 특징 추출 기법

웨이블릿을 이용한 홍채특징 추출 과정에서 높은 레벨의 이미지는 낮은 레벨의 이미지에 비해 잡음에 민감하다. 따라서 일반적으로 피라미드 형성 과정에서 저역통과 필터를 사용하여 다운샘플링을 하게 된다. 다운샘플링된 코드는 라플라시안 필터를 통과하게 되고, 로이드 양자화에 의해 코드화 된다.

높은 레벨에서 애지성분에서의 이동은 하위레벨에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 입력 영상의 다운샘플링 과

정에서 이동 가능한 모든 공간에 라플라시안 오퍼레이터를 이용하여 코드화 하여야 한다. 위치이동에 관한 다양한 논문[11,12,13]이 이미 발표 되어 있고, 이 논문에서는 Liang[11]의 기법에 라플라시안 오퍼레이터를 사용하였다. 아래 Fig. 5는 위치이동을 고려한 웨이블릿 기법을 나타내며, G 는 저역 필터를, m 은 다운샘플링 인자를 Z 는 위치이동 함수를 L 은 라플라시안 필터를 나타낸다.

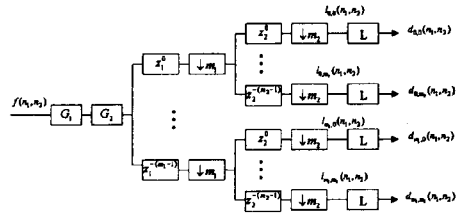


Fig. 5 Shift-invariant multiscale Laplacian Operator

IV. 실험 결과

실험은 Martin-Roche[6]가 제안한 zero-crossing 기법과 Wildes[4]가 제안한 웨이블릿 기법과 비교하였다. 실험에 사용한 데이터베이스는 동일인에 대하여 시간과 장소를 변경하여 획득하였고, 서로 다른 데이터를 이용하여 총 40000번의 유사도 실험을 하였다. 본 논문에서 제안한 기법을 수행하기 위해 실험에 의해 웨이블릿 피라미드에서 가장 적절한 밴드를 결정하였다. 그 이유는 하위레벨의 경우 많은 정보의 손실이 있을 수 있고, 또한 상위레벨일 수록 잡음에 민감하기 때문에 적절한 밴드의 선택이 필요하였다. Fig. 6은 데이터 간 상관도 결과 그래프이다. 모든 방법은 1-NN 방법을 사용하였고, [0,1]사이에서 정규화 시켰으며, 동일 클래스와의 상관도는 검은 막대로, 타 클래스와의 상관도는 회색으로 표시하였다.

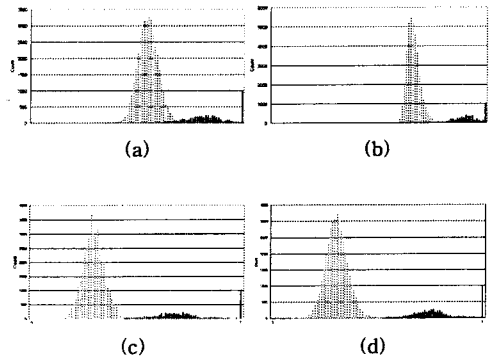


Fig. 6 Similarity Degrees : (a) zero-crossing, (b) the pyramid wavelet, (c) the multiscale Laplacian, (d) the shift-invariant multiscale Laplacian

아래의 Table 1은 각 기법을 이용하였을 때의 FAR과 FRR을, Table 2는 최적의 기준값을 정하였을 때의 에러율을 각각 나타내었다.

Threshold	FAR(%)	FRR(%)	Threshold	FAR(%)	FRR(%)
0.64	5.7	2.1	0.74	2.0	0.8
0.65	3.8	2.7	0.75	1.22	1.1
0.66	2.4	3.6	0.76	0.68	1.7
0.67	1.5	4.1	0.77	0.37	2.2
0.68	0.9	5.2	0.78	0.16	3.1

(a)

(b)

Threshold	FAR(%)	FRR(%)	Threshold	FAR(%)	FRR(%)
0.44	1.27	0.0	0.49	0.203	0.0
0.45	0.89	0.0	0.50	0.144	0.0
0.46	0.55	0.0	0.51	0.082	0.2
0.47	0.37	0.2	0.52	0.046	0.1
0.48	0.28	0.4	0.53	0.020	0.2

(c)

(d)

Table 1. FARs and FRRs of four different methods: (a) the zero-crossing method, (b) the pyramid wavelet decomposition method, (c) the multiscale Laplacian method, (d) the shift-invariant multiscale Laplacian method.

Method	Classification fail rate
Zero-crossing	3.00%
Pyramid wavelet decomposition	0.58%
Multiscale Laplacian	0.28%
Shift-invariant multiscale Laplacian	0.04%

Table 2. Classification results of four methods

V. 결론

본 논문에서는 확률적 가우시안모델을 이용하여 영역을 분할함으로써 각 영역 검출에 걸리는 시간을 단축시킬 수 있었고, 신속성 있는 경계 검출 기법을 사용하여 동일 사용자에게 일어날 수 있는 환경적 요인에 의한 에러를 줄여줌으로써 인식률을 높일 수 있었다. 또한 기존 웨이블릿방법은 입력영상의 작은 위치 이동으로 하위 레벨에서 큰 위치 이동 오차가 생길 수 있는 단점이 있었지만, 본 논문에서는 이것을 극복하기 위해 모든 위치 이동 공간을 고려하여 특징을 추출함으로써 위치 이동에 의한 에러를 줄일 수 있었다.

실험결과에서 보듯이 본 논문은 홍채영역 분할과 특징 추출에 있어 기존의 방법이 지니고 있던 단점을 보완함으로써 보다 신속하고 정확한 홍채인식 기법을 제시하였다는 것에 의의가 있다고 할 수 있다.

참고문헌

[1] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics",

Biometrics-Personal Identification in Network Society, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-41, 1999.

[2] F. H. Adler, Physiology of the Eye. St. Louis, MO: Mosby, 1965.

[3] J. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Person by a Test of Statistical Independence," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, pp. 1148-1161, 1993.

[4] R. P. Wildes, "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," Proceedings of the IEEE, vol. 85, pp.1348-1363, 1997.

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

[6] 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.

[7] W.W.Boles and B.Boashash "A human Identification Technique using Image of the Iris and Wavelet Transform," IEEE Transaction On Signal Processing, Vol.46, no.4, pp.1185-1188, April 1998.

[8] 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.

[9] J. Li and A. Barron, Mixture Density Estimation, in Solla, Leen, and Mueller (eds.), Advances in Neural Information Processing Systems 12, The MIT Press, 2000.

[10] A. Lundervold and P. Storvik, "Segmentation of brain parenchyma and cerebrospinal fluid in multispectral magnetic resonance images," IEEE Trans. Medical Imaging, vol.14, pp. 339-349, Jun. 1995.

[11] J. Liang and T. W. Parks, "Image coding using translation invariant wavelet transforms with symmetric extensions," IEEE Trans. Image Processing, vol. 7, No.2 1998.

[12] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, pp 710-732, July 1992.

[13] E. P. Simoncelli, W. T. Freeman, E.H. Adelson, and D. J. Heeger, "Shiftable multiscale transforms," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 38, pp 587-607, Mar. 1992.