

그라디언트의 방향 히스토그램을 이용한 홍채 특징 추출

최창수*, 조형구*, 전병민*
*충북대학교 컴퓨터공학과
e-mail:c415119@naver.com

Iris Feature Extraction Using Gradient Orientation Histogram

Chang-Soo Choi*, Hyeong-Ku Cho*, Byoung-Min Jun*
*Dept of Computer Engineering ChungBuk University

요 약

홍채인식은 홍채의 무늬 패턴 정보를 이용하여 동일인 여부를 판별하는 생체인식 기술이다. 최근 들어 홍채정보를 이용하여 출입통제, 정보보안등의 분야에 많이 활용되고 있다. 이러한 홍채 인식 시스템에 있어 조명의 영향이나 동공의 크기, 홍채의 회전 등 홍채 취득시 다양한 환경 조건으로 인해 발생할 수 있는 홍채 무늬 패턴의 변화에 강인한 특징을 추출하는 것은 홍채인식에 있어 매우 중요한 과제이다. 본 논문에서는 국부적 방향 히스토그램을 이용한 새로운 홍채 특징 추출 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 성능면에서 기존의 방법들과 비교하여 대등한 성능을 보여주는 것을 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

사용자를 인식하는 생체인식기술(Biometrics)은 지문, 얼굴, 정맥, 목소리 그리고 홍채 등 사람마다 다른 특징을 인식시켜 패스워드로 활용하는 것이다. 이중 홍채 인식은 사람마다 고유한 특성을 가진 안구의 홍채정보를 이용하는 것으로 데이터의 신뢰성, 불변성, 인식률 면에서 지문 또는 얼굴인식에 비해 가장 발전한 보안시스템이다. 홍채는 복잡한 패턴을 가지고 있고 외부적인 상해로 인한 변형이 없으며 평생 불변이라는 특징을 가지고 있다. 홍채의 장점을 이용한 연구는 지금까지 Daugman[1]과 Boles[5] 등에 의해 활발한 연구가 수행되어 왔다. 이러한 홍채 인식 시스템에 있어 조명의 영향이나 동공의 크기, 머리의 기울어짐 등으로 인해 발생할 수 있는 홍채패턴의 변화에 대해 무관한 특징을 추출하는 것은 중요한 과제이다. 이 중 동공의 크기 변화에 대해서는 직교 좌표계 변환을 통한 정규화를 이용해 대처할 수 있지만 이것만으로는 조명의 변화나 홍채 패턴의 변화에 대해 강인한 특징을 얻을 수 없다는

문제가 있다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 국부적 그라디언트 방향 히스토그램(local gradient orientation histogram)을 이용한 홍채 특징 추출 방법을 제안한다. 국부적 그라디언트 방향 히스토그램 방법은 홍채를 지역적 특징을 반영할 수 있도록 작은 블록으로 분할한 후 각 영역에서 그라디언트 방향의 히스토그램을 구하여 이를 각 영역에 대한 기술자로 사용하는 방법이다.

2. 제안한 홍채특징 추출 방법

2.1. 전체 흐름도

그림 1은 본 논문에서 제안하는 홍채 특징 추출을 위한 전체 흐름도를 나타낸 것이다. 취득된 영상으로부터 동공과 홍채 검출 단계를 거친 후 홍채 영역 정규화를 통해 얻어진 홍채 영상에 대하여 그라디언트 방향을 구하고 홍채 영역을 분할하여 각 분할 영역별로 히스토그램을 구하는 단계를 통하여 홍채 특징을 추출한다.

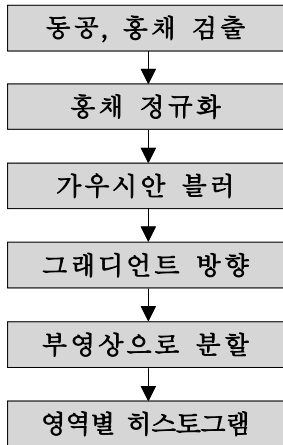


그림 1. 홍채 특징 추출 과정의 전체 흐름도

2.2. 그래디언트 방향 히스토그램을 이용한 홍채 특징 추출방법

영상 $I_{x,y}$ 의 그래디언트 $G_{x,y}$ 는 식(1)과 같다.

$$G_{x,y} = \left(\frac{\partial I_{x,y}}{\partial x}, \frac{\partial I_{x,y}}{\partial y} \right) \quad (1)$$

이때 그래디언트의 방향 $\theta_{x,y}$ 는 다음과 같다.

$$\theta_{x,y} = \tan^{-1} \left(\frac{\partial I_{x,y}}{\partial y} / \frac{\partial I_{x,y}}{\partial x} \right) \quad (2)$$

그래디언트의 방향은 영상의 밝기와 대비의 변화에 강인한 특성을 지닌다[2][3]. 국부적 그래디언트 방향 히스토그램은 다음 과정을 통해 구해진다. 정규화된 홍채에 소벨 연산자를 적용하여 그래디언트 방향을 계산한다. 이때 정규화된 홍채에 대해 직접 그래디언트 방향을 구하면 노이즈에 민감할 수 있기 때문에 가우시안 블러를 적용하여 영상을 부드럽게 한다. 그림 2-(d)는 정규화된 홍채에 대해 각 픽셀에서 구한 그래디언트의 방향을 나타낸 그림이다.

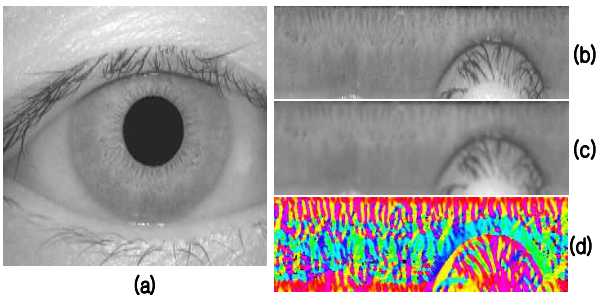


그림 2. 입력 영상과 정규화된 홍채 (c) 가우시안 블러 (d) 그래디언트 방향 영상

이렇게 구해진 그래디언트 방향 영상을 가로 C, 세로 R개로 분할하여 $R \times C$ 개의 부영상(sub-image)으로 나눈 후 부영상별로 그래디언트 방향 각도에 따른 히스토그램으로 구한다. 이때 그래디언트 방향은 0° 에서 360° 의 범위를 가지므로 $360^\circ/B^\circ$ 간격을

하나의 빈(bin)으로 하여 총 B개의 빈을 가지는 히스토그램으로 만든다. 이렇게 만들어진 히스토그램을 B개의 요소를 가지는 하나의 벡터로 표현한다면 총 $R \times C$ 개의 벡터로 기술될 수 있다. 그림 3는 부영상들로 분할된 그래디언트 방향 영상과 부영상 중 하나에서 계산된 히스토그램의 예를 보여준다.

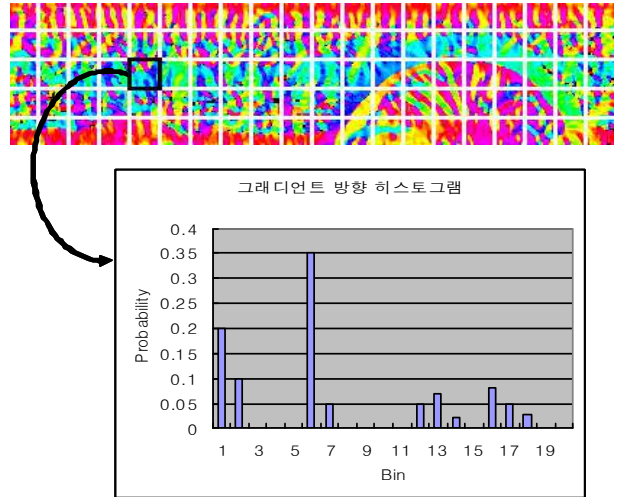


그림 3. 부영상으로 분할된 홍채와 계산된 그래디언트 방향 히스토그램

홍채간 비교는 MAD(Mean Absolute Difference)를 이용하여 식(3)과 같이 특징벡터간 거리 d를 구하여 수행된다.

$$d(I_{DB}, I_Q) = \frac{1}{RC} \sum_j^C \sum_i^R \vec{v}_{DB}(i,j) - \vec{v}_Q(i,j) \quad (3)$$

여기서 I_{DB} 와 I_Q 는 각각 기준영상과 입력 영상의 정규화된 홍채를 의미하고, $\vec{v}(i,j)$ 는 홍채의 (i,j) 위치의 부영상의 히스토그램을 의미한다.

3. 실험 고찰

3.1. 데이터셋(dateset)구성

본 논문에서는 CASIA 데이터베이스[8]를 사용하여 제안한 방법에 대한 성능 평가를 수행하였다. CASIA DB는 8비트 그레이 영상으로 320x280 픽셀의 해상도를 가진 총 756장의 영상으로 구성되어 있다. 먼저 그래디언트 방향 히스토그램 기술자의 성능을 결정하는 요소들의 값을 찾기 위해 756 장으로 구성된 데이터셋을 사용하였다.

3.2. 성능 평가 방법

제안된 방법의 성능 평가를 위한 방법으로 Index $d'(d\text{-prime})$ 을 사용하였다. Index d' 은 Daugman에 의해 제안된 성능 평가 방법으로 식(4)과 같이 표현된다[4].

$$d' = \frac{\mu_A - \mu_I}{\sqrt{(\sigma_A^2 + \sigma_I^2)}/2} \quad (4)$$

여기서 μ_A 와 μ_I 는 각각 동일인과 타인의 거리 분포의 평균값이며, σ_A^2 과 σ_I^2 은 각각의 분산 값이다. Index d' 값은 두 분포의 거리가 멀리 떨어질수록 분산이 작을수록 그 값이 증가하며, 두 시스템 간에 이 값이 더 큰 쪽이 더 우수한 성능을 나타냄을 의미한다.

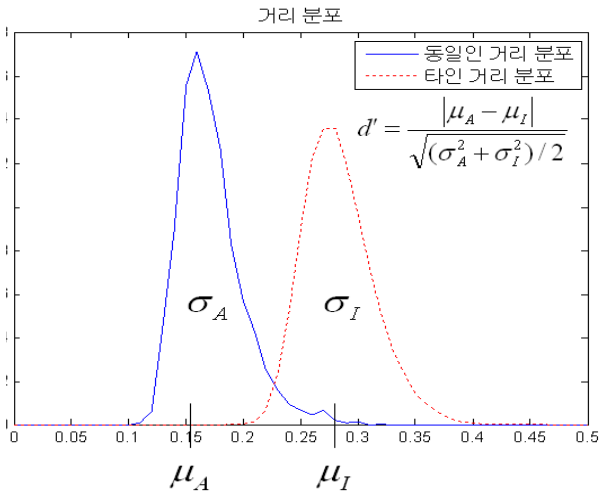


그림 4. 홍채 인식 성능 평가 지표

3.3. 실험 결과

3.3.1. 히스토그램 bin의 개수 B에 따른 성능

히스토그램은 몇 개의 bin(빈)으로 나누는가에 따라 성능이 변하게 된다. B의 개수가 증가함에 따라 성능이 점차 개선되어 B=10에서 최고의 성능을 나타낸다.

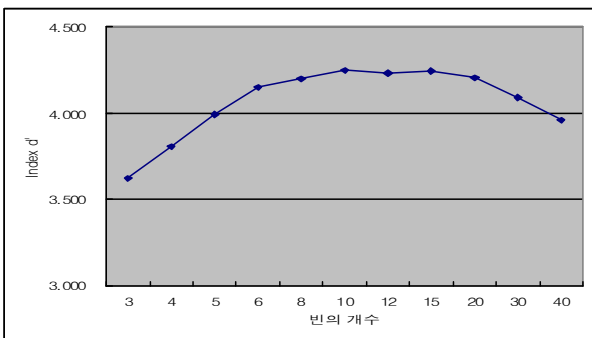


그림 5. bin의 개수에 따른 성능

3.3.2. 행(row) 분할 개수 R

bin의 개수 B=10, 열 분할 개수 C=30으로 고정했을 때, 행 분할 개수 R에 따른 인식 성능을 나타낸 것이다. R의 개수가 늘어남에 따라 성능이 향상되지만 특정 지점을 넘어서면 성능이 저하되는 것을 볼 수 있다.

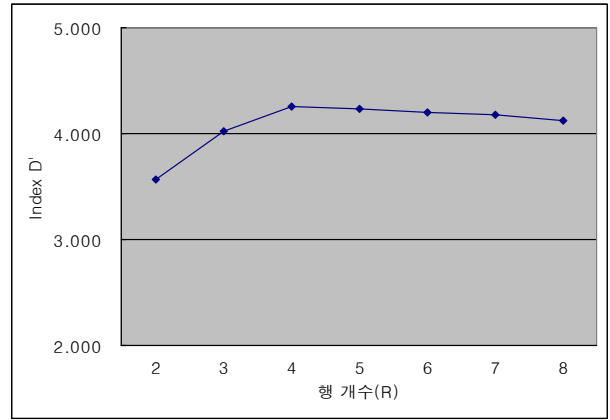


그림 6. 행개수(R)에 따른 성능

3.3.3. 열(column) 분할 개수 C에 따른 성능

bin의 개수 B=10, 행 분할 개수 R=4로 고정시킨 뒤 열 분할 개수 C에 따른 성능을 보여준다. C=30에서 가장 좋은 성능을 보이고 그 이상으로 증가하면 성능이 점점 저하된다.

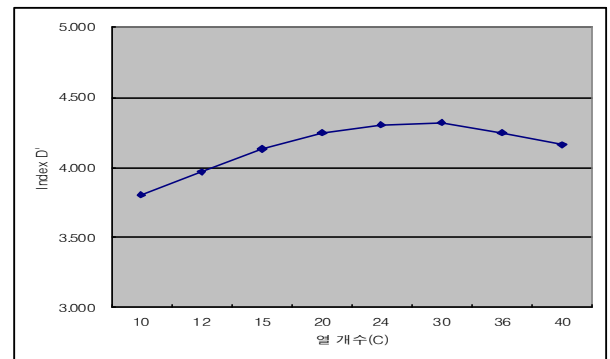


그림 7. 열개수(C)의 변화에 따른 성능

3.3.4. 인식률 평가

표 1은 문턱치(threshold)에 따른 FAR(False Acceptance Rate : 등록되지 않은 타인을 받아들이는 오류율)과 FRR(False Rejection Rate : 등록한 본인을 거부할 오류율)을 나타낸 결과이고 그림 8은 동일 홍채 간 거리 분포와 타인 홍채 간 거리 분포를 나타낸 그림이다. 그림 9에서 EER(Equal Error Rate)은 문턱치 0.32일 때 약 1.8%로 나타났다.

표 1. 문턱치 변화에 따른 Error 변화

문턱치	FAR	FRR
0.28	0.000%	8.808%
0.29	0.008%	5.962%
0.3	0.067%	4.291%
0.31	0.374%	3.162%
0.32	1.627%	2.078%
0.33	5.191%	1.310%
0.34	12.429%	0.768%

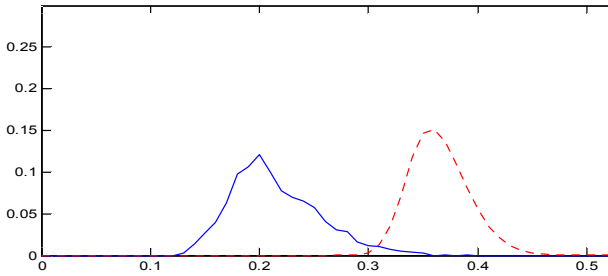


그림 8 동일인 및 타인 홍채 간 거리 분포

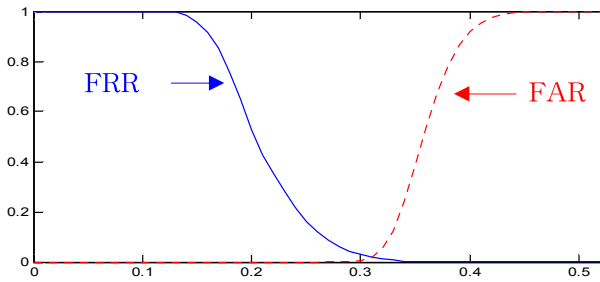


그림 9. FAR-FRR 곡선

표 2는 CASIA DB에 대한 기존의 알고리즘과 제안된 방법의 인식률이다. 기존의 방법과 대등한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

표 2. CASIA DB에 대한 인식률

방법	인식률
Daugman[1]	99.37%
Boles[5]	92.61%
Li Ma[6]	94.33%
Y. Wang[7]	98.21%
Proposed	98.61%

4. 결론

본 논문에서는 국부적 그래디언트 방향 히스토그램을 이용하여 조명의 영향이나 홍채 패턴의 변화에 대해 강인한 특징을 추출하는 방법을 제안하였다. 그래디언트 방향은 조명의 밝기나 대비에 무관한 특성이 있으며 그 히스토그램은 정규화된 홍채를 적절한 크기로 분할하는 경우 성능면에서 기존의 연구방법과 비교하여 대등한 결과를 보여준다. 향후 연구 과제로, 국부적 그래디언트 방향 히스토그램 방법의 인식 성능을 저하시키지 않으면서 특징량을 줄일 수 있는 표현 방법에 대한 연구가 필요하며, 회전된 영상에 대한 인식성을 높일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] John G. Daugman. "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence." IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15(11):1148-1161.
- [2] Zhenan Sun, Yunhong Wang, Tieniu Tan, Jiali Cui, "Robust direction estimation of gradient vector field for iris recognition." 17 th ICPR, 2004.
- [3] William T. Freeman, Michal Roth, "Orientation Histograms for Hand Gesture Recognition." In International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, 1995
- [4] J. Daugman and G.O. Williams, "A proposed standard for biometric decidability.", In Card TechSecureTech, pp. 223-224, Atlanta, GA, 1996.
- [5] W.W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform." IEEE Trans. Signal Processing, vol. 46, no. 4, 1998, pp. 1185-1188.
- [6] Li Ma and T. Tan, "Personal Identification Based on Iris Texture Analysis." IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 12, 2003.
- [7] Y. Wang and J. Han, "Iris Recognition Using Independent Component Analysis." Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics, 2005, pp. 18-21.
- [8] <http://www.sinobiometrics.com>