

통계적 홍채 특징 추출 방법

배광혁, 이철한, 노승인, 김재희

연세대학교 전기전자공학과

전화 : 02-2123-4537 / 핸드폰 : 016-725-7828

Feature Extraction for Iris Recognition by Using Statistical Methods

Kwang-Hyuk Pae, Chul-Han Lee, Seung-In No, Jaihie Kim

Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei Univ.

E-mail : paero@yonsei.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose the iris feature extraction by using statistical methods. There are many approaches for iris feature extraction, but most of them require a set of parameters that one should choose for the transformation to obtain a useful representation of the iris. It would be most useful to estimate the method of the iris feature extraction from iris itself. Therefore, we apply the unsupervised statistical methods for the iris feature extraction.

I. 서론

현대 정보통신의 발전과 더불어 정보보호의 필요성이 중요해지고, 따라서 정보보호를 위해 보다 안전한 개인식별 방법이 요구되고 있다. 기존의 개인식별 방법은 물리적 방법과 지적인 방법들이 사용되어 왔다. 예를 들면, 열쇠, 신분증, 비밀 번호 등의 방법들이 있지만 이들 방법들은 분실이나 도용의 위험성과, 항상 지녀야

하는 불편함 때문에 이를 해결하기 위한 새로운 개인식별 방법으로 개인의 신체적 특징이나 습관 등을 이용한 생체인식 방법이 연구되고 있다. 대표적으로 홍채, 지문, 얼굴, 정맥, 서명 등이 있으며, 이 중 홍채를 이용한 개인식별 방법은 분별력이 뛰어나고 신체적 접촉 없이 인식에 필요한 홍채 영상을 획득할 수 있어 각광받고 있다. 홍채는 눈 영역에 존재하는 영역으로 카메라의 조리개 역할을 하는 수많은 무늬 형태의 힘줄로 구성되어 있다. 이러한 홍채의 무늬패턴은 주변 조명 환경에 따라 동공이 수축하거나 팽창하더라도 그 고유의 형태는 변하지 않고, 단지 그 영역의 크기만 변화하는 특성을 갖고 있다. 홍채를 이용한 개인식별을 위해 이러한 고유의 홍채 특징을 효율적으로 추출하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다[1][2].

본 논문에서는 기존의 가버(Gabor) 필터 방법과 제안한 통계적 홍채 특징 추출 방법인 주성분분석(Principal Component Analysis) 방법과 독립성분분석(Independent Component Analysis) 방법을 제안하고 실험을 통해 성능을 비교 분석한다.

II. 기존의 홍채 특징 추출 방법

홍채 영상과 같은 복잡한 텍스처로부터 특징벡터를 효과적으로 찾아내는 방법으로 가버 필터가 널리 쓰이고 있다. 가버 필터는 공간, 방향, 그리고 주파수 정보를 동시에 파악할 수 있는 특성이 있다. 기존의 홍채 인식 시스템은 홍채 영역의 명암도 값에 대한 가버 변환을 통하여 홍채 영역의 공간과 주파수에 대한 정보를 가진 변환 계수를 홍채 특징 벡터로 사용한다.[1] Daugman은 홍채의 특징 벡터를 추출하는 방법으로 2차원 가버 필터, 식 (1)를 제안하였다[1]. 여기서 (x_0, y_0) 는 영상 내의 특정 위치를 나타내고, (α, β) 는 유효 폭과 길이를 나타내며, (u_0, v_0) 는 변조(modulation)를 나타낸다. 식 (1)은 홍채 식별을 위하여 식 (2)과 같이 극좌표계(polar coordinate)로 변환된다.

$$G(x, y) = e^{-\pi[(x-x_0)^2/\alpha^2 + (y-y_0)^2/\beta^2]} \quad (1)$$

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

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} \quad (2)$$

홍채 영상에 2차원 가버 필터를 적용한 후 양자화를 통하여 코드를 생성하고 Hamming distance에 의해 홍채 특징 벡터를 비교 한다.

III. 제안한 통계적 홍채 특징 추출 방법

데이터를 표현하는 방법으로 선형 변환 방법이 널리 사용되고 있다. 대표적인 예로 가버, 푸리에(Fourier), 코사인(cosine) 변환 등이 있다. 이들 선형 변환 방법은 고정된 기저(basis)를 사용한다. 하지만 데이터를 표현하는 가장 이상적인 방법은 표현하고자 하는 데이터 자체에서 선형 변환 함수를 유도하는 방법이다. 즉, 통계적인 방법을 이용한 비교사 학습방법(unsupervised learning)을 통해 선형 변환의 계수를 구한다. 최근 데이터 분석, 특징 추출, 데이터 압축 등에서 통계적인 방법으로 주성분분석 방법이나 독립성분

분석 방법이 사용되고 있다. 이러한 통계적 방법을 이용하면 홍채 특징을 효율적으로 추출할 수 있다.

3.1 주성분분석(PCA) 방법

주성분분석 방법은 중복성(redundancy)을 줄이는 방향을 찾는 방법으로 테이터를 잘 표현할 수 있다. 이는 직교 좌표계를 회전시켜 새로운 좌표계에서 테이터들이 비상관성(uncorrelated)을 갖게 만든다. 동시에 새로운 좌표계에 사영하여 데이터의 분산이 최대가 되는 축을 찾게 된다. 홍채의 영상에서도 중복성을 줄이는 방향으로 홍채 영상의 차원을 줄여 특징을 추출하는 주성분분석 방법을 적용할 수 있다.

p 개의 입력 벡터 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p$ 로부터 선형변환에 의하여 k 개 ($k \leq p$)의 주성분 벡터를 식 (3)과 같이 선형 변환 방법으로 구할 수 있는데, $\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_p$ 를 구하는 문제는 곧 계수벡터 a_1, a_2, \dots, a_p 를 구하는 것이다. 이와 같은 계수벡터를 구하는 원리는 \mathbf{y}_1 의 분산이 가장 크고, \mathbf{y}_2 의 분산이 다음으로 크도록 하며, $\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_p$ 는 서로 독립이 되도록 구하여진다. \mathbf{y} 가 분산의 크기순서로 정의되는 이유는 벡터의 크기(정보의 양)가 각 입력 벡터의 분산에 의하여 측정되기 때문이다. 따라서 홍채의 특징은 분산이 큰 고유벡터에 의해서 추출된다. 이를 각 홍채의 특징벡터의 거리를 통해 인식을 한다.[3]

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_1 &= a_{11}\mathbf{x}_1 + a_{12}\mathbf{x}_2 + \dots + a_{1p}\mathbf{x}_p \\ \mathbf{y}_2 &= a_{21}\mathbf{x}_1 + a_{22}\mathbf{x}_2 + \dots + a_{2p}\mathbf{x}_p \\ &\vdots \\ \mathbf{y}_k &= a_{k1}\mathbf{x}_1 + a_{k2}\mathbf{x}_2 + \dots + a_{kp}\mathbf{x}_p \end{aligned} \quad (3)$$

3.2 독립성분분석(ICA) 방법

독립성분분석 방법은 특정 신호에 포함되어 있는 독립된 성분들을 분리해 내는 방법으로 혼합된 신호들로부터 독립된 신호들을 분리해내거나, 특정 신호로부터 그 신호의 기본 구성 요소를 이루는 독립 성분들을 얻어내는데 적용된다. 홍채 영상으로부터 독립 성분들을

얻어 홍채 특징으로 사용하기 위해 독립성분분석 방법을 적용할 수 있다.

독립성분분석 방법은 다차원의 데이터에서 확률적으로 독립성분을 찾는 비교사 학습 방법이다. 즉 입력 벡터 x 를 이용하여 선형변환 $s = Ax$ 에서의 변환 계수 A 와 독립 성분 s 를 추정하는 것이다.

독립성분을 찾는 학습 방법으로 Hyvarinen과 Oja에 의해서 Fast ICA 방법이 제안되었다.[4] 이는 비가우시안(Non-Gaussian) 독립성분을 찾아내는 것이 kurtosis의 극소 혹은 극대 값을 찾는 것과 같다는 이론에 근거하여 고정점(fixed-point) 알고리즘을 사용한 것이다. 즉 추정되는 독립 성분을 y 라고 했을 때 $y = wx$ 의 kurtosis를 극대 혹은 극소화 시키는 방법이다. 여기서, w 는 분리 행렬 W 의 한 열 벡터가 되며 $W \approx A^{-1}$ 가 된다.

$$kurt(y) = E\{y^4\} - 3(E\{y^2\})^2 \quad (4)$$

식 (4)의 y 가 가우시안일 경우에 kurtosis는 영의 값을 가지게 되고, 비가우시안에 가까워질수록 극소 혹은 극대 값을 가지게 된다. kurtosis로부터 유도된 Fast ICA 방법은 식 (5)와 같은 고정점 알고리즘으로 학습된다.

$$w \leftarrow E\{zg(w^T z) - E\{g'(w^T z)\} w\} \quad (5)$$

여기서 $g(y) = \tanh(ay)$, $1 \leq a \leq 2$ 가 된다. w 가 수렴 할 때까지 반복하면 그때 kurtosis가 극값을 가지게 되고 이때 y 가 독립성분에 가까워지게 된다. 위와 같은 w 의 학습 방법을 통해 하나의 독립성분을 찾는 방법을 병렬 연산을 방법으로 확장하여 각각의 독립성분을 추정할 수 있다.

IV. 실험 및 결과

제안된 홍채 특징 추출의 성능 평가를 위해서 접근식 홍채장비[2]를 사용하여 획득한 눈 영상은 400개로 안경 사용자 17명을 포함한 40명의 사용자로 구성되어 있다. 각 눈 영상에서 홍채 영역을 추출하여 극좌표계

로 표현된 홍채 영역을 사용하였다. 새롭게 제안한 통계적 방법의 변별력을 판단하기 위해서 눈꺼풀에 의해 절반이상 가려진 홍채 영상은 실험에서 제외하였다. 또한 한쪽 눈 영상에서 동공의 원쪽 90도 부분의 영역만을 사용하여 6개의 영역으로 분리하고 수평 성분은 가우시안 평균을 취한 다음 1차원 수직성분에 대한 128차원의 벡터로 홍채 입력벡터를 만들었다.

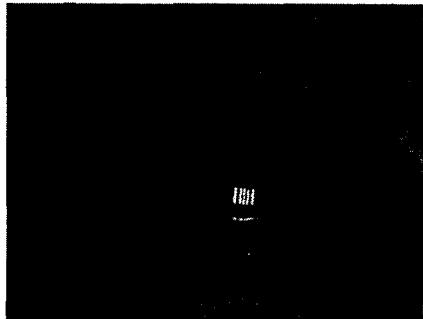
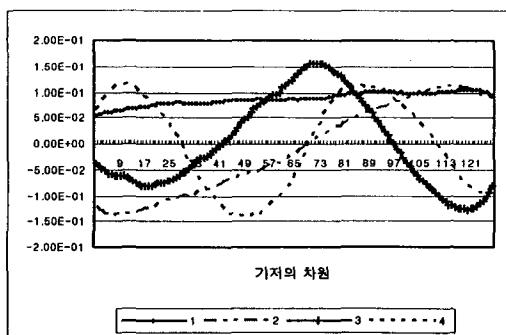
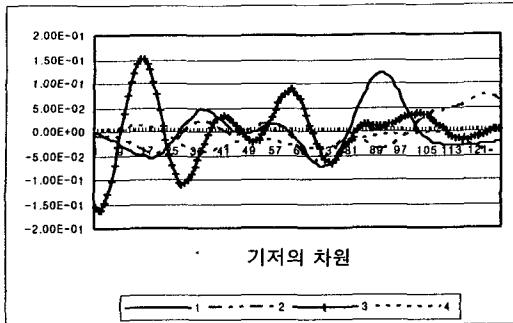


그림 1. 홍채 영역에서 홍채 입력벡터 선택

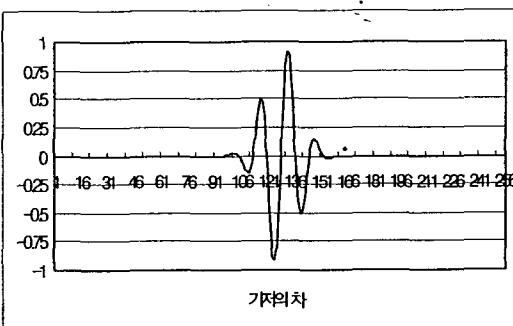
통계적 방법인 주성분분석 방법은 128차원 입력 벡터를 상위 고유 값 12개만을 선택하여 12차원의 고유 벡터만을 사용하였으며, 독립성분분석 방법은 주성분분석 방법을 사용한 백색화(Whitening) 과정에서 12차원으로 줄인 입력 벡터를 사용하여 학습하였다.



(a) 주성분분석의 기저(상위 12개 고유벡터)



(b) 독립성분분석의 기저(12개 중 일부 4개)



(c) 1차원 가버 필터

그림 2. 홍채 특징 추출에 사용된 기저

독립성분분석 방법을 통해 학습된 기저는 가버 필터와 같은 특성을 가진 공간과 주파수에 대한 정보를 모두 표현하는 변환 계수에 특징을 나타내었다.

기존의 홍채 특징 추출 방법과 통계적인 방법을 비교하여 통계적 방법의 가능성을 판별하기 위해서 신뢰성을 나타내는 오류율은 임계치에 대한 자신이 아니라고 잘못 판단하는 경우의 비율을 FRR로 나타내고 다른 사람을 자신이라고 잘못 판단하는 경우의 비율을 FAR로 나타내어 이 두 가지 확률이 같아지도록 기준값을 설정하였을 때의 오인식율 EER로 평가하였다.

표 1. 홍채 특징 추출 방법에 따른 오류율

	EER %
가버 필터	0.1953
주성분분석	1.919
독립성분분석	1.115

실험에서 알 수 있듯이 기존의 가버 필터 방법이 가장 우수한 성능을 보였다. 가버 필터 방법은 중첩적분을 통해 회전된 홍채 영상에 강인한 특성을 나타내는데 비해 독립성분분석 방법과 같은 선형 변환 방법은 내적으로 인해 홍채 영상의 회전이나 극좌표로 바꿔주는 과정에서의 오차에 민감한 특성이 나타나기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 홍채 특징 추출을 위한 방법으로 통계적 비교사 학습 방법인 주성분분석 방법과 독립성분분석 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 홍채 영역 추출 과정에서의 오류나 회전에 의한 영역 변환에 영향을 해결할 수 있는 방법은 제시하지 못했다. 향후 연구에는 이들 통계적 방법이 홍채의 특징 추출에 사용되기 위해 보다 안정된 홍채 영역 추출 방법에 대한 연구의 필요성과 홍채 영상의 회전 특성을 고려한 방법에 대한 추가 연구가 요구된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] J. G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. PAMI, Vol. 15, pp. 1148-1161, 1993.
- [2] 박영규, "고정 초점 흑백 CCD카메라 환경에서 홍채 signature를 이용한 온라인 개인식별", 연세대학교 박사논문, 2000.
- [3] R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork, "Pattern Classification", Wiley, 2nd edition, 2001.
- [4] A. Hyvarinen. "Fast and robust fixed algorithms for independent component analysis.", IEEE Trans. On Neural Networks, 10(3), pp. 625-634, 1999.