

효율적인 홍채영역 검출

오종환, 박철현, 오상근, 박길흠

경북대학교 전자공학과

Efficient Iris Region Detection

Jong-hwan Oh, Chul-hyun Park, Sang-keun Oh, Kil-houm Park

Dept. of Electronic Engineering, Kyungpook National Univ.

myohmy@palgong.knu.ac.kr

요약

홍채인식 시스템에서 입력된 영상으로부터 정합(matching)에 사용될 홍채 영역을 추출해 내는 과정은 필수적인 과정으로 빠른 처리 속도와 정확성을 요구한다. 기존의 원형검출기나 허프(Hough) 변환을 이용한 방법 등은 홍채의 바깥쪽과 안쪽 경계를 비교적 정확하게 검출해내는 장점이 있으나 탐색영역이 커서 수행시간이 매우 많이 걸리는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이진화와 형태학적 연산(morphology)을 이용하는 새로운 탐색 영역 단축 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 홍채영역 검출 방법에 적용할 경우 수행 시간을 효율적으로 단축시킬 수 있다. 검출된 영역에 대해서 주성분 분석법(principal component analysis, PCA)을 이용해 매칭을 수행한 결과 약 95%의 인식률을 나타내었다.

1. 서 론

최근 보안에 대한 관심이 증가하면서 도난, 분실, 대여, 속임 등의 위협이 거의 없는 생체계측학(Biometrics)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생체 계측학은 특정한 개인의 특성을 검증하거나 신원을 확인하기 위해서, 측정 가능한 개인의 물리적 또는 행동적인 특징을 연구하는 학문 분야이다. 많이 연구되고 있는 생체 정보로는 얼굴, 목소리, 지문, 손과 손의 모양, 귀의 모양, 입술 모양, 체향, 홍채 등이 있다. 이 중 홍채는 신체적인 접촉 없이 획득이 가능하다는 장점을 가지고 있고 홍채 패턴 자체가 매우 풍부한 정보를 가지고 있어서 다른 생체 특성에 비해 우수한 성능을 나타낸다. 홍채는 태어나서 2~3년에 걸쳐 형성되어 큰 질병이 생기지 않으면 일생동안 변하지 않는 특성이 있

다. 일란성 쌍둥이의 홍채 패턴도 다를 뿐 아니라 같은 사람의 좌, 우 홍채 패턴도 다르다[1]. 이러한 특성은 좀 더 안전한 개인 인증을 가능하게 하는 요인이다. 좌, 우 홍채모두 인증 시스템에 등록한다면 안전성을 더욱 더 높일 수 있다. 홍채 인식은 크게 홍채 영상 획득, 홍채 영역 추출, 특징 추출 및 정합으로 이루어진다. 이 중 홍채 영역 검출은 특징 추출 및 정합을 위한 전처리 과정으로서, 추출된 홍채 영역은 개인의 고유한 홍채 코드 생성에 이용된다. 따라서 홍채 영역을 정확하게 검출하는 것이 매우 중요하다. 기존의 홍채 영역을 추출하는 방법은 원형 경계 검출기를 이용한 방법[1], 허프 변환을 이용한 방법[2,3], Bisection법[4]등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 탐색 영역이 커서 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 새로운 탐색 영역 단축 방법을 포함하는 홍채영역 검출 방법을 제안한다. 제안된 방법은 자동 이진화와 형태학적 연산을 이용해 탐색 영역을 효율적으로 제한시킨다. 탐색 영역을 제한하지 않았을 경우 보다 검색시간을 상당히 단축시킬 수 있다. 검출된 홍채 영역에 대해서는 극 좌표계로 변환 후 PCA[5]를 이용해 매칭을 수행한다.

2. 기존의 홍채 영역 추출 방법

2.1 원형 경계 검출기

원형 검출기는 식 (1)로 정의되는 적미분기(integro differential operator)를 사용하여 중심과 반지름에 대해 원주의 최대 변화율을 가진 지점을 찾아낸다.

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

식 (1)에서 $*$ 는 콘볼루션을 의미하고 $I(x, y)$ 는 (x, y) 좌표에서의 화소의 밝기를 나타낸다. 그리고 G_a 는 가우시안(Gaussian) 형태의 블러링(blurring) 함수이다. 중심 (x_0, y_0) , 반지름이 r 인 원주 상에 존재하는 점 $I(x, y)$ 를 모두 더한 후 원주길이 $2\pi r$ 로 나누면 원주의 평균밝기가 되고, 이 값을 반지름에 대한 변화율로 나타내면 원주의 변화 값이 된다. 이러한 원주의 변화 값이 최대가 되는 r 과 (x_0, y_0) 을 구하는 것이 원형 경계 검출기이다.

2.2 허프 변환을 이용한 방법

Wildes는 눈꺼풀의 위치까지 고려해서 눈의 경계부분을 찾아내었다[2,3]. 눈꺼풀은 포물선 식으로 모델링해서 찾아내고 홍채의 안쪽과 바깥쪽 경계는 원으로 모델링한다. 이 방법은 정확하게 경계를 찾아 낼 수는 있으나 애지 성분을 검출하는 과정등의 전 처리 과정이 반드시 따라야하며 많은 매개 변수를 찾아내야 하기 때문에 시간이 많이 걸리는 단점이 있다.

2.3 Bisection법

원의 두 점을 지나는 선분을 수직 이등분하는 직선은 항상 원의 중심을 지난다. 이러한 성질을 이용해서 직선이 지나가는 점을 누적시켜서 가장 많이 누적된 점이 원이 중심이라고 결정하는 방법이다[4]. 이 방법은 전처리 과정이 필요하고 시간이 많이 걸리는 단점이 있다.

3. 자동 이진화와 형태학적 연산을 이용한 홍채영역 검출

제안한 방법은 히스토그램 분석을 통해 자동적으로 문턱값(threshold)을 찾아내어 이진화를 수행함으로써 대략적인 동공 영역을 찾아낸다. 이진화 후 침식 연산을 이용해 눈썹 및 고립 영역을 제거한다. 그리고 남아 있는 영역의 무게 중심을 계산한 뒤 이 무게 중심을 동공의 중심이라 가정하고 그 주변의 16×16 픽셀만을 탐색영역으로 정한다. 탐색영역 이내에서 원형 검출기를 적용하여 정확한 홍채의 안쪽 경계와 중심 좌표를 구한다. 이렇게 구해진 동공의 중심점으로부터 16×16 픽셀을 다시 탐색영역으로 정해서 정확한 홍채의 바깥쪽 경계를 찾아낸다.

3.1 이진화(Binarization)에 의한 대략적인 동공영역 검출

동공의 경우 질환이 있는 경우를 제외하고 화소의 밝

기값이 다른 영역에 비해 가장 어둡다. 따라서 문턱값을 이용해 영상 이진화를 수행할 경우 대략적인 동공 영역을 쉽게 추출할 수 있다. 본 논문에서는 실험적으로 문턱값을 정하지 않고 히스토그램으로부터 문턱값을 자동적으로 정하였다. 그럼 1에서와 같이 히스토그램의 첫 번째 극소 값을 문턱값으로 정하였다.



그림 1. 히스토그램을 이용한 문턱값 결정

3.2 침식연산을 통한 눈썹 및 고립영역 제거

형태학적 연산자 (morphological operator) 중 침식(erosion) 연산자는 형태소(structuring element)를 이용해서 원 영상 보다 작아지게 만드는 특성이 있다. 이진화 이후에 눈썹이나 조명의 영향에 의해서 잡음(noise)을 제거하기 위해서 침식 연산을 적용한다. 충분한 제거 연산을 수행하기 위해서 형태소는 7×7 마스크를 사용하였다. 형태소 B에 의한 원 영상 A의 침식은 아래식 (2)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} A \ominus B &= \{t | t + b \in A \text{ for every } b \in B\} \\ &= \{t | B \subseteq A\} \end{aligned} \quad (2)$$

3.3 무게 중심을 이용한 탐색 영역 결정

무게 중심은 물체의 고유한 특성을 나타내는 서술자 중의 하나로 원의 경우 무게 중심은 원의 중심이 된다. 무게 중심을 구하기 위해서 물체의 좌표를 모두 더한 후 물체의 개수만큼 나누어주면 된다.

3.4 홍채의 안쪽 및 바깥쪽 영역 검출

앞에서 구한 무게 중심을 이용해서 먼저 홍채의 안쪽 경계인 중심점과 반지름을 찾아낸다. 중심점이 동공 무게 중심의 16×16 픽셀 이내에 존재한다고 가정하고 원주의 평균 변화 값이 가장 큰 반지름과 중심점을 찾아낸다. 그런 뒤 찾아낸 동공의 중심점을 이용하여 중심점 주위의 16×16 픽셀만 고려해서 원형 검출기를 적용해서 홍채의 바깥쪽 경계를 찾아내었다. 눈꺼풀로 덮이는 위쪽 영역과 glint가 생기는 아래쪽 영역을 제외하

고 좌, 우 영역만을 샘플링해서 영역을 찾았습니다. 홍채 영역 추출 과정별 영상은 그림 2에 나타내었습니다. 전체적인 홍채영역 추출과정을 그림 3에서 흐름도로 나타내었습니다.

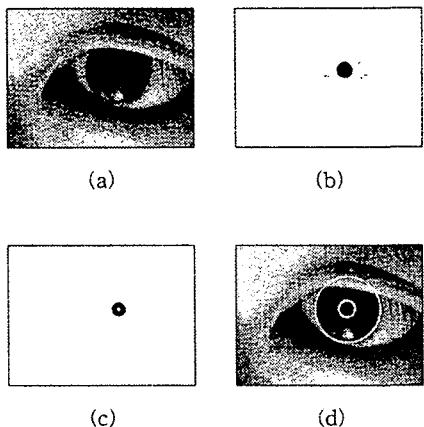


그림 2. 홍채 영역 추출 과정

(a) 입력영상 (b)이진화된 영상 (c) 침식 연산 후 구해진 무게 중심 (d) 검출된 홍채의 안쪽과 바깥쪽 경계

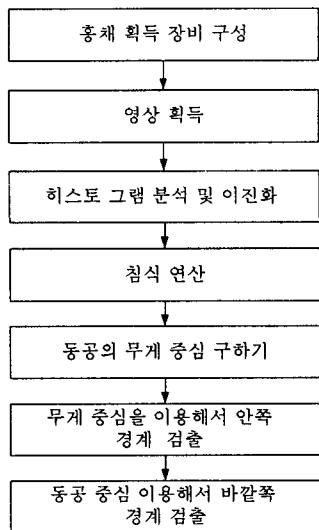


그림 3. 홍채 영역 추출을 위한 전체적인 흐름도

4. PCA를 이용한 매칭

추출된 홍채 영역 데이터를 극 좌표계로 변환 후 glint가 나타나는 아래 90도 영역과 눈꺼풀에 의한 가

림이 심한 위쪽 90도 영역을 제거한다. 눈썹이나 눈꺼풀이 남아 있는 경우가 많아 홍채 안쪽에 해당하는 50%의 정보만을 매칭에 이용하였다. 특징 추출을 위해 사용되는 PCA는 전체 훈련 영상 데이터의 분산을 나타내는 공분산(covariance) 행렬로부터 고유치(eigen values)와 고유벡터(eigenvectors)를 구하고 큰 값의 고유치에 대응하는 고유벡터들에 의해 특징 벡터 공간을 형성한다. 이러한 특징 공간은 그림 4에서와 같이 홍채 영상 벡터들의 퍼짐(scatter)이 최대가 되는 방향의 벡터들로 구성된 직교 기저(orthonormal basis) 벡터들을 제공하여 준다. 입력된 영상 벡터를 이렇게 구한 직교 기저에서의 좌표로 표현함으로써 특징 벡터를 구한다. 인식은 입력 영상의 특징 벡터들과 오프라인에서 구해진 전체 훈련 영상의 특징 벡터들과의 유clidean 거리를 비교하여 가장 최소가 되는 홍채를 검색함으로써 수행된다.

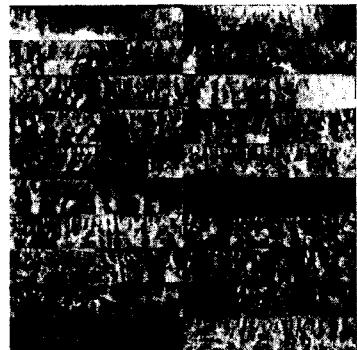


그림 4. 상위 20개의 주성분 요소영상

5. 실험결과

실험은 펜티엄 III 650 MHz의 CPU속도를 가지는 IBM PC에서 VC++ 6.0을 이용하여 수행하였다. 홍채 영상 획득을 위해서 디지털 캠코더를 사용하여 접사 촬영하였다. Glint 영역이 좌우로 생기게 한 경우 [6]에는 특징 추출 및 정합에 이용되는 홍채 영역정보가 많이 줄어들기 때문에 glint영역이 아래쪽에 생기도록 할로겐 조명을 아래쪽에서 비추었다. 획득한 영상은 640×480 크기의 공간 해상도를 가지는 컬러 영상으로 256 명암도를 가지는 흑백영상으로 변환하여 이용하였다. 총 10명에 대해 좌우 각 10장씩 총 200장의 영상을 획득하였다. 실험 영상에 대해 본 논문에서 제안한 홍채 영역 추출 방법을 적용한 결과를 표 1과 표 2에 나타내었다. 오류가 발생한 경우는 입력 영상에 심한 그림자

가 있을 경우로 동공 후보 영역의 무게 중심점을 구하는데 오류가 발생하여 결과적으로 정확한 홍채 영역을 검출하지 못한 경우이다.

표 1. 홍채 영역 검출율

	Right	Wrong	검출율[%]
안쪽 경계	197	3	98.5 %
바깥쪽 경계	193	7	96.5 %
전체	191	9	95.5 %

표 2. 평균 수행시간 비교

검출방법	평균 처리시간[초]
탐색영역 제한하지 않은 경우	8.12초
탐색영역 제한한 경우	1.8초

추출된 홍채 영역에 대해 PCA를 적용하여 매칭을 수행하였다. 총 200개의 영상 중에서 40개를 훈련영상으로 나머지 160개의 영상을 입력 영상으로 사용하였다. PCA를 이용해 매칭을 수행한 결과 약 95%의 인식율을 나타내었다.

5. 결 론

본 논문에서는 자동 이진화와 형태학적 연산을 이용한 효율적인 홍채영역 검출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 탐색영역을 효율적으로 줄임으로서 전체 수행시간을 상당히 단축시킬 수 있었다. 추출된 홍채 영상에 대해 PCA를 이용해 매칭을 수행한 결과 95%의 높은 인식율을 나타내었다. 향후 조명 혹은 안경 착용으로 인한 반사성분이나 그림자와 같은 잡음에 강인한 홍채 영역 검출 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 15, no. 11, pp. 1148-1161, 1994.
- [2] 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.
- [3] R. P. Wildes, "Iris recognition: An emerging

biometric technology," *Proceeding of the IEEE*, vol. 85, no. 9, pp. 1348-1363, September 1997.

- [4] 이동국, "개선된 홍채 영역 검출과 정규화에 관한 연구," 연세대학교 석사 학위 논문, 2000.
- [5] 기균도, 이관용, 박혜영, 이일병, "통계적 정보를 기반으로 하는 홍채인식에 대한 새로운 접근 방법," *한국 정보 과학회 가을 학술발표 논문집*, vol. 27, no. 2, pp. 365-367, 2000.
- [6] S. Lim et al., "Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier," *ETRI J.*, vol. 23, no. 2, pp. 61-70, 2001.