

신뢰성 있는 홍채 특징 추출을 위한 효율적인 전처리 모델 연구

이동국[○], 기운도[○], 이관용[§], 이일병[○]
연세 대학교 컴퓨터과학과[○]
연세 대학교 전기컴퓨터공학과[§]
{ledoko, kigd, kylee, yblee}@csai.yonsei.ac.kr

A Study on the Efficient Preprocessing Model for a Reliable Iris Feature Extraction

Dongkook Lee[○], Gyundo Kee[○], Kwanyong Lee[§], Yillbyung Lee[○]
Dept. of Computer Science, Yonsei Univ.[○]
Dept. of Electric & Computer Engineering, Yonsei Univ.[§]

요약

동일인에 대한 눈 영상에 대해서 홍채 영역 추출의 일정성은 인식을 위한 특징 추출에 신뢰성을 부여해주는 핵심 부분이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이런 특징 추출의 신뢰성을 부여하기 위한 방법으로서 좌표 설정의 기준이 되는 중심의 대표 값을 찾아내는 방법과 홍채 근육의 움직임에 의한 영향을 배제할 수 있는 홍채 영역 정규화의 한 모델을 제시함으로써 불리한 환경 조건에서 홍채 인식률을 높이는 기반을 세우고자 한다.

전처리에서 가장 핵심이 되는 것은 동공(pupil)과 공막(sclera) 사이에 존재하는 홍채 영역의 위치를 찾아내는 일이다. 그러므로 동공과 공막이 홍채 영역과 이루는 경계를 정확히 검출하는 것이 큰 목적이 된다.

Daugman은 어떤 특정 중심과 반경값을 가질 때 원주 상에 있는 값을 적분한 값의 반경 방향 변화율이 가장 큰 값을 가질 때 원이 존재하는 위치를 알아내며 이것은 일종의 원 성분을 찾아내는 경계선 검출기라고 볼 수 있다. 단 이미 원 성분이 있다는 가정 하에 수행하는 것으로서 원 성분이 없다는 것을 알아내지는 못한다는 단점이 있다 [1].

Wildes는 눈꺼풀의 위치까지 감안한 방법을 사용했는데 개괄적으로는 Hough transform을 적용한 것으로 생각할 수 있다. 홍채와 공막 사이의 경계와 동공과 홍채 사이의 경계, 눈썹이 이루는 경계를 2차식으로 표현함으로써 그 영역을 표시한다. 그러나 그 영역을 찾아내는 과정의 계산 시간이 상대적으로 긴 것이 단점이다 [2][3]. Groen은 Chaudhuri & Kundu의 방법을 사용했는데 이것은 경계점들과의 오차를 최소화 시키는 원을 찾는 방법이다 [5].

1.3 연구 방향

본 연구는 전처리를 위한 두 가지 내용을 담고 있는데 하나는 좌표 설정의 기준이 되는 중심의 대표 값을 찾아내는 일이고 또 한가지 내용은 이렇게 얻어진 중심을 통해서 홍채 영역을 일정 크기로 정규화 시키는 방법을 담고 있다.

2. 홍채 영역 위치 찾기

눈 영상에서 홍채와 관련된 영역은 동공과 홍채의 경계인 내부 경계와 홍채와 공막의 경계인 외부 경계 등의 두 원에 의해 둘러 쌓여 있다. 이런 두 가상원은 홍채

1. 서론

1.1 배경

생체 인식은 생물 개체가 거의 유일하게 지니는 특징을 이용해서 어떤 특정 개체인지를 식별해내는 기술로서 지문 인식, 정맥 인식, 홍채 인식 등의 분야가 있다. 이 중에서 홍채 인식은 다른 기술에 비해서 시간 흐름에 따른 변화, 외상에 의한 손상 가능성의 면에서 우월한 장점을 가지나 촬영 기술이나 영상 전처리의 어려움이 있는 것이 단점이다 [2].

홍채 인식의 단계를 간략히 기술하면 우선 안구에 포함되어 있는 홍채 영역을 촬영해야 하는데 보통 320x240 정도에서 640x480 정도까지의 해상도를 가지기도 한다. 아무리 전처리를 잘 한다고 해도 원본인 촬영 영상 자체에 불필요한 잡영이 많이 들어가면 좋은 결과를 얻을 수 없으므로 매우 중요한 단계라고 할 수 있다. 주변 환경의 조건을 시간과 관계없이 동일하게 유지 시키는 것이 중요하며 또 조명에 의한 반사광의 위치를 홍채 영역의 간섭을 최소화 시키도록 설정하는 것이 필수적이다. 이렇게 촬영된 영상을 특징 추출에 이용할 수 있도록 홍채 영역만을 추출해내고, 잡영을 제거하는 등의 과정을 거치게 되는데 이것을 전처리라고 한다. 이렇게 전처리 된 영상의 특징을 분석해서 일정 정보를 담고 있는 코드로 변환하는 과정이 특징 추출 과정인데 이것은 기존에 학습된 특징들과 비교 대상이 되거나 또는 학습될 대상이 된다.

본 논문에서는 영상 전처리에 대한 한 방법을 제시함으로써 높은 신뢰성을 가진 특징 추출을 수행할 수 있도록 하고자 한다.

1.2 관련 연구

영역을 대표할 수 있는 주요 특징이라고 할 수 있다.

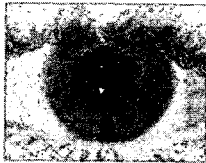


그림 1: 극좌표로 다루기 적합한 눈 영상의 구조

2.1 Bisection Method

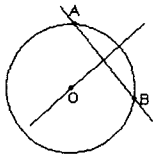


그림 2: Bisection Method

$$y = -\frac{x_A - x_B}{y_A - y_B}x + \frac{x_A^2 + y_A^2 - x_B^2 - y_B^2}{2(y_A - y_B)} \quad (1)$$

이 방법은 Hough Transform의 일종인 Circular recognition Method([7])를 응용한 방법으로서 원 상의 임의의 두 점을 이은 직선을 생각할 때 이 직선과 직교하며 그 중심을 지나는 직선은 원의 중심을 지난다는 원의 성질을 이용한 것이다. 이 방법은 경계선 요소들을 필요로 하기 때문에 우선 경계선 검출을 수행한 뒤 적용하게 된다.

경계선 검출기로는 Canny 경계선 검출기를 사용하며 경계선 구성 요소들 중 연결된 것들을 각각의 그룹으로 모아둔다. 그룹들 각각에 일정 거리 간격의 픽셀을 한 쌍으로 두어서 이 두 픽셀이 이루는 직선과 직교하며 그 중심을 지나는 직선 상의 점 (식 (1)을 적용할 때 해당하는 $p(x,y)$ 을 중심이 되는 후보로서 계수를 한다. 이런 과정들을 한 그룹의 픽셀들에게 모두 적용한 뒤 중심의 후보로서 계수된 픽셀들을 조사해서 가장 많은 수를 얻은 점을 중심으로 삼는데 여기서 우리가 필요한 부분은 홍채의 내부 경계와 외부 경계 뿐이므로 중심점 계수가 된 비율과 그 원의 크기를 고려하여 필요한 원 요소 두 개만 얻어낸다. 이 방법은 반경을 계산할 때만 실수 연산이 이용되므로 원 성분을 찾는 데 있어서 Wildes가 사용한 Hough Transform([2][3])이나 그 외의 앞에서 제시된 원 성분 검출 방법에 비해 아주 빠른 수행 성능을 가진다고 볼 수 있다

2.2 가상원의 검출

홍채의 내부 경계가 가장 뚜렷한 원을 형성하고 있으므로 Bisection Method를 이용해서 이를 우선 찾아낸다. 이렇게 해서 얻어진 동공의 위치 정보를 사용해서 홍채의 외부 경계를 얻어낸다. 앞서 홍채 영역이 두 개의 가상원으로 대표될 수 있는 것을 보았는데 이러한 특징은 각 영역의 위치를 직교 좌표계보다는 극좌표계로 표현하는 것이 더 합리적이다.

2.3 내부 경계와 외부 경계의 검출 실험

다양한 조건에서 촬영된 그림 1과 같은 360개의 눈 영상을 대상으로 실험해보았다.

	실패 개수	비율
내부 경계 검출	4 개	1.11%
외부 경계 검출	12 개	3.33%

내부 경계 검출의 실패 원인을 살펴보면 주로 동공 부분이 눈꺼풀에 의해 크게 가린 경우였으며 이는 홍채 영역의 추출이라는 입장에서 볼 때에도 별로 바람직하지 않은 경우이므로 이 단계에서 거부되는 것이 오히려 타당하다고 볼 수 있다.

외부 경계 검출의 경우 내부 경계처럼 뚜렷한 양상을 보이지 않기 때문에 보다 큰 실패율을 보이며 이 부분은 좀 더 개선할 여지를 안고 있다.

3. 홍채 영역 정규화 모델 제안

효과적인 특징 추출을 위해서는 특징 추출을 위한 전처리 영상이 일정한 공간으로 정규화 되는 것이 필요하다. 이를 위해서 극좌표와 사상 되는 일정한 크기를 가진 직사각 공간으로 영상을 변환한다.

3.1 기존의 방법 □ 가상원 자체의 경계 이용

이것은 동공과 홍채의 경계가 거의 원 형태를 이루고 있다는 가정 하에 사용되는 방법으로서 Daugman과 Wildes 등이 공통적으로 사용하는 방법이다 ([1][2][3]). 동공의 중심을 이용해서 동공과 유사한 크기와 위치를 가지는 가상원을 그림으로써 홍채 영역의 경계로 삼으며 이 동공의 중심을 기준으로 일정 각도 단위로 회전을 함으로써 영상 표준화를 수행한다. 장점은 알고리즘의 구현이 간단하다는 것인데 촬영 시 조건 변화가 거의 없다면 좋은 성능을 보인다. 그러나, 가상원과 동공 경계가 완전히 일치하지 않으므로 가상원의 형태에 따라서 전처리 된 영상에 동공의 일부 영역이 포함되거나 홍채의 일부 영역이 소실될 수 있다는 단점이 있다.

3.2 제안하는 두 가지 방법

본 논문에서는 기존의 방법과는 달리 가상원을 경계로 하지 않고 동공과 홍채의 경계 자체를 이용하는 방법을 제안한다.

3.2.1 기준 중심 고정 모델

홍채 영역의 기준을 가상원이 아닌 동공과 홍채의 경계로 삼으며 이 동공의 중심을 기준으로 일정 각도 단위로 회전을 함으로써 영상 정규화를 수행한다. 이것은 기존의 단점을 보완하는 방법으로서 동공의 경계를 완전히 배제시킬 수 있으며 홍채 영역의 손실도 없

다.

그러나 동공의 모양이 원의 형태에서 멀어지면 멀어질수록 홍채의 무늬가 반경 방향을 따르지 않는 경향이 커진다는 단점이 있다.

3.2.2 일정한 영역 사상 규칙 : 탄성체 모델

이 방법을 제한하게 된 동기로는 동공 경계와 홍채 경계로 이루어진 영역을 일정한 공간으로 사상시킬 필요성이 있었기 때문이며 그 모양이 일그러져도 영역 관계는 일대일 대응되어야 한다는 조건을 전제 시킨 것으로써 모양이 일그러질 때의 지점 이동도 고려되었다.

홍채 근육은 다음의 제한 조건을 가지고 움직인다고 가정한다.

- a) 홍채 근육은 외곽 프레임에 핀 결합으로 연결된 탄성체로 이루어져 있다.
- b) 이 탄성체는 길이 방향으로만 변형될 수 있으며 길이에 수직한 방향으로 변형되지 않는다. 즉 휘어지지 않는다.

이러한 조건을 가지면 탄성체의 고정 선단은 핀 조인트로 결합되어 있으므로 좌우 회전이 가능하며, 동공은 이런 탄성체의 고정되지 않은 선단들이 이루는 모양으로서 동공 경계의 수직한 방향은 이 탄성체의 축 방향이라고 설정할 수 있다.

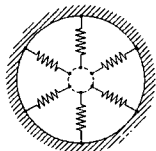


그림 3: 탄성체 모델

탄성체 모델을 적용했을 때 얻을 수 있는 장점을 들면, 비대칭적인 수축이나 팽창 등의 홍채 근육의 움직임에 따른 모양의 변형으로 인한 오류를 보정할 수 있다. 또 촬영 각도가 동공에 수직하지 않은 기울어진 방향일 경우 얻어진 영상이 원래의 영상에서 변형된 영상이기 때문에 전처리 영상의 패턴이 바뀔 수 있는데 탄성체 모델을 적용하면 이런 오류를 보정할 수 있다.

처리 과정을 간략히 기술하면 다음과 같다.

- a) canny 경계선 검출기를 이용한 원 영상의 경계선 추출
- b) 중심과 경계정보 추출한 뒤 동공 경계 법선 벡터와 외곽 가상원의 대응 관계 설정
- c) 외곽 가상원을 기준으로 극좌표의 각을 회전시키면서 정규화를 위한 사상 수행

홍채의 원래 영상과 이것을 가로 방향 94% 축소된 영상의 전처리를 시각 테스트 해본 결과, 중심 고정 모델의 경우 전처리 된 영상 픽셀들의 좌우 이동이 컸으나 탄성체 모델은 영상 픽셀의 좌우 이동이 상대적으로 작았는데 이는 탄성체 모델이 영상 왜곡 보정 기능이 가능함을 시사하고 있다.

5. 결론 및 연구 계획

본 연구에서 홍채 영역을 정의하기 위한 기준이 되는 두 가상원의 검출 방법과 홍채 영역의 정규화에 대한 방법을 제시하였다.

홍채 내부 경계 가상원의 검출은 아주 높은 성공률을 보였으나 외부 경계 가상원의 검출은 보완의 여지가 남아 있다.

현재 구현된 탄성체 모델은 주변 환경 변화에 따른 홍채 근육의 움직임에 의한 패턴 변화에까지는 보정을 하고 있지 못하다. 이를 보완하기 위해서는 홍채 근육의 해부학적 특성을 고려하여 반영하는 것이 필요하며 이런 부분이 보완된다면 더 우수한 성능을 가질 수 있을 것이다.

다양한 조건, 즉 정확한 촬영 각을 가지지 않은 경우나 동공이 원 모양에서 크게 벗어나는 움직임을 보이는 사람에서 촬영된 홍채에 제한한 탄성체 모델을 적용해 봄으로써 그 효용성을 확인하고자 한다.

또, 반사광이나 눈썹 등의 잡영에 의해서 간섭 되는 부분을 배제하기 위한 마스킹 작업이 함께 첨가된다면 높은 인식률을 얻게 될 것으로 생각된다.

6. 참고 문헌

- [1]John G. Daugman " High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence" , *IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1993, 1148-1161
- [2]R. P. Wildes, et al. " System for Automated Iris Recognition" , *Proceedings of the second IEEE Workshop of Computer Vision* 1994, 121-128
- [3]Eric Groen, et al. " Determination of Ocular Tortion by Means of Automatic Pattern Recognition" , *IEEE trans. Biomedical Engineering* 1996, 471-479
- [4]R. P. Wildes " Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology" , *Proceedings of the IEEE, vol. 85, No. 9, september 1997*, 1348-1363
- [5]Nicola Ritta, et al. " Location of Pupil-Iris Border in Slit-Lamp Images of the Cornea" , *Proceedings of the 10th International Conference on Image Analysis and Processing* 1998, 740-745
- [6]W. W. Boles, et al. " A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform" , *IEEE Transactions On Signal Processing* 1998, 1185-1188
- [7]Dimitrios Ioannou, et al. " Circle recognition through a 2D Hough Transform and radius histogramming" , *Image Vision and Computing* 1-6 , 1999, 15-26
- [8]장재영, 외 " 홍채인식을 위한 빠른 동공 검출 기법" , *한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제6권 제2호* 1999, 129-132