

홍채 인식을 위한 홍채 영역 추출

The study of iris region extraction for iris recognition

윤 경 록, 양 우 석
(Kyong Lok Yoon, Woo S. Yang)

Abstract - In this paper, We proposed an algorithm which extraction iris region from 2D image. Our method is composed of three parts : internal boundary detection and external boundary detection. Since eyelid and eyelash cover part of the boundary and the size of iris changes continuously, it is difficult to extract iris region accurately. For the interior and exterior boundary detection, we used partial differentiation of histogram. Performance of the proposed algorithm is tested and evaluated using 360 iris image samples.

Key Words : Iris, Recognition, feature extraction, bometrics, image processing

1. 소 개

동공 주위를 둘러싼 코로나 모양의 특징을 얻기 위해서는 영상에서 홍채 영역을 추출해야 한다. 홍채 영역 추출은 그림 1과 같이 동공과 홍채의 경계에 해당하는 동공 경계와 공막(sclera)과 홍채 경계에 해당하는 홍채 외부 경계를 추출하고 그림 2와 같이 추출된 경계를 기준으로 극좌표 변환하는 두 과정을 거치게 된다.

Daugman^[1]은 동공과 홍채의 경계를 원으로 가정하고 중심과 반지름을 변화 시키며 원주의 영상 값들에 변화율을 이용하여 원의 중심점과 반경을 구해 홍채 영역을 추출하였으며 Wildes는 동공과 홍채의 경계를 원으로 가정하고 홍채 경계를 추출하기 위해 표준 허프 변환^[2]을 사용했다.

본 논문은 홍채인식을 위한 홍채 영역을 추출하는 알고리즘에 관한 것이다. 동공과 홍채의 경계를 원으로 가정하고 동공경계와 홍채 사이 영상의 명암 값이 급격히 변하는 성질을 이용한다.

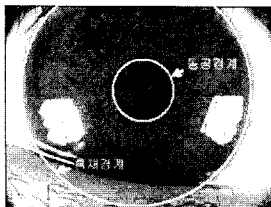


그림 1 홍채 추출 영역

2. 홍채의 경계로부터 홍채 영역의 추출

홍채 영역은 카메라와 사용자간의 거리에 의해 변하는 영상의 크기나 주위 환경, 특히 밝기에 의해 변하게 되는 동공의 크기에 관계없이 항상 같은 영역에서 특징을 추출하기 위

해서 2차원 극 좌표계로 정규화 되어 변환된다. 정규화된 극 좌표계로 변환하는 이유는 일반적으로 사람의 시선에 따라 동공의 위치가 변하기 때문에 동공의 중심과 홍채의 중심은 일치하지 않게 된다. 이런 문제점을 고려하여 동공 반지름의 변화나 영상크기의 변화에 관계없이 특정 위치에서 같은 특징을 추출하기 위해 동공과 홍채의 중심 좌표를 다르게 하여 영상을 정규화 한다.

기존의 홍채 영역 추출 방법은 동공 경계로부터 홍채경계까지 동공 중심점으로부터 유효 특이점이 많이 분포되어 있는 임의의 위치까지를 추출하는 것으로 빛에 따라 크기가 변하는 홍채 영역을 추출할 경우 많은 오류가 발생한다.



그림 2 기존의 방법에 따른 홍채영역 추출

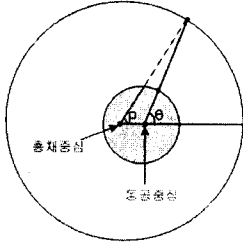
본 논문에서는 동공의 경계로부터 홍채의 경계까지 비례거리를 이용한 홍채 영역의 추출을 제안한다. 동공의 중심좌표를 기준으로 한 비례 추출과 홍채의 중심좌표를 기준으로 한 비례 추출, 그리고 동공과 홍채의 중심좌표 모두를 기준으로 한 비례 추출을 통해 홍채영역을 추출하고 각 경우에 대해 실험을 통해 결과를 도출해 내었다. 비례 거리 추출법은 식 (1)을 사용한다.

$$\frac{\text{계산된 해당 각도의 홍채 영역 거리}}{\text{총 추출할 데이터 개수}} \times \text{데이터 (1)}$$

실험은 해당 지점의 변화를 알아보기 위하여 획득한 눈 영상에 흰색 선을 임의적으로 그려 넣어서 결과를 도출하였다.

2. 1 절. 동공 중심 좌표를 기준으로 한 비례 추출

동공을 중심 좌표로 이용하여 홍채 경계까지 비례거리를 이용해 영역을 추출한다. 그림 3 (a)는 그 변환 방법을 나타낸다. 동공 중심 좌표로부터 홍채 경계 영역까지 이은 선분과 홍채 중심 좌표로부터 홍채 경계 영역까지 이은 선분이 이루는 삼각형에서 제 2 코사인 법칙을 통해 필요한 홍채 영역 거리를 구해내어 비례 거리를 통해 영역을 추출한다.



(a) 극좌표 변환 방법

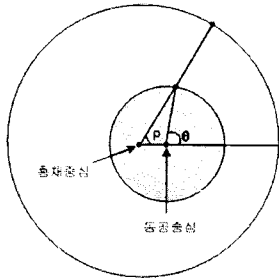


(b) 극좌표 변환 이미지

그림 3. 동공 중심을 이용한 영상 추출

2. 2 절. 홍채 중심 좌표를 기준으로 한 비례 추출

그림 4 (a)는 홍채를 중심좌표로 이용하여 극좌표를 변환하는 방법을 나타낸 그림이다. 동공 중심 좌표를 이용하여 동공 경계의 좌표를 얻고 그 지점부터 홍채 경계까지를 축으로 극좌표 변환하였다. 그림 4 (b)는 이 방법을 통해 얻은 변환 영상이다.



(a) 극좌표 변환 방법



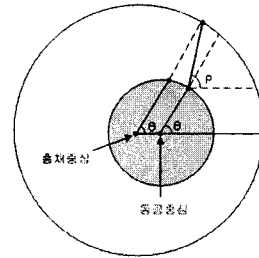
(b) 극좌표 변환 이미지

그림 4 홍채 중심을 이용한 영상 추출

2. 3 절. 동공과 홍채 중심 좌표를 기준으로 한 비례 추출

그림 5 (a)는 홍채와 동공의 중심 좌표를 이용하여 극좌표 변환하는 방법을 나타낸 그림이다. 동공과 홍채의 중심좌표

를 축으로 동일한 각을 가진 각 동공과 홍채의 경계 지점의 좌표를 얻어 두 지점을 이은 선을 축으로 극좌표로 변환한 영상이 그림 5 (b)와 같다.



(a) 극좌표 변환 방법



(a) 극좌표 변환 이미지

그림 5. 동공과 홍채를 이용한 영상 추출

3 장. 실험 및 유사도 측정

실험은 홍채영상의 노이즈 부분을 제거한 후 제시한 알고리즘을 적용하였다. 그림 6은 눈꺼풀과 조명에 의한 반사광과 같은 홍채 패턴을 추출하는데 노이즈가 되는 요소가 제거된 영상이다. 불필요한 영역이 삭제된 영상을 대상으로 스케일 스페이스 필터링^[8]을 이용하여 홍채 고유한 특징을 추출하면 그림 7과 같이 720×200 픽셀 크기의 홍채 패턴을 생성한다.



그림 6. 불필요한 영역이 제거된 홍채 영상



그림 7. 720×200 픽셀 크기로 생성된 홍채 패턴

생성된 홍채 패턴이 같은 사람과 다른 사람의 경우를 상호 비교하기 위해 추출된 홍채코드를 서로 Exclusive OR 했다. 홍채 코드 영상끼리 상호 Exclusive OR 시 동일한 지점은 0, 서로 다른 지점은 1로 나타나기 때문에 서로 다른 차이 정도를 쉽게 알 수 있다. 그림 8은 같은 사람에 대해 생성된 홍채 코드 2개를 Exclusive OR 한 결과이다. 검은색은 서로 일치하는 부분이며 흰색은 서로 다른 부분을 나타낸다. 홍채는 0.5Hz, 즉 2초에 1회씩 수축/팽창을 반복하기 때문에 같은 사람일지라도 완벽하게 일치하는 경우는 없다. 또한 Exclusive OR True 영역이 일부 영역에서 많이 치우쳐 나오는 것을 확인할 수 있는데 이는 동공 영역 검색 시 발생하는 오류로 인한 결과이다. 그림 9는 다른 사람에 대한 홍채 코드를 상호 Exclusive OR 한 결과 영상이다. 그림에서 보는 것과 같이

코드와 코드 사이의 동일한 부분이 나타나지만 전체 결과를 볼 때 같은 사람과의 코드와는 달리 일치하는 영역이 매우 낮은 것을 확인할 수 있다. 같은 사람의 경우 일치하는 영역이 전체 비교 영역에서 평균 84.22%로 나타났으며, 다른 사람의 경우에는 평균 58.44%만이 일치하는 결과가 나왔다. 0과 1로 이루어진 완전한 불규칙 변수인 경우 두 신호가 일치할 확률은 50%이다. 실험 결과는 제시한 특징 추출 방법이 효과적임을 보여준다.



그림 8. 같은 사람에 대한 Exclusive OR 결과 영상



그림 9. 다른 사람에 대한 Exclusive OR 결과 영상

표 1~3은 각 중심좌표를 이용해서 극좌표변환 후 홍채코드를 추출하여 같은 사람과 다른 사람의 True 값의 각 평균, 분산, 표준편차, 중간 값, 최소, 최대 값을 계산한 결과이다. 각 표에 나온 값을 가지고 True 값 퍼센트 분포의 같은 사람과 다른 사람의 식 (2)를 이용해 값을 구해보면 동공중심일 경우 $d = 8.33$, 홍채 중심일 경우 $d = 6.03$, 홍채와 동공 중심일 경우 $d = 7.29$ 의 결과 값이 나왔다. 이처럼 d 값을 통해 동공 중심을 이용했을 때 같은 사람과 다른 사람과의 True 값 분포의 거리가 가장 큰 결과 결과를 얻었다.

각 방법에 대한 비교는 아래 식과 같은 decidability를 이용한다.

$$d = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2/2}} \quad (2)$$

여기서 m_i 은 mean이며, σ_i^2 는 variance를 나타낸다.

표 1. 동공 중심점 이용한 연산 결과

같은 사람		다른 사람	
평균	84.22	평균	58.44
분산	17.79	분산	1.35
표준편차	4.22	표준편차	4.22
median	85	median	58
min	67	min	55
max	92	max	62

표 2. 홍채 중심점 이용한 연산 결과

같은 사람		다른 사람	
평균	82.21	평균	58.22
분산	30.58	분산	1.11
표준편차	5.53	표준편차	1.06
median	83	median	58
min	61.	min	55
max	91	max	62

표 3. 동공, 홍채 중심점 이용한 연산 결과

같은 사람		다른 사람	
평균	84.05	평균	58.44
분산	20.93	분산	1.23
표준편차	4.58	표준편차	1.11
median	85	median	58
min	58	min	56
max	91	max	62

표 1~3을 보면 동공 중심점을 이용한 경우 같은 사람의 최소 값과 다른 사람의 최대 값의 차이가 5이며, 홍채 중심점을 이용하였을 경우 최대 값의 차이가 1, 동공과 홍채의 중심점을 이용한 경우는 4로 나타났다. decidability 값을 측정된 결과 홍채와 동공 중심점과 홍채 중심점을 이용하여 극좌표 변환 한 것 보다는 동공 중심점을 이용하여 극좌표 변환 하였을 경우 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다. m_i 값이 클수록 σ_i^2 가 작을수록 decidability 값이 커지고 같은 사람과 다른 사람 True 값의 거리는 멀어지게 되므로 서로 간 걸치는 부분이 발생하지 않아 인식과정에서 오인식율(FAR)을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 결과에서 본 것과 같이 동공 중심점을 축으로 극좌표 변환 영상을 스케일 스페이스 필터링 이용하여 홍채 특징을 추출하였을 경우에 가장 효과적인 결과를 얻을 수 있었다.

4 장. 결 론

카메라와 사용자간의 거리에 의해 변하는 영상의 크기나 주위 환경 특히 밝기에 의해 변하게 되는 동공의 크기, 그리고 일반적으로 사람의 시선에 따라 동공의 위치가 변하기 때문에 동공의 중심과 홍채의 중심은 일치하지 않게 된다. 이런 문제점을 고려하여 동공 반지름의 변화나 영상크기의 변화에 관계없이 특정 위치에서 같은 특징을 추출하기 위해 동공과 홍채의 중심 좌표를 다르게 하여 영상을 정규화 해보았다. 그 결과로 동공 중심점을 축으로 극좌표 변환 영상을 스케일 스페이스 필터링 이용하여 홍채 특징을 추출하였을 경우에 가장 효과적인 결과를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Daugman, John G., 'Biometric personal identification system based on iris analysis', U.S. Patent No. 5291560, 1994
- [2] Wildes, R. P., Asmuth, J. C., Hanna, K. J., Hsu, S. C., Kolczynski, R. J., Matey, J. R., M., McBride, S. E., "Automated, Non-invasive Iris Recognition System and Method", US Patent, US5572596 (EP0793833A1), 1994
- [3] 남경우, "동적변환이 가능한 홍채코드 추출에 관한 연구", 2003