

Watershed를 이용한 홍채 열공 추출

박 현 선 , 한 일 호, 김 회 율
한양대학교 전자통신전파공학과
전화 : 02-2290-0561 / 핸드폰 : 019-9750-2627

Iris Lacuna Extraction using Watershed

Hyun-Sun Park^o, IL-Ho Han, Whoi-Yul Kim
Div. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
E-mail : hspark@vision.hanyang.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose the method of iris lacuna extraction using watershed transform. Lacuna is salient feature of iris. It has three dimensional structure formed by leak of pigmentation and loss of fiber tissues. Lacuna can be used for iris recognition system, and generally used in health diagnosis and character analysis with its shape and position. The main idea of the proposed method is applying the watershed transform to radial gray scale profile of iris image. The result shows that the lacuna can be extracted automatically from eye image.

I. 서론

최근 생체 인식 분야에 대한 연구가 활발해 지면서 신원 확인, 감성 인식과 건강 진단 등의 다양한 분야에 생체 인식 기술이 적용되고 있다. 이러한 응용 분야 중 홍채인식은 주로 신원 확인, 건강 진단, 인성 파악 등의 분야에 적용되고 있으며 홍채를 인식하는 동안 부가적인 정보로서 건강 진단이나 심리 상태를 제공하는 시스템에 적용되고 있다.

홍채의 특성은 홍채 영역이 가지고 있는 텍스처에 의해 결정되며 이러한 텍스처는 그림1에서 보는 바와 같이 주로 열공에 의해 나타내어지게 된다.

열공은 홍채 영역을 구성하는 섬유 조직의 결손, 또는 색소의 부족으로 내부의 조직이 겉으로 드러나 보이는 부분으로서 이를 이용한 홍채에 의한 건강 진단 등에 오래 전부터 응용되어 왔다 [4].



(a) 눈 영상 (b) 열공

그림 1. 홍채 열공

홍채 열공의 정보는 홍채 인식에 응용될 수 있다. 기존의 홍채 텍스처를 이용한 홍채 인식 알고리즘과는 달리 홍채 열공의 위치와 종류, 크기, 열공 내부의 텍스처를 특징으로 함으로써 인증을 수행하게 된다.

기존의 홍채인식 알고리즘은 Daugman이 제안한 가아버 웨이블릿 변환을 기반으로한 알고리즘[1]이 가장 대표적이며, 현재 거의 모든 홍채인식 알고리즘의 기초가 되고 있다[3]. 그러나 이 방법은 홍채의 텍스처를 분석할 뿐이어서 홍채를 이용한 건강 진단, 인성 파악 등의 분야에는 적용할 수 없다.

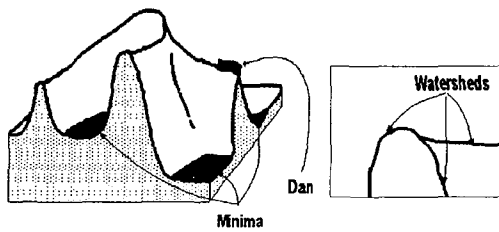
본 논문에서는 홍채인식을 위해서 홍채의 가장 두드러진 특징인 열공의 위치를 식별해내는 방법을 제안한다. 열공은 3차원적으로 깊이 꺼져 있는 구조를 가지고 있으며 이를 식별하기 위해 watershed 방법을 이용하였다. 홍채 영상에서 동공을 중심으로 한 방사선 상의 Gray Scale profile에 Watershed 알고리즘을 적용하여 열공의 영역을 추출하였다.

II. Watershed 알고리즘

2.1. Watershed 알고리즘

Watershed 알고리즘은 mathematical morphology에 기반한 영상 분할의 한 방법이다. Watershed를 이용하여 영상을 분할하는 방법은 우선 그림2의 (a)와 같이 2차원 영상을 픽셀의 밝기 값을 높이로 하는 3차원의 지형적인 영상으로 간주한다. 이렇게 간주된 지형적인 영상에 물을 채우면 물은 최소점부터 채워지게 되는데, 이런 담수 과정을 계속하면 어느 지점에서는 서로 반대편에 채워져 있던 물이 합쳐지게 된다. 이때 물이 합쳐지는 지점에 댐을 쌓아서 물의 합쳐짐을 방지한다. 이런 과정을 물이 최고점까지 채워질 때까지 계속한다[2].

최종 결과로 생기는 댐들의 연결선이 바로 그림 2의 (b)와 같이 watershed를 만든다. 이 watershed가 영상 분할의 결과이다.



(a) 담수과정과 댐의 위치 (b) 결과

그림 2. Watershed 알고리즘[2]

2.2. Watershed 알고리즘의 1차원 신호에의 적용

Watershed 알고리즘의 원리는 1차원 신호에 적용 가능하다. 2차원 신호에 watershed 알고리즘을 적용할 경우 over segmentation 현상이 심하여 merge와 delete하는 복잡한 알고리즘이 필수적이다. 또한 본 논문에서는 홍채 영상에서 방산성 상의 그레이 스케일 프로파일을 분석하여 열공을 추출하므로 watershed 알고리즘을 단순화 시켜서 1차원 신호에 적용되는 watershed 알고리즘을 이용한다.

1차원 신호에 적용할 경우 2차원 watershed 알고리즘과 마찬가지로 그림3에 보이는 바와 같이 최소 점으로부터 물을 채워나가며 물이 합쳐지는 지점에 댐을 세우고 이를 merging함으로써 1차원 신호를 분할한다.

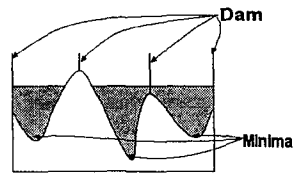


그림 3. 1차원 watershed 알고리즘

III. 홍채 열공 추출

홍채 인식은 출입 통제 등에 사용되는 실시간 실행이 보장되어야 하는 알고리즘이며 embedded 시스템 등으로 구현하기 위해서는 단순하고 빠른 알고리즘의 개발이 필수적이다. 홍채의 열공은 2차원적인 구조이나 동공의 중심에서 방사선 상의 Grey scale profile을 이용함으로써 1차원 구조로 변형이 가능하며 찾고자 하는 열공의 종류에 따라 각도 간격을 조정함으로써 속도의 향상 효과를 얻을 수 있다.

3.1. 홍채 열공

홍채 열공은 홍채 영상에서 가장 두드러진 특징점 중의 하나이다. 홍채 열공은 개인마다 독특한 배열을 하고 있으며 열공의 위치와 모양으로 사람의 건강 상태나 성격을 구분할 수 있으며, 나아가 신원 확인에도 쓰일 수 있다[4].

홍채 열공은 다음 그림 3과 같이 4가지의 종류로 구분할 수 있다[4].

- (1) 열공 : 낮은 깊이의 넓은 영역에 걸쳐 점유가 집중되어 있음
- (2) 별집형 : 낮은 깊이의 넓은 영역에 점유의 결손에 의한 작은 구멍들이 산재해 있음
- (3) 음와 : 깊은 깊이의 좁은 영역에 점유 결손에 따른 하나의 넓은 구멍이 있음
- (4) 디팩트 : 깊은 깊이의 점유 결손에 따른 작은 구멍이 있음.

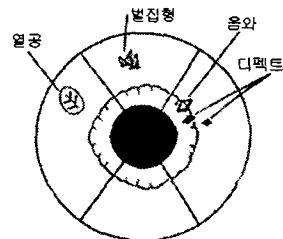


그림 4. 열공의 구조에 따른 분류

3.2. 제안된 방법

전체 홍채 열공 추출 알고리즘의 순서는 그림 5와 같다. 전처리 과정을 통해 동공과 홍채 영역을 검출해 내고 홍채 영역을 제외한 부분을 제거 한 후 극좌표계로 매핑한 후 등간격으로 프로파일을 구한 다음 watershed 알고리즘을 적용하여 열공을 추출한다.

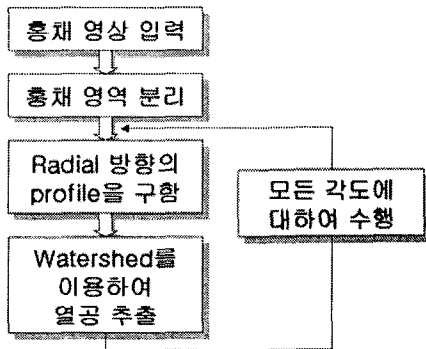


그림 5. 홍채 열공 추출 알고리즘의 순서도

3.2.1 홍채 영역 분리

입력되는 영상에서 홍채부분을 추출하기 위해서 영상을 이진화한 후 hough 변환을 이용하여 동공의 중심과 반지름을 구한다. 동공의 중심에서 바깥쪽으로 이동하면서 그레이 스케일의 변화를 추적하여 급격히 밝아지는 지점을 이용하여 홍채 영역을 분리하며, 동공 가장자리에서부터의 주파수를 변화를 이용해서 자율선(홍채 가장 내측의 주름 부분)을 찾아낸다. 결과는 그림6과 같다.

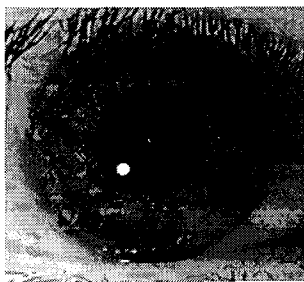
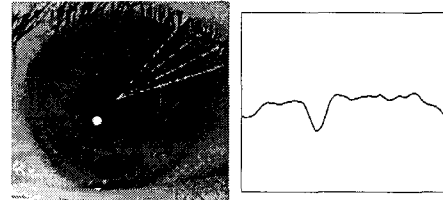


그림 6. 홍채에서의 동공, 홍채, 자율선 영역의 자동 분리 화면

자율선 내부에는 열공이 위치하지 않으므로 홍채 열공 추출에는 필요가 없다. 본 논문에서는 자율선 내부 영역은 홍채 영역의 밝기 값의 평균으로 변환하여 실험하였다.

3.2.2. 홍채 열공 검출

전처리를 거친 홍채 영상은 극좌표로 사상한 후 그림7과 같이 지름 방향으로의 1차원 프로파일을 구한다.



(a) 프로파일 분석을 위한 방사선 (b) 프로파일

그림 7. 홍채 영상의 프로파일

열공의 1차원 단면은 그림8과 같이 4종류로 얻어진다. 4가지 종류 모두 점차 아래로 감소해 가는 프로파일로 나타나지만 변화과정에서 부분 최소값들이 존재하게 된다. 이 부분 최소값들을 watersheding 시 실험적으로 얻은 임계치에 의해 merging한 후 열공을 추출한다.

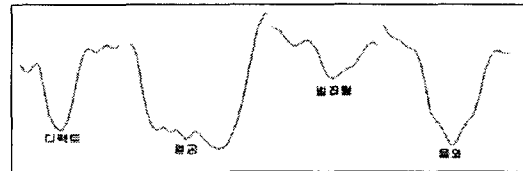


그림 8. 열공의 1차원 단면

3.2.3. 홍채 열공 추출 알고리즘

홍채 영상에서 얻어진 방사선 상의 그레이 스케일 프로파일에서 watershed 알고리즘을 이용한 열공 부분을 추출하는 알고리즘은 다음과 같다.

1. 프로파일에서 Local Minimum을 찾는다.
2. Minima에서 부터 1픽셀씩 올라가면서 Local Maximum를 찾는다.
3. Local Maximum인 지점에 댐을 세운다.
4. 2,3의 과정을 Global Maximum을 만날 때까지 수행한다.
5. 4의 과정이 끝나면 Over Segmentation 현상이 일어난다.
6. 그림 9의 (a)와 같이 인접하게 분할 된 곳에서 인접한 곳의 높이와 양쪽 최소점 높이의 차이가 정

의된 임계치보다 작으면 merging한다.

7. 그림 9의 (b)와 같이 최소점과 최대점의 높이가 정의된 임계치보다 작으면 deleting한다.

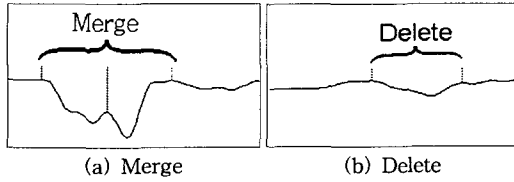


그림 9. Merge/Delete 상황

IV. 실험 및 결과

제안된 홍채 열공 추출 기법의 성능을 분석하기 위해서 그림 10과 같이 홍채 카메라로부터 획득한 영상을 준비하였다. 실험에 쓰인 홍채 카메라는 LG전자의 제품으로 적외선 조명을 이용한 시스템이며 조명이 동공에만 나타나도록 되어 있다.

본 논문에서는 홍채 열공을 추출해 내기 위한 방식 선 상의 그레이 스케일 프로파일은 1도 간격으로 추출하였다. 그림 11은 홍채 열공 추출 결과를 보여주고 있다. 그림 11은 자율선 안의 영역을 그레이 레벨 128로 채운 후 홍채 열공을 추출한 결과이다.

실험 결과는 홍채 열공의 추출이 가능함을 보여주고 있지만, 눈썹의 영향으로 일부에서는 오류가 발생함을 볼 수 있다. 본 논문에서는 눈썹의 영향을 줄이기 위해서 열공이 홍채 영역의 내부에 존재한다는 실험적 근거를 바탕으로 홍채 영역의 2/3만을 고려하였다.

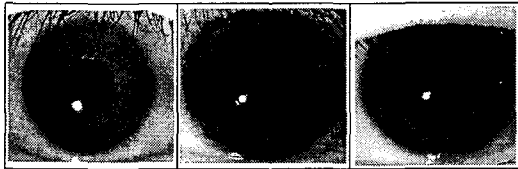


그림 10. 실험에 쓰인 홍채 영상

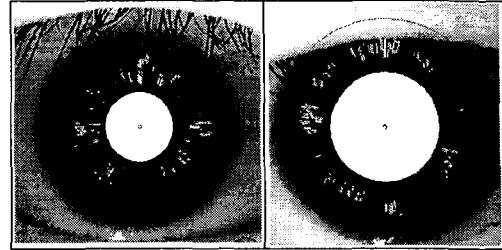


그림 11. 추출된 홍채 열공

V. 결론

본 논문에서는 홍채 열공의 watershed에 의한 자동 영상 분할 방법을 제안했다. 실험 결과 1차원 profile에 watershed 알고리즘을 적용하여 홍채 인식, 홍채 인성 검사, 홍채 건강 진단 시스템에서 사용하는 홍채 열공의 위치를 자동으로 찾을 수 있었다.

앞으로 연구 과제로는 눈썹의 정확한 분리로 홍채 열공 추출의 정확도를 높이는 연구와 홍채 열공의 종류를 판단할 수 있는 알고리즘 개발이 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] J. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 11, Nov. 1993 pp. 1148-1161.
- [2] S. Beucher, "The watershed transformation applied to image segmentation", 10th Pfefferkorn Conf. on Signal and Image Processing in Microscopy and Microanalysis, 16-19 sept. 1991, Cambridge, UK.
- [3] 장재영, 김희율, "홍채인식 기술의 동향", 전자공학회지, 1999. 11.
- [4] Bernard Jensen. *Science and Practice of Iridology*, Volume 1. Red Wheel/Weiser, 1952.