

휴대폰환경에서의 실시간 홍채영역 추출에 관한 연구

조달호*, 박강령**, 이대웅**

* 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학전공
e-mail : chodalho@smu.ac.kr

** 상명대학교 소프트웨어대학 미디어학부
e-mail: {parkgr,rhee219}@smu.ac.kr

A Study on Real Time Iris detection in Cellular Phone

Dal ho Cho*, Kang Ryoung Park**, Dae Woong Rhee**

* Graduate School of Computer Science, Sangmyung University
e-mail : chodalho@smu.ac.kr

** Division of Media Technology, Sanmyung University
e-mail: {parkgr,rhee219}@smu.ac.kr

요 약

휴대폰에 이용한 금융 활동이 늘어남에 따라 휴대폰 상에서의 보안의 필요성이 높아지게 되었다. 기존의 비밀번호 기반의 보안을 넘어 생체인식 기술이 휴대폰에 필요하게 되었다. 특히 홍채인식 기술이 지문인식이나 얼굴인식, 목소리 인식 등의 다른 생체인식 기술에 비해 신뢰성과 정확성 면에서 휴대폰에 적합한 기술이다.

본 논문에서는 휴대폰 환경에서 만족할 만한 성능과 처리시간을 보여주는 홍채인식 방법을 제안하고자 한다. 밝기와 대조를 조절하여 동공의 어두운 부분과 동공 반사광을 이용하여 홍채영역을 추출하는 방법을 제안한다. ARM 계열의 프로세서를 사용하는 휴대폰 프로세서의 특징에 맞도록 기존의 방법에서 사용되었던 실수 연산 방법을 줄여 처리 속도를 개선하였다.

실험 결과는 제안하는 방법의 휴대폰 환경에서 실시간으로 홍채인식을 수행하기에 적합한 성능을 보인다는 것을 보여준다.

1. 서론

사용자 인증을 하는 전통적인 방식에는 신분증이나 열쇠를 사용하는 토큰기반 방식과 암호 등을 이용하는 지식기반 방식이 있다. 그러나 이러한 방법들은 신뢰성에 문제가 있다. 따라서 생체인식이라는 새로운 방법이 부각되고 있다[1].

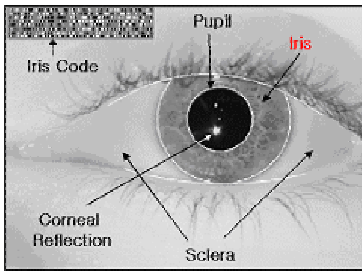
생체인식은 사람의 지문이나 얼굴, 홍채, 목소리, 걸음걸이 등의 물리적이거나 행동적인 특징을 사용자 인식에 이용하는 것을 말한다.

그 중, 홍채인식은 동공과 흰자위 사이에 있는 홍채의 패턴을 이용하여 사용자를 인식하는 방법이다.

홍채인식은 얼굴인식이나 지문인식, 음성인식에 비해서 성능과 정확도면에서 좋은 결과를 보여준다. 또한 비접촉식의 인식방법이기 때문에 접촉식을 사용하는 다른 방법들에 비해 적은 거부감을 보여준다.

휴대폰을 금융서비스에 이용하게 되면서 보안의 필요성이 증가하게 되었다. 이에 생체인식기술을 휴대폰에 적용하고자 하는 시도가 있었다. 지문인식을 적용한 LG 전자의 LG-KP3800[3]같은 휴대폰이 있었으나 이러한 휴대폰들은 추가적인 지문인식 장치와 DSP 칩이 필요하기 때문에 가격이 올라가게 되어 부담이 된다. 그래서 휴대폰에 장착된 메가 픽셀의 카메라를 이

용하여 홍채인식 시스템의 개발에 초점을 맞추게 되었다. 하지만 휴대폰에 사용되는 프로세서의 성능이 일반 PC 비해서 낮고 실수연산능력이 떨어지기 때문에 기존의 홍채인식 알고리즘으로는 수행속도에 문제가 있다.



<그림 1> 눈의 구조

본 논문에서는 동공의 어두운 영역과 동공 반사광을 이용하는 휴대폰에 적합한 홍채인식 알고리즘을 제안하고자 한다. 실험결과는 휴대폰에서 제안하는 알고리즘이 좋은 성능을 보인다는 것을 보여준다.

2. 홍채인식 시스템

홍채인식 시스템은 크게 두 단계로 나뉘어져 있다. 첫 번째 단계에서는 홍채의 영역을 추출하고 두 번째 단계에서 고유의 홍채 패턴을 추출해 낸다[2][6].

또한 사람의 홍채 패턴은 750nm~880nm의 파장에서 선명하게 보이기 때문에 홍채인식 시스템에 사용하는 카메라에는 IR-Pass 필터가 장착되어 있다[7].

2.1 기존의 홍채인식 시스템

Daugman 방식의 기존 홍채영역 추출 방법은 circular edge detection 방식에 기반을 둔 피라미드 탐색 방법을 사용하여 홍채의 내부 경계와 외부 경계를 탐색한다. Daugman 방식은 높은 정확성을 보이지만 많은 처리 시간을 필요로 한다. <표 1>에서 홍채영역을 찾는 시간은 300 MHz RISC 프로세서에서 102ms(=90+12ms)이 걸린다. 200Mhz의 ARM9을 사용하는 일반적인 휴대폰에서는 약 30% 정도를 휴대폰 대기 모드로 사용하기 때문에 실질적으로는 약 140MHz의 성능을 보여준다[4][5]. Daugman 방식은 휴대폰에서 219ms(=102ms * (300 MHz / 140 MHz))로 계산이 된다. 또한 ARM 계열의 프로세서는 실수연산능력이 낮기 때문에 circular edge detection에 사용되는 실수계산으로 인해 Daugman 방식은 더욱 많은 처리시간이 걸리게 된다.

해결방법으로 홍채인식을 위해 저장한 영상을 서버로 전송하는 방법을 생각할 수 있다. 현재 국내에서 사용되는 휴대폰은 CDMA 1xEVDO를 사용하는데 다운로드에 2.4Mbps, 업로드에 144kbps의 대역폭을 가지고 있다[8][9]. 일반적으로 홍채인식을 위해서는 640 X 480 픽셀 크기의 흑백 영상을 사용하는 약 307,200 Bytes가 된다. 영상을 서버로 전송하는데 약 17초 정도의 시간이 소요되게 된다. JPEG 등으로 압축을 하여 전송하더라도 압축 비율이 6:1 이하가 되어야 하기 때

문에(Annex E – Iris Image [10]) 약 2.83 초 정도의 시간이 서버로 전송하는데 소요된다. 이는 홍채인식을 하기에 너무 긴 시간이다.

<표 1> 300MHz RISC 프로세서에서의 수행시간[2][6]

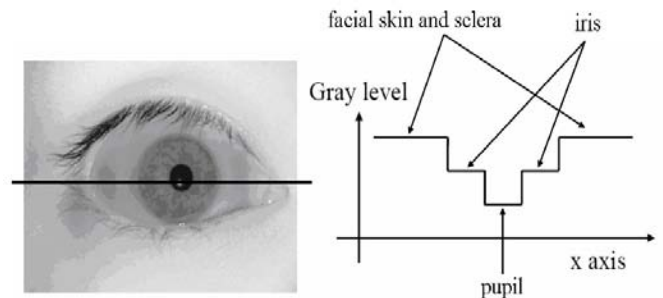
Operation	Time
Assess image focus	15 msec
Scrub Specular reflection	56 msec
Localize eye and iris	90 msec
Fit Pupillary boundary	12 msec
Detect and fit both eyelids	93 msec
Remove lashed and contract lens edges	78 msec
Demodulation and IrisCode creation	102 msec
XOR comparison of tow IrisCodes	10 μsec

다른 방법으로는 DSP 칩을 휴대폰에 장착하는 것이 있을 있다. 하지만 휴대폰의 비용이 증가하기 때문에 적당하지 못하다.

2.2 제안하는 방법

2.2.1 밝기와 대조를 조절하여 동공을 찾기

동공은 피부나 흰자위, 홍채에 비해서 낮은 그레이 레벨을 가지고 있기 때문에 간단한 이진화를 통해서 [11] 쉽게 동공의 영역을 홍채나 흰자위와 분리할 수가 있다. 하지만 피부의 그늘이나 홍채등의 영역과 동공이 같은 그레이 레벨을 가지고 있기 때문에 단순히 이진화만을 이용해서는 분리해 내기가 어렵다.



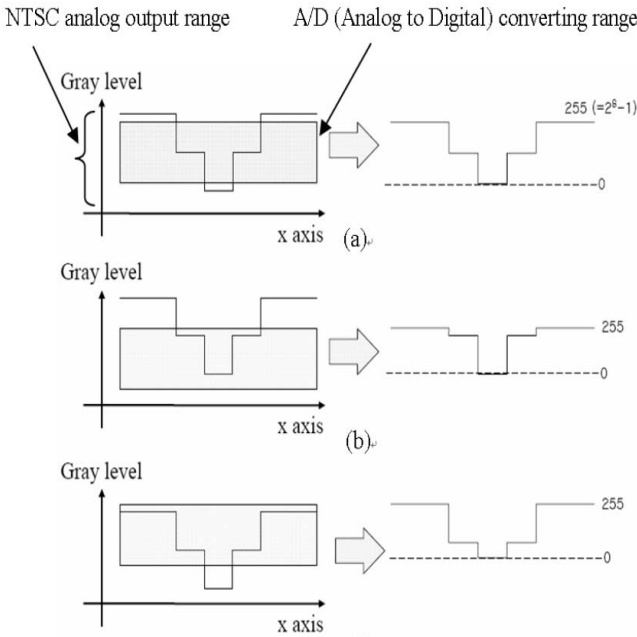
<그림 2> 피부와 흰자위, 홍채, 동공의 가로축 그레이 레벨 프로파일

일반적으로 CCD를 사용한 카메라에서는 NTSC 방식의 10bit(0~2¹⁰⁻¹) 아날로그 출력이 나오게 된다. 하지만 프레임그레이버를 통해 A/D(Analog to Digital) 변환을 거치면서 8bit 만을 사용하게 되어 영상의 손실이 일어나게 된다[12] (<그림 3>).

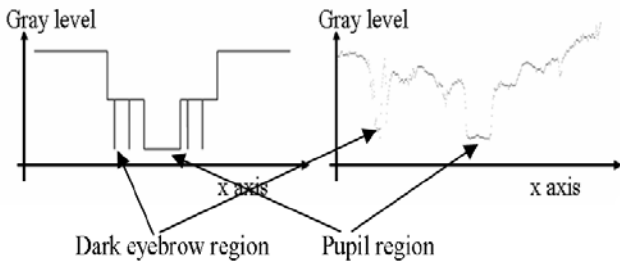
영상에서 밝기와 대조를 조절해 주어 영상을 밝게 해준다면 동공의 영역이 다른 부분과 차이가 많이 나게 되어 쉽게 구별을 할 수 있다(<그림 3(b)>). 하지만 <그림 4>에서와 같이 눈썹과 같은 짙은 영역은 여전히 동공과 그레이 레벨과 같은 문제가 발생하기도 한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 이러한 문제점을 해결하기 위해 동공 반사광을 이용한다.

2.2.2 동공 반사광을 이용하여 동공 영역 찾기

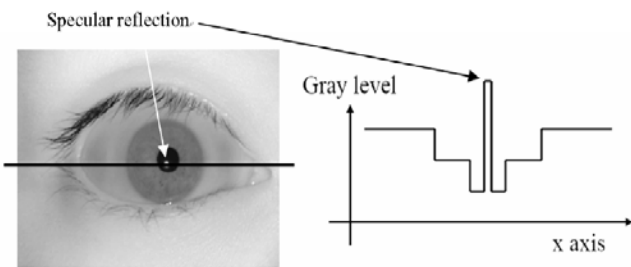
일반적으로 홍채인식을 위해 사용되는 카메라에는 IR-LED 조명이 사용된다. 이 경우 <그림 5>와 같이 동공의 내부에 조명으로 인한 반사광이 나타나게 된다. 이러한 동공 반사광은 피부 등의 다른 영역보다 높은 그레이 레벨을 나타낸다. 이를 이용하여 단순한 이진화를 통해 동공의 위치를 쉽게 찾을 수 있다. 2.2.1 절에 사용한 것과 같이 밝기와 대조를 조절하면 <그림 3(c)>와 같은 결과를 얻을 수 있다.



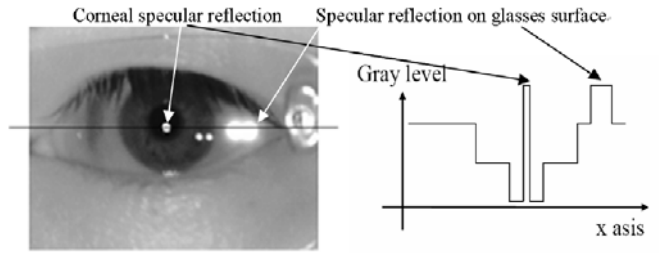
<그림 3> A/D 컨버터를 통한 영상의 손실



<그림 4> 동공과 눈썹의 그레이 레벨이 같은 경우의 가로축 그레이 레벨 프로파일



<그림 5> 동공반사광을 포함한 가로축 그레이 레벨 프로파일



<그림 6> 안경을 착용한 가로축 그레이 레벨 프로파일

하지만 <그림 6>과 같이 안경을 사용한 경우 문제가 생길 수 있다. 동공뿐만 아니라 안경 렌즈에도 반사광이 나타나게 되어 동공의 위치를 이진화만을 이용해서 찾을 수 없게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 2.2.1 절에서 얻은 정보를 이용한다. 2.2.1 절의 방법으로 동공의 후보군을 정하여 그 영역 안에 동공 반사광이 위치하는 가를 확인하여 동공의 위치를 찾는다.

2.2.3 라벨링을 이용한 정확한 동공 영역 찾기

하지만 안경 반사광이 동공 외의 다른 어두운 영역과 겹치게 될 경우 정확한 동공의 위치를 찾을 수 없는 현상이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 영역 기반 라벨링[11]을 사용하여 정확한 동공의 위치를 찾아낸다.

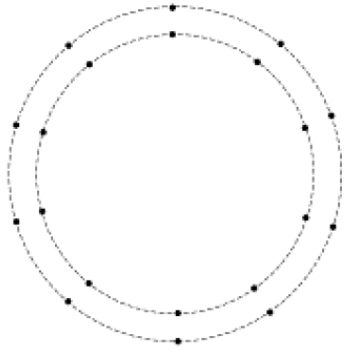
즉, 선정된 동공 후보군에 대해서만 라벨링을 수행한다. 후보군을 중심으로 라벨링을 수행하기 때문에 빠른 속도로 연산을 수행할 수 있다. 그 후 각 후보군에 대해 크기와 가로와 세로의 비율을 측정한다. 일반적으로 홍채의 반지름은 10.7mm 에서 13mm 이고 포커스 거리가 49.5mm 이고 Z 거리가 48~53cm 인 카메라에서 저장한 640 X 480 의 이미지에서 100 에서 134 픽셀 정도의 반지름을 갖는다. 또한 일반적인 동공의 크기는 홍채의 0.1 에서 0.8 배이다[2].

따라서 동공의 반지름은 10 (=100*0.1)에서 107 (134*0.8) 픽셀을 가진다고 가정할 수 있다. 또한 크기가 314 (=10*10*3.14)에서 35,950 (=107*107*3.14) 픽셀을 가진다는 것을 알 수 있다. 그리고 동공의 원의 형태를 가지고 있기 때문에 가로와 세로의 비가 80~120%정도이라는 것도 알 수 있다.

본 방법으로 20 명으로부터 얻은 1000 개의 홍채영상을 140 MHz 의 성능의 ARM9 프로세서에서 실험한 결과 약 10ms 의 속도를 보여주었다.

2.2.4 변형된 circular edge detection 을 이용한 홍채 영역 찾기

동공의 영역을 구한 후에는 홍채의 영역을 구하여야 한다. Daugman 방법에서는 동공과 홍채의 영역을 circular edge detection 을 이용하여 구하였다[2][6]. 이는 많은 실수 연산을 필요로 하기 때문에 ARM 계열의 processor 에서는 좋은 방법이 아니다. 따라서 정수 연산을 통해 홍채의 외부 영역을 구할 수 있는 방법이 필요하다.



<그림 7> 미리 정의해 놓은 내부와 외부의 10 개의 점

<그림 7>과 같은 변형된 정수 연산 방식의 circular edge detection 을 사용하게 되었다. 2.2.3 절을 통해 얻은 동공의 정보에서 홍채의 반지름의 영역의 후보를 구할 수 있다. <그림 7>에서와 같이 원 내부의 10 개의 점과 외부의 10 개의 점을 반지름의 길이에 따라 정의해 놓는다. 반지름을 변화시켜 가면 내부와 외부 점의 차이의 합을 저장하여 그 합이 가장 크게 되는 반지름을 홍채의 반지름으로 선택한다. 연산속도와 실수연산을 막기 위해서 동적으로 내부와 외부 점을 계산하지 않고 프로그램 코드에 미리 정의해 둔다.

3. 실험결과

언급 했듯이 본 방법은 홍채 영역을 구하기 위해 카메라의 밝기와 대조를 조절하여야 한다. 실험에 사용한 카메라는 초당 30 장을 저장할 수 있기 때문에 한 장당 33msec 의 시간을 소요한다. 실험결과 밝기와 대조를 조절하는 시간과 두 장의 영상을 저장하는 시간을 합해 홍채영상을 저장하는 데에 약 160msec 의 시간이 소요되었다. 반면 Daugman 방법은 많은 실수연산으로 인해 2.1 에서 언급하였던 219ms 보다 많은 약 340msec 의 시간을 소요하였다.

<표 2> 제안하는 방법의 수행시간

Step	time
Image capture	33 msec
Control brightness & contrast	33 msec
Image capture	33 msec
detect the pupil and iris region	60 msec
Total	About 160 msec

반면 문제점으로 지적되는 될 수 있는 것들은 영상의 블러나 노이즈를 생각할 수 있다. 하지만 이러한 경우는 영상이 홍채 인식에 적당한 영상인지를 확인하는 포커싱을 체크단계에서 어느 정도 걸러지게 되기 때문에 많은 문제가 되지 않는다. 반면 노이즈의 경우 10 개의 점을 추출하여 비교하기 때문에 점들 중 하나에 노이즈가 발생하여 값이 변한다면 경계의 추출에 영향을 줄 수 있다.

또 다른 문제점으로는 눈썹이 동공의 영역까지 내려와 라벨링이 잘못되어서 동공의 중심을 잘 못 찾는 경우이다. 눈썹이 동공의 영역에 연결되어 있게 되면

동공의 중심이 위로 올라가게 되고 따라서 홍채의 영역까지도 중심에서 위로 치우치게 되는 경우가 발생하게 된다. 하지만 이 역시도 눈썹이 동공의 영역까지 내려와 있다는 것은 그 영역만큼 홍채의 정보를 가지고 있다는 것을 의미하게 되므로 홍채 인식에 맞는 올바른 영상이라 할 수 없기 때문에 큰 문제가 아니다.

4. 결론

본 논문에서는 영상의 밝기와 대조를 조절하여 어두운 동공과 밝은 동공 반사광을 이용하여 동공과 홍채영역을 찾는 휴대폰 환경에 적합한 방법을 제안하였다. ARM 계열의 프로세서에 적합하지 않은 실수연산을 제거함으로 성능을 더욱 높일 수 있었다.

실험결과로는 본 방법이 Daugman 방법과 비슷한 정도의 정확도를 보여주면서 빠른 수행 시간을 보여주어 휴대폰에서 실시간 홍채인식에 사용 가능하다는 것을 보여주었다. 하지만 영상이 희미한 경우 본 방법으로는 정확한 경계를 찾지 못하는 것을 알 수 있었다.

앞으로 희미한 영상이나 눈썹등에 의해 가려진 영상등을 포함하는 다양한 입력에도 정확한 영역을 추출해내는 방법을 좀더 고려해 보아야 하겠다.

< Acknowledgement >

This work was supported by Ministry of Education and Human Resources Development through Embedded Software Open Education Resource Center (ESC) at Sangmyung University

참고문헌

- [1] A.K.Jain, R.M.Bolle and S.Pankanti, Eds., Biometrics: Personal Identification in a Networked Society. Norwell, Ma: Kluwer, 1999
- [2] John G. Daugman, "The importance of being random: statistical principles of iris recognition", Pattern Recognition, vol. 36, no. 2, pp 279-291
- [3] <http://www.lge.com>
- [4] <http://www.arm.com>
- [5] <http://www.qualcomm.com>
- [6] John G. Daugman, "How Iris Recognition Works," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No. 1, pp. 21-29, Jan. 2004
- [7] <http://www.biometrics.org>
- [8] <http://www.tiaonline.com>
- [9] <http://www.tta.or.kr>
- [10] <http://www.icao.int/mrtd/download/technical.cfm>
- [11] Gregory A. Baxes, Digital Image Processing – Principles and Applications, Wiley
- [12] Keith Jack, Video Demystified, LLH Technology Publishing, 2001
- [13] Masahiko SUZAKI, etc, "Eye Image Recognition Method Eye Image Selection Method and System Therefor", US Patent, US 6,215,891B1, Apr. 10, 2001
- [14] Masahiko SUZAKI, etc, "Eye Image Recognition Method Eye Image Selection Method and System Therefor", US Patent, US 6,307,954 B1, Oct. 23, 2001
- [15] <http://www.samsung.com/>