

# 휴대폰에서 눈 영역 검출 연구

\*박현애, \*\*박강령

\*상명대학교 일반대학원 컴퓨터학과, 생체인식연구센터

\*\*상명대학교 미디어학부, 생체인식연구센터

e-mail : whitebbb@smu.ac.kr

## A Study on Eyes Region Detection on a Mobile Phone

\*Hyun-Ae Park, \*\*Kang Ryoung Park

\*Dept. of Computer Science, Sangmyung University, Biometrics Engineering Research Center

\*\*Division of Media Technology, Sangmyung University, Biometrics Engineering Research Center

### 요 약

최근 급격히 발전한 휴대폰은 다양한 기능을 가지고 있다. 그 중 디지털 카메라의 기능을 겸비한 휴대폰은 디지털 카메라의 판매량을 앞서고 있고, 메가픽셀의 고화소 디카폰의 개발로 대중화가 더욱 가속화되고 있다. 카메라폰을 응용한 연구분야로는 생체인식기술을 적용할 수 있으며, 본 논문은 제약이 많은 휴대폰 환경에서 홍채인식기술을 적용하기 위한 휴대폰 카메라로 취득된 얼굴영상에서의 눈 영역을 검출하는 방법을 제안한다.

얼굴영상에서 눈은 피부나 머리카락보다 빛에 대한 반사율이 높아 각막에 specular reflection이 생기게 되고, 동공은 눈의 다른 지역에 비해 흑화소가 많다는 특징을 가지고 있다. 이러한 두 가지 특징을 이용하여 동공 후보 영역을 선정하였고, 선정된 이진영상에서 수평 프로파일과 수직 프로파일을 적용하여 동공 후보 영역을 줄이면서 동공의 중심 위치를 검출한다. 본 연구는 휴대폰 환경을 고려하였기 때문에 최소한의 메모리 사용과 적은 연산량을 목표로 하여 눈의 위치를 검출 한다.

실험 결과, 입력 영상 내에 일정크기의 동공영역이 존재할 경우 높은 눈 영역 추출 성공률을 보이며, 본 연구에서 제안한 알고리즘을 실제 휴대폰에서 수행한 결과 평균571.6ms의 시간이 소요됨을 알 수 있었다.

### 서론

현대의 필수품인 휴대폰은 지난 20년간 급격히 발전하였다. 이제는 단순히 전화를 걸고 받는 통신기능뿐만 아니라 디지털 카메라, MP3 Player, 게임 등의 엔터테인먼트 기능과 모바일 뱅킹 등의 결제기능, 신분증 기능들을 모두 갖춘 컨버전스(Conversions) 단말기로 진화하였다.

이러한 추세에 힘입어 지난 10월 디지털 카메라에 버금가는 500만 화소 카메라폰이 개발되었고[1],

또한 카메라폰이 디지털 카메라의 판매량을 앞서는 등 빠르게 대중화 되고 있다. 이에 따라 카메라폰을 활용하는 연구·개발이 활발히 진행되고 있고, 활용 가능한 연구분야로는 취득한 영상을 통해 신원 확인이나 감성 인식, 건강 진단 등의 인식 기술을 적용할 수 있다[2].

영상에 얼굴인식이나 홍채인식을 적용하기 위해서는 가장 먼저 얼굴의 특징 점 중에 하나인 눈의 위치를 찾아야 한다. 얼굴의 특징 점을 찾는

방법으로는 Ada Boost를 이용한 방법[3], 근적외선 조명하에서 촬영한 영상을 Homomorphic 필터 처리와 영상의 수직, 수평 프로파일을 이용한 방법[4], 근적외선과 멀티밴드(multiband) 특징추출을 사용한 'Dynamic integral projection'을 이용한 방법[5] 등 눈의 위치를 찾는 얼굴인식기술에 사용한 다양한 알고리즘들이 있다. 그러나 이들은 휴대폰이라는 제약적인 환경을 고려하지 않은 것들이 대부분이다.

본 논문에서는 150MHz의 ARM926EJ-STM[6][7] 가 탑재된 휴대폰에서 최소한의 메모리 사용과 간단한 연산을 목표로, 눈의 특징을 이용해 눈의 위치를 검출해내는 방법을 제안한다.

## 1. 눈 위치 검출

본 절에서는 휴대폰 카메라로 촬영한 얼굴영상에서 눈 위치를 검출하기 위한 방법에 대해서 설명한다.

### 2.1 실험 환경

일반적으로 눈은 신체의 다른 부분 보다 빛에 대해서 높은 반사율을 가지고 있으므로 얼굴 영상에서는 눈 부위에 Specular reflection이 생기게 된다. 또한 동공은 눈 영역 내에서 동공 외 다른 부분보다 gray값이 낮은 특징을 가지고 있으므로 이 두 가지 특징을 이용하여 얼굴 영상에서 눈 위치를 검출할 수 있다.

본 연구에서는 휴대폰 카메라로 촬영한 얼굴영상은 홍채인식기술에 적용하기 위한 것이므로 영상 내에 홍채크기가 170픽셀 ~ 200픽셀 정도 되는 정면 얼굴의 gray영상을 대상으로 하였으며, 2048\*1536의 메가픽셀 영상을 사용하였기 때문에 영상처리의 효율을 높이기 위해서 가로 · 세로 각각 1/6배로 down sampling을 하였다. 이때 위의 두 가지 특징을 사용할 수 있는 적절한 비율로 down sampling을 한다.

휴대폰 카메라로 얼굴 영상을 취득할 때는 눈동자 영상을 밝게 만들어 홍채패턴이 잘 보이도록 하여 인식이 되도록 해야 한다. 이를 위해서는 적외선 조명이 필요하므로 휴대폰 카메라에 있는 적외선 차단필터를 제거하고 렌즈의 전면에 적외선 투과필터(가시광선 차단)를 부착하였다.

### 2.2 눈의 특징을 이용한 동공 후보 영역 검출

조명에 의해서 각막에 반사되어 생기는 밝은 영역을 글린트(Glint)라고 한다. (앞 절에서 제시한 눈의 특징인 specular reflection이 이에 포함된다.) Down sampling한 영상에서 이 글린트(gray값 150이상)를 중심으로 주변 화소의 gray값이 100이상 급격히 어두워지는 화소의 좌표를 검색하였다. 이 부분을 동공이나 홍채 주변에 존재하는 specular reflection으로 간주하고 그 좌표로부터 동공이 존재할 수 있는 일정영역을 설정하여 이진화를 수행하였다. 이때 이진화 임계치는 다음과 같이 정하였다.

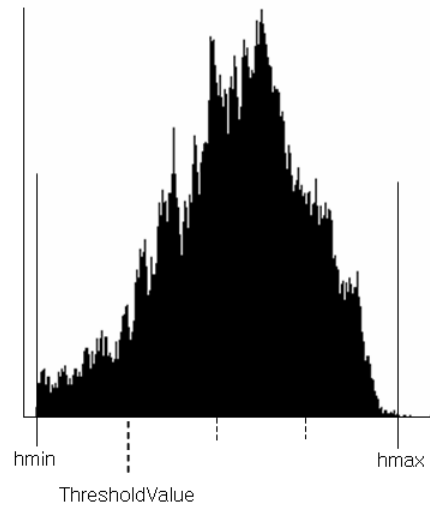


그림 1. 히스토그램에서의 이진화 임계치

위 그림 1. 에서 ThresholdValue는 이진화 임계치를 말하며 hmax와 hmin은 이진화 임계치를 구하기 위한 최대 · 최소 범위이다.

영상의 히스토그램에서 픽셀의 개수가 1인 것은 salt & pepper noise로 간주하여 이를 제외한 나머지 범위의 1/4지점을 동공 후보 영역을 검출하기 위한 이진화 임계치로 잡았다. 그림 2는 동공 후보 영역을 나타내는 이진화 된 결과 영상이다.

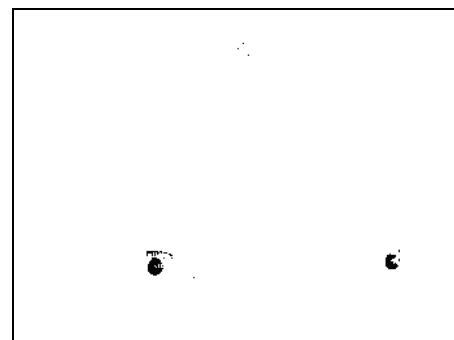


그림 2. 동공 후보 영역 추출

2.3 수평·수직 프로파일을 이용한 눈 위치 검출

그림 2같이 동공 후보 영역이 검출된 영상에서 (x, y) 좌표에 대한 이미지의 gray값을  $I(x, y)$ 라고 하자, 이미지의 수평 프로파일은 다음과 같이 정의한다.

$$HI(x) = \sum_{y=1}^n 1 \quad \text{if } I(x, y) \neq 255 \quad (1)$$

즉, 이미지의 각 열(column)에 대한 흑화소의 개수를 측정하는 것이다[4]. 그림 3은 동공 후보 영역(그림2)에 위의 식(1)을 적용한 결과 영상으로 2개 이상의 산을 가지고 있다. 이 산들의 꼭지점이 가리키는 x좌표에 대한 y좌표 즉, 고정된 x좌표에 대한 수직 프로파일을 통해 동공의 중심좌표를 알아내었다. 다음 그림 4는 눈 위치 검출 결과 영상이다.

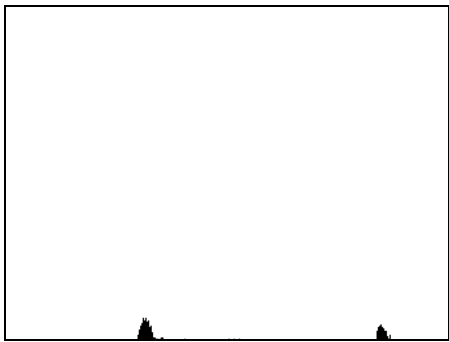


그림 3. 그림 2 영상의 수평 프로파일



그림 4. 눈 위치 검출 결과

2. 실험 및 결과

본 논문은 제한된 휴대폰 환경하에서 눈의 특징을 이용하여 눈의 위치를 찾는다. 그러나 휴대폰은 제조사마다, 단말기 종류마다 다양한 플랫폼을 가지고

있어 실제 휴대폰 카메라로 잡은 영상에 대한 접근이나 단말기를 제어하는데 많은 제약이 따른다.

본 연구에서는 이러한 불편함과 제약을 줄이기 위해 제정한 한국 모바일 플랫폼 표준 규격인 WIPI 환경(WIPI1.1) [8]에서 실험하였으나 이 또한 최대 사용할 수 있는 메모리 공간 부족하였고, WIPI에서 제공하는 카메라 API로 촬영할 수 있는 영상의 크기가 단말기마다 달랐다.

그래서 실험에서는 휴대폰 카메라로 촬영한 2048 \* 1536 픽셀의 영상을 PC로 옮겨 가로·세로 각각 1/6배씩 줄인 341 \* 256 픽셀로 down sampling하고, 이 파일을 휴대폰에 올려 눈 위치 검출 알고리즘을 구동시켰다. 이 때 down sampling시간은 휴대폰에서는 341\*256 픽셀 영상을 각각 1/6씩 down sampling한 시간에 다시 36배 하여 시간을 측정하였다.

실험은 총 10명의 실험대상자로 20장의 얼굴영상을 가지고 PC와 휴대폰에서 이루어졌으며, 표 1은 PC와 휴대폰의 CPU속도를 비교한 것이고, 표 2는 모듈 별 실험 결과의 평균시간을 나타낸 것이다.

표 1 에서 보여지는 바와 같이 실험에 사용된 PC는 1.4GHz의Pentium Mobile Processor이고, 휴대폰은 삼성 SPH-S2300으로, CDMA2000 1x방식에 MSM6100™ Chipset 을 사용한다[1]. MSM6100™ Chipset은 ARM926EJ-S™ 프로세서로 되어 있으며 CPU clock은 최고 150MHz이다[6]. 그러나 휴대폰은 단말기에 탑재된 프로그램이나, 통화대기 등 일정량의 CPU를 항상 사용하고 있기 때문에 이 사용량이 전체 CPU의 30%라고 가정할 때 실제 영상 처리를 위해 사용되는 CPU power는 105MHz 정도로 볼 수 있다.

표1. PC와 휴대폰의 성능 비교

	PC	Samsung SPH-S2300
Processor	Pentium M	ARM926EJ-S™
CPU clock (Mhz)	1400	150

휴대폰과 PC환경에서 실험한 결과 총 20장의 영상에서 동공크기가 5픽셀 이하인 영상 1장의 실패로 95%의 성공률을 보였으며, 각 단말기에서 모듈 별 시행 시간은 표 2와 같다. 모듈은 영상의 down Sampling, specular reflection검색, 동공 후보 영역

이진화, 수평·수직 프로파일을 이용한 눈 중심 검출 총 4가지로 구분하여 시간을 측정하였다. 결과 데이터를 분석해 보면 영상의 픽셀 데이터 전체를 사용하는 specular reflection 검색과 동공 후보 영역 이진화 모듈을 처리하는데 오랜 시간을 소비한 것으로 나타났다. 휴대폰에서는 이 4가지 모듈 이외에도 휴대폰에 올린 영상데이터를 버퍼에 넣는 시간을 따로 측정하였고, 평균 184.55ms의 결과를 얻었다. 그림 5는 눈 위치 검출 알고리즘을 PC와 휴대폰에서 실험 했을 때의 결과영상이다.

표2. PC와 휴대폰에서 눈 검출 알고리즘의 실험 결과.

< 단위시간 : ms >

	PC	Mobile
Down Sampling	0	81
specular reflection 검색	1.5	231.3
동공 후보영역 이진화	3.5	169.1
눈 중심 검출	0	90.2
합계	5	571.6



그림 5. 눈 위치 검출의 동일한 알고리즘을 PC와 휴대폰에서 실험 했을 때의 결과

### 3. 결론

본 논문에서는 휴대폰에서 촬영한 메가픽셀의 얼굴영상을 사용하여 얼굴 내에서의 눈의 특징을 이용한 눈의 위치를 검출하는 방법을 제안했다. 먼저, 동공의 어두운 gray값과 동공주변에 생기는 specular reflection의 밝은 gray값의 차이를 이용하여 동공 후보 영역을 선정하였고, 선정된 이진영상에서 수평 프로파일과 수직 프로파일을 적용하여 동공 후보 영역의 범위를 줄여 동공의 중심 위치를 검출한다. 실험 결과 동공의 크기가 5픽셀이상의 영상일 경우에는 휴대폰에서의 눈 위치를 검출 할 수 있었다.

향후 연구로는 수행시간이 오래 걸렸던 specular reflection 검색 모듈과 동공 후보 영역 이진화 모듈을 보다 효율적으로 구현하여 보다 시간적으로 향상된 알고리즘 개발을 수행할 예정이다.

### Acknowledgement

“This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) through the Biometrics Engineering Research Center(BERC) at Yonsei University.”

### 참고문헌

- [1] <http://www.anycall.com>
- [2] Bernard Jensen. Science and Practice of Iridology, Volume 1. Red Wheel/Weiser, 1952.
- [3] PAUL VIOLA, MICHAEL J.JONES (2003). Robust Real-Time Face Detection. International Journal of Computer Vision 57(2), 137-154, 2004.
- [4] Homomorphic Processing Techniques for Near-Infrared Images. IEEE International Conference on Acoustic, Speech, and Signal Processing, Vol.III, pp.461-464, 2003
- [5] Face Detection in the Near-IR Spectrum. 2001 IEEE Workshop in computer Vision Beyond the Visible Spectrum : Methods and Applications, Kauai, HI December 14, 2001
- [6] <http://www.cdmatech.com>
- [7] <http://www.arm.com>
- [8] <http://www.wipi.or.kr>