

논문 2006-43SP-2-3

# 휴대폰에서의 홍채인식을 위한 고속 홍채검출에 관한 연구

## (A Study on Fast Iris Detection for Iris Recognition in Mobile Phone)

박 현 애\*, 박 강 령\*\*

(Hyun-Ae Park and Kang Ryoung Park)

### 요 약

최근 휴대폰에서 개인 정보 보안의 중요성이 대두되고 있으며, 이에 따라 생체인식 기능이 내장된 휴대폰에 관심이 집중되고 있다. 그러므로 본 논문에서는 휴대폰 기기에 홍채인식기술을 적용하기 위한 방법을 제안한다. 기존의 홍채 인식 알고리즘에서는 고 배율의 줌 렌즈(zoom lens)와 초점렌즈(focus lens)를 사용하여 홍채인식에 사용될 확대된 홍채영상을 획득하였다. 이와 같이 이 전에 휴대폰에 홍채인식기술을 적용하기 위해서는 줌 렌즈와 초점렌즈를 추가 장착하여야 했으며, 이는 가격 상승과 부피 증가의 문제를 발생시켰다. 그러나 최근 휴대폰의 멀티미디어 기기 융·복합 추세로 인해 휴대폰 내에 장착된 메가픽셀 카메라(Mega-pixel Camera)의 성능이 급속히 발전함에 따라, 고 배율의 줌 렌즈 및 초점렌즈(zoom & focus lens) 없이도 확대된 홍채영상의 획득이 가능하게 되었다. 즉, 메가 픽셀 카메라 폰을 사용하여 사용자로부터 원거리에서 취득한 얼굴영상에서의 홍채영역이 홍채인식을 수행하기 위한 충분한 픽셀정보를 가지게 되었다. 본 논문에서는 이러한 얼굴영상에서 각막에 반사된 조명 반사광을 기반으로 휴대폰에서의 홍채인식을 위한 고속 홍채검출 방법을 제안한다. 또한 눈, 카메라, 조명 모델을 기반으로 각막에 반사된 조명반사광의 밝기와 크기를 추정하는 이론적 배경을 제안하며, 입력영상에서 태양광의 존재 유무와 광학적으로 또는 피사체의 움직임에 의해 반사된 흐림 현상 (Optical & Motion blur)을 판별하기 위해 조명을 연속적으로 On/Off 시키는 방법을 제안한다. 실험결과, 삼성 SCH-S2300(150MHz의 ARM 9 CPU) 휴대폰에서 홍채 영역 추출 총 수행시간은 평균 65ms이었고, 홍채 검출 성공률은 태양광이 존재하지 않는 실내에서 99%, 태양광이 존재하는 실외에서 98.5%였다.

### Abstract

As the security of personal information is becoming more important in mobile phones, we are starting to apply iris recognition technology to these devices. In conventional iris recognition, magnified iris images are required. For that, it has been necessary to use large magnified zoom & focus lens camera to capture images, but due to the requirement about low size and cost of mobile phones, the zoom & focus lens are difficult to be used. However, with rapid developments and multimedia convergence trends in mobile phones, more and more companies have built mega-pixel cameras into their mobile phones. These devices make it possible to capture a magnified iris image without zoom & focus lens. Although facial images are captured far away from the user using a mega-pixel camera, the captured iris region possesses sufficient pixel information for iris recognition. However, in this case, the eye region should be detected for accurate iris recognition in facial images. So, we propose a new fast iris detection method, which is appropriate for mobile phones based on corneal specular reflection. To detect specular reflection robustly, we propose the theoretical background of estimating the size and brightness of specular reflection based on eye, camera and illuminator models. In addition, we use the successive On/Off scheme of the illuminator to detect the optical/motion blurring and sunlight effect on input image. Experimental results show that total processing time(detecting iris region) is on average 65ms on a Samsung SCH-S2300 (with 150MHz ARM 9 CPU) mobile phone. The rate of correct iris detection is 99% (about indoor images) and 98.5% (about outdoor images).

**Keywords:** Iris Detection, Mobile Phone, Iris Recognition, Corneal Specular Reflection

### I. 서 론

\* 학생회원, 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과  
(Dept. of Computer Science, Sangmyung University)

\*\* 정회원, 상명대학교 미디어학부  
(Division of Media Technology, Sangmyung University)

접수일자: 2005년8월22일, 수정완료일: 2006년2월7일

생체인식기술은 얼굴, 지문, 홍채, 음성 등과 같은 신체 및 행동 특성에 근거하여 사람을 인식하고 식별하는

방법으로 보안을 목적으로 신분 확인 기술로 사용되고 있다<sup>[1][2]</sup>. 생체인식기술 중에서 홍채인식은 동공과 흰자위 사이에 존재하는 고유한 홍채 패턴을 사용하여 인식하는 방법으로 인식기기와 직접적인 접촉 없이 인식이 가능하며 다른 생체인식기술 보다 높은 정확성과 신뢰성을 갖는다<sup>[3][4]</sup>.

최근 휴대폰은 MP3와 게임플레이어, 교통카드, 모바일 뱅킹 등의 기능을 포함하여 점차 발전하고 있으며, 이것은 휴대폰에서의 개인 정보의 보안이 점점 중요하게 되었다는 것을 의미한다. 정보 보안의 기능을 가진 GI100(펜텍& 큐리텔<sup>[34]</sup>)과 LP3550(LG전자<sup>[27]</sup>) 등의 지문인식 폰은 이미 시판되고 있으나, 이는 지문인식을 위한 DSP칩과 지문인식 센서를 추가하였기 때문에 다른 휴대폰에 비해 가격이 비싸고 크기가 크다. 게다가 지문인식센서는 휴대폰에서의 크기제약으로 인해 작아야 하며, 이는 비 신뢰적 인식성능을 야기하므로, 지문인식 폰은 아직 대중적으로 널리 사용되지 않고 있다.

일반적으로 홍채인식의 성능은 홍채영상의 크기에 의해 주로 결정<sup>[4][5]</sup>되므로, 높은 인식률을 위해서는 홍채영역의 지름이 약 200픽셀 이상인 홍채영상을 사용해야 한다. 이러한 영상을 획득하기 위해서는 고 배율의 줌렌즈와 초점렌즈의 사용이 필요하나, 휴대폰에 줌 렌즈와 초점렌즈를 장착하기에는 가격의 상승과, 휴대폰의 부피가 늘어나기 때문에 실질적이지 않았다. 그러나 휴대폰의 빠른 발전과 메가 픽셀 카메라의 등장으로, 고 배율의 줌 렌즈와 초점렌즈의 사용 없이도 확대된 홍채영상의 획득이 가능하게 되었다. 메가 픽셀 카메라 폰을 사용하여 사용자로부터 원거리(25~40cm)에서 취득한 얼굴영상(일반적으로 인식을 위한 영상 획득 시 카메라에서 눈까지 거리가 멀수록 사용자는 더 편안함을 느낌)에서의 홍채 영역은 홍채인식에 사용할 충분한 픽셀정보를 가질 뿐만 아니라, 카메라 폰의 화각(viewing angle)이 일반 카메라에 비해 비교적 광각을 가지므로 DOF(Depth of field)가 커져 결과적으로 초점이 맞는 홍채 영상을 취득할 수 있다.

본 논문에서는 이처럼 취득된 얼굴 영상으로부터 사용자의 눈 영역을 빠르게 검출하고 이 정보를 바탕으로 사용자의 홍채 영역을 고속으로 검출하는 방법을 제안한다.

기존에 연구된 얼굴 영상에서의 눈 검출 방법은 크게 두 가지 범주로 분류할 수 있다. 첫 번째는 가시광선 하에서 취득된 영상에서 눈의 모양과 그레이 분산을 기반으로 눈을 검출하는 방법이고<sup>[6~13]</sup>, 두 번째 범주는 근

적외선 하에서 취득된 영상으로부터 동공의 분광적(spectral) 특성을 활용하는 방법이다<sup>[14~16]</sup>. Yuile<sup>[6]</sup>은 영상에 다양한 템플릿을 적용하여 눈 위치를 찾는 방법을 처음으로 제안했다. 이 템플릿 매칭 방법은 [7~9]에 일반적으로 사용되었으며, 이는 눈 모델을 디자인하여, 다양한 템플릿에 대한 순환적 처리에 의해 눈 위치를 얻어내는 방법이었다. Feng<sup>[10]</sup>은 얼굴영상에서의 눈 영역이 상대적으로 어둡다는 특징과 같은 단서에 의해 이진화 프로세스를 수행하여, 눈의 중심을 검출하였으며, Rowley<sup>[11]</sup>은 신경망(neural network)을 기반으로 눈 영역을 포함한 정면 얼굴의 특징을 검출하는 시스템을 개발하였다. Zhiwei Zhu<sup>[12]</sup>의 눈 검출 방법은 주변광으로부터 눈의 외관패턴을 얻고, 적외선 조명으로부터 어둡고 밝게 변하는 동공의 특징(dark/bright pupil)을 얻어 이 두 영상의 차를 이용하여 SVM(Support Vector Machine)을 통해 동공의 위치를 찾아내는 알고리즘을 사용했다. 또한, Viola and Jones<sup>[13]</sup>가 제안한 얼굴검출 방법에서는 픽셀정보를 직접적으로 사용하는 대신 처리 시간을 줄이기 위해 Integral Image라 알려진 특징 집합을 사용하여 후보를 검색하였고, AdaBoost 학습 알고리즘을 통해 이 특징들을 분류하여 얼굴의 특징 점을 검출 하였다.

그러나 이러한 모든 눈 검출 알고리즘은 휴대폰이라는 제약적인 환경을 고려하지 않았으며, 휴대폰에서 사용하기에 복잡한 연산을 사용하였다. Ebisawa<sup>[14]</sup>는 눈, 카메라, 조명의 위치를 다르게 모델링한 두 개의 IR조명을 각각 사용하여 밝고/어두운 동공(bright/dark pupil) 영상의 차이를 이용하여 눈 위치를 검출한다. 그러나 이 방법은 추가적으로 두 개의 조명이 휴대폰에 부착 되어야 하고, 밝은 동공(bright pupil)영상을 취득하기 위해서 카메라 동축과 적외선 조명축을 일치시켜야 하는 제약적 환경을 기반으로 하여 휴대폰으로 영상 취득 시 정확하게 밝은 동공(bright pupil)을 취득하기 어렵다는 문제점이 있다. Suzuki<sup>[15, 16]</sup>는 인간이나 경주마의 식별을 위해 각막에 반사된 조명반사광을 사용하여 획득한 영상의 질(Quality)을 판단하고 눈 영역을 검출했다. 그러나 영상은 조명을 일정하게 제어한 마구간에서 취득되었으므로, 영상 내에 반사된 조명반사광의 후보가 적었으며, 또한 실험에 사용된 조명반사광의 밝기와 크기는 모두 경험적으로 결정되었다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고 휴대폰에서의 홍채인식을 위해, 각막에 반사된 조명 반사광을 기반으로 눈 위치의 검출과 빠른 홍채 검출 방법을 제

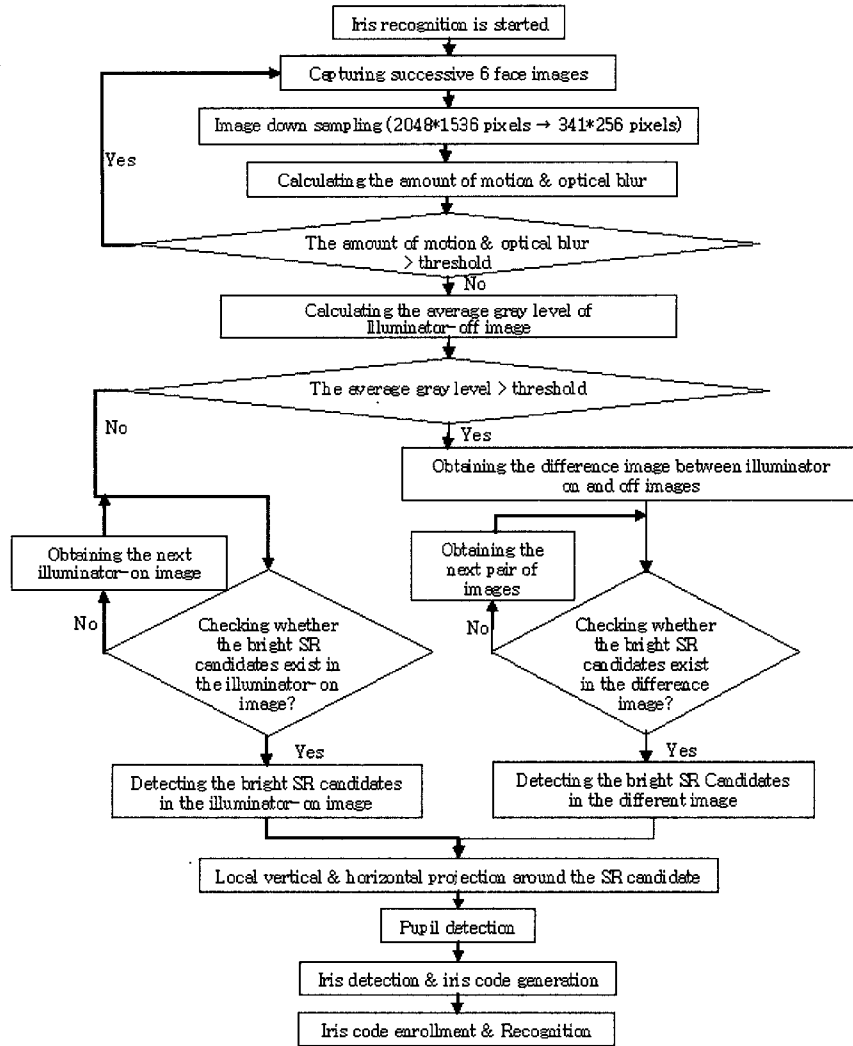


그림 1. 제안된 방법의 흐름도  
 Fig. 1. Flowchart of the proposed method.

안하며, 카메라와 눈, 조명간의 모델과, 사람의 눈 모델을 고려하여 조명반사광의 밝기와 크기를 이론적으로 계산하여 임계치로 사용하였다. 그리고 입력영상 내에 태양광의 존재 유무와 광학적/움직임에 의한 흐림 현상 판별을 위해 조명을 연속적으로 On/Off 시키는 방법을 제안하였다. 또한 일반 휴대폰에 사용하는 ARM CPU는 floating-point 보조처리기(co-processor)를 가지고 있지 않으므로, 본 논문에서는 처리시간을 줄이기 위해 floating-point 연산을 알고리즘에서 제외하였다.

II. 휴대폰에서 고속 홍채검출 알고리즘

1. 제안된 방법의 개관과 조명 On/Off스키마

그림 1은 제안 알고리즘의 전체 흐름도를 나타낸다. 사용자가 휴대폰의 홍채인식시스템을 시작하고, 인식

시작버튼을 누르면, 휴대폰 카메라의 마이크로 컨트롤러(micro controller)는 33.3ms 마다 휴대폰에 장착된 적외선 조명을 켜다 끄면서 그림 2와 같이 6장의 얼굴영상을 연속적으로 취득한다. 2048\*1536 픽셀 사이즈로 취득된 영상들은 처리속도를 높이기 위해 가로·세로 각각 1/6배씩 341\*256픽셀로 다운 샘플링(down sampling)된다.

연속으로 얻어진 영상에서 피사체의 움직임에 의한 흐림 현상(motion blur)이 존재한다면, 각 영상의 해당 픽셀 밝기 값의 차이가 많이 나게 되므로, 영상 취득 시 움직임에 의한 흐림 현상(motion blur)의 정도는 조명이 켜진 상태에서 취득한 영상간의 픽셀 밝기 차이로 판별 할 수 있다 (그림2에서  $(|A1-B1| + |B1-C1|)/2$ ). 이 차이 값이 실험에 의해 정해진 임계치 (평균 5)보다 크다면, 이 영상은 홍채인식이 불가능할 정도의 흐림

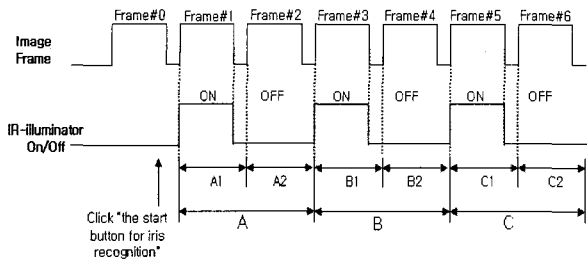


그림 2. 조명On/Off에 따른 연속 영상 촬영 방법  
 Fig. 2. The successive On/Off scheme for the illumination.

현상이 발생한 영상으로 판단하여 영상을 다시 취득한다. 반면 이 차이 값이 임계치보다 낮을 경우에는 흐림 현상이 없거나 낮은 영상으로 판단하고, 다음 단계로 영상 내에 태양광이나 외부 할로겐 조명의 영향이 있는지 판별한다. (일반적으로 홍채 인식용 카메라에는 적외선 투과 필터가 장착되어 있으며, 이를 통해 일반 형광등 빛은 다 차단이 되지만 할로겐 조명은 상당부분 홍채 카메라에 입사됨)

태양광이 존재하는 영상은 각막에 반사된 조명반사광의 후보지(candidate)가 태양광이 존재하지 않은 영상보다 많이 생기게 되므로 처리시간이 오래 걸리거나, 잘못된 조명 반사광의 위치를 찾을 확률이 높아지게 된다. 태양광이 존재하는 영상은 조명을 On/Off한 영상간의 차 영상으로 각막에 반사된 조명반사광의 후보지를 검출한다.

영상 내에 태양광의 영향이 존재하는지 판별하기 위해 카메라 조명을 끄고 촬영한 영상의 (그림 2에서 A2) 평균밝기를 측정한다. 이 값이 임계치(평균 50)를 초과할 경우, 할로겐 조명이나 태양광과 같은 외부조명의 간섭이 존재한다고 판단하게 된다. 실험을 통해 적외선 투과필터를 부착한 카메라로 실내에서 적외선 조명을 끄고 촬영한 영상의 평균 밝기 값(30이하)을 측정하였으며, 창문 등을 통해 태양광(적외선 포함)이 들어올 수 있음을 고려하여 태양광 판별 임계치를 50으로 하였다.

또한, 그림 3과 같이 조명을 On/Off한 영상 간(그림 2에서 A1과 A2)의 차 영상을 구하여, 조명반사광 후보지의 크기와 밝기를 검사함으로써 태양광과 같은 외부조명에 의해 반사된 조명반사광을 각막에 반사된 조명반사광의 후보에서 제외시킬 수 있다.

그림3 (a)는 조명 On/Off시에 촬영한 눈 영상의 수평 그레이 레벨의 프로파일이고, (b)는 수평 그레이레벨 프로파일간의 차이를 나타낸 것이다. 그림3 (b)로부터 각막에 반사된 조명반사광의 그레이 레벨이 다른 지역보

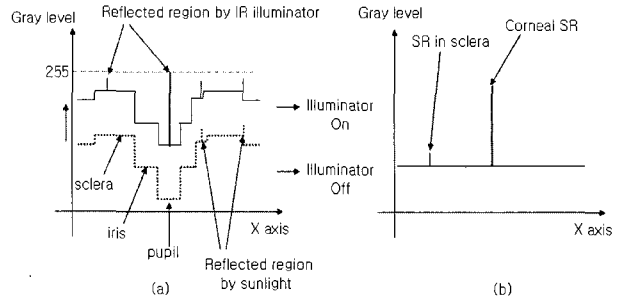


그림 3. (a) 조명 On/Off 시에 취득 된 눈 영상의 수평 gray level 프로파일  
 (b) 조명 On/OFF 영상의 수평 gray level 프로파일간의 차이

Fig. 3. (a) Horizontal gray level profile of an eye image taken at the time of illuminator-On/ Off  
 (b) Difference between the horizontal gray level profiles of the illuminator-On and Off image.

다 더 높다는 것을 알 수 있으므로, 외부조명의 영향을 제거함으로써 각막(동공 내부)에 반사된 조명반사광을 검출할 수 있다. 이때 만약 각막에 반사된 조명반사광의 후보가 입력영상에서 존재하지 않는다면 조명 On/Off 영상의 다음 쌍(그림 2에서 B1, B2)을 사용하여 위와 동일한 방법으로 처리한다. 반대로, 각막에 반사된 조명반사광이 존재한다면, 이를 중심으로 그 주변에 지역적 수직&수평 프로젝션을 수행하여 동공 영역을 검출하며(그림 4와 같이 본 연구에서 사용한 홍채 카메라에서는 카메라와 사용자 눈까지의 거리에 비해 조명과 카메라사이의 거리가 상당히 작기 때문에 사용자가 인식을 위해 홍채 카메라를 응시하는 경우, 각막의 조명 반사광이 동공 영역 내에 생기게 됨)(자세한 내용은 II-4절에서 설명한다), 검출된 동공지역을 기반으로 정확한 홍채검출과 홍채코드추출, 등록, 인식이 수행된다.

만약 조명을 끄고 촬영한 영상의 (그림 2에서 A2) 평균 밝기 값이 임계치(평균 50)보다 작으면, 태양광이나 외부조명의 영향이 없다고 간주하고, 조명이 켜진 영상(그림 2에서 A1)에서 각막에 반사된 조명반사광 검출 프로세스를 수행한다.

2. 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 크기 추정

가. 초점이 맞은 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 크기 추정

기존의 각막에 반사된 조명반사광 검출 연구<sup>[16, 17]</sup>들은 영상에서의 조명 반사광의 밝기와 크기를 모두 실험에 의한 경험으로 결정하였다. 본 절에서는 각막에 반

사된 반사광과 피부에 반사된 반사광과의 값 차이를 비교하고, 눈, 카메라, 조명 모델을 기반으로 각막에 반사된 조명반사광의 크기를 계산하기 위한 이론적 배경을 제시하고자 한다.

광학에서, 서로 다른 굴절률을 갖는 두 매질 내를 빛이 통과 할 때 반사된 반사를 프레넬 반사(Fresnel reflection)<sup>[18]</sup>라 하며, 빛이 수직으로 입사한 경우 반사계수는 식(1)의 프레넬(Fresnel) 방정식에 의해서 구할 수 있다. 본 실험의 경우, 조명과 카메라사이의 거리가 그림4와 같이 카메라와 눈 사이의 거리보다 짧기 때문에, 입사광이 각막 경계를 수직으로 입사한다고 가정할 수 있으므로 식(1)을 사용하여 피부반사계수와 각막의 반사계수를 구할 수 있다.

$$\rho = \frac{n1 - n2}{n1 + n2} \tag{1}$$

여기에서,  $\rho$ 는 반사계수이며 피부와 각막의 반사계수를 구하기 위해 각항에 대입하면,  $n1$ 은 공기의 굴절률(=1)이고,  $n2$ 는 각막의 굴절률(=1.376)<sup>[19]</sup>이나 얼굴피부의 굴절률(=1.3)<sup>[20]</sup>로 정의할 수 있다. 계산 결과 각막에서의 반사계수( $\rho$ )는 약 -0.158(여기서, 반사율은 2.5(=100\* $\rho^2$ )), 피부에서의 반사계수( $\rho$ )는 약 -0.13(여기서, 반사율은1.69)으로 얻을 수 있다. 그러므로 영상에서 얼굴피부에서 나타나는 반사들보다 각막에 반사된 반사광이 더 밝고 선명하다는 것을 알 수 있다.

일반적으로, 각막은 볼록거울과 같은 모양을 가지므로, 그림 4에서 보여 지는 것과 같이 각막에 반사된 조명반사광의 크기를 볼록 거울을 기반으로 모델링 할 수

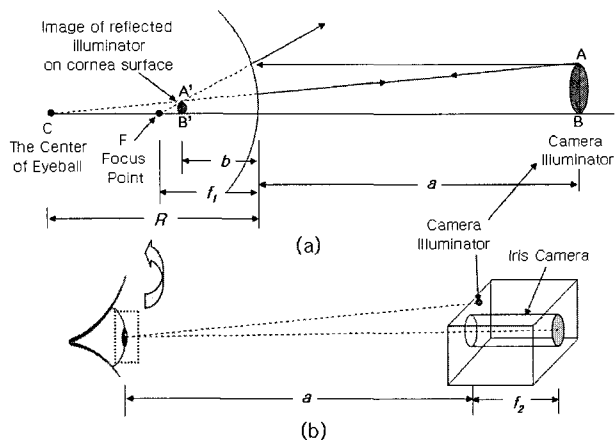


그림 4. 각막의 빛 다이어그램과 카메라, 조명, 눈 모델  
 Fig. 4. A ray diagram in the cornea and the camera, illuminator, eye model.  
 (a) A ray diagram in the cornea  
 (b) The camera, illuminator and eye model 10

있다. 그림 4(a)에서, C는 안구의 중심이고, 각막의 표면으로부터 C를 통과하는 선은 주축이며, 이 주축 위에 각막의 초점 F가 위치한다.

Gullstrand의 안구 모델<sup>[19]</sup>을 통해서 각막의 반지름(R)은 -7.8mm 이고, 각막의 초점거리( $f1$ )는 -3.9mm 임을 알 수 있고(볼록거울에서  $2*f1 = R$  이므로). 식(2)에 대입하여 각막에 반사된 조명의 크기를 얻을 수 있다.

식(2)에서  $a$ 는 각막과 카메라 조명간의 거리로, 본 실험에 사용된 휴대폰 카메라가 25~40cm(초점이 맞는 홍채영상을 얻을 수 있는 범위)의 작동거리를 가지기 때문에 우리는  $a$ 를 250~400mm로  $b$ 를 -3.85mm로 정의했다.

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \tag{2}$$

계산 결과,  $\overline{AB}$ (카메라조명의 지름)가 10mm일 경우 각막에 반사된 조명의 크기( $\overline{A'B'}$ )는 0.096~0.154 mm가 된다 ( $\because \overline{A'B'}/\overline{AB} = b/a$ ). 이 계산된 값을 통해서 그림 4 (b)의 카메라와 눈 사이의 모델을 기반으로 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 크기(X)를 구할 수 있다 ( $a + |b| : \overline{A'B'} = f_2 c : X$ , 영상에서 X 는 1.4~3.7 픽셀).

이때,  $f_2$  (카메라초점거리)는 17.4mm이고,  $c$ (CCD픽셀간의 거리)는 349 pixel/mm로. 카메라 캘리브레이션(Calibration)에 의해 계산된 값이다<sup>[22]</sup>.

결론적으로, 초점이 맞은 입력영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 크기(지름)는 1.4~3.7픽셀이며, 이는 실제 각막의 조명반사광 검출 시에 크기 필터링에 대한 임계치로 사용한다. 그러나 휴대폰 홍채인식의 경우 사용자가 휴대폰을 손에 들고 인식을 시도하기 때문에 흐림 현상이 발생하여 조명반사광의 크기가 증가할 수 있으므로 흐림 현상에 대한 모델링도 같이 고려되어야 한다.

나. 광학적 흐림 현상이 포함된 각막에 반사된 조명반사광 모델링

일반적으로, 광학적 요인에 의한 영상의 흐림 현상(optical blur)은 식(3)과 식(4)로 표현되어진다.

$$o(x, y) = h(x, y) * i(x, y) + n(x, y) \tag{3}$$

$o(x,y)$ 는 초점이 흐려진(defocusing) 결과영상이고,  $h(x,y)$ 는 흐림 현상을 발생시키는 2차원 점 확산함수

(PSF : point spread function),  $i(x,y)$ 는 초점이 맞은 (focused) 입력영상이고,  $n(x,y)$ 는 잡음을 나타낸다<sup>[25]</sup>.

이 식을 주파수 공간으로 변환하면 식(4)와 같다.

$$O(u, v) = H(u, v) \cdot I(u, v) + N(u, v) \quad (4)$$

$O(u,v)$ 는 초점이 흐려진(defocused) 결과영상,  $H(u,v)$ 는 2차원 점 확산함수(PSF),  $I(u,v)$ 는 초점이 맞은 입력 영상,  $N(u,v)$ 는 잡음의 주파수 변환이다. 본 논문에서 잡음  $n(x,y)$  와  $N(u,v)$ 는 영향을 미치지 않을 정도의 작은 값이므로 모델링에서 제외하였다.

광학적 요인에 의한 흐림 현상의 점 확산함수( $h(x, y)$ 나  $H(u, v)$ )는 일반적으로 가우시안 함수(Gaussian function)<sup>[25]</sup>에 의해 표현이 가능하므로, 각막에 반사된 조명반사광의 광학적 요인에 의한 흐림 현상을 모델링 하는데 가우시안 함수를 사용하였다. 정확한 가우시안 모델을 적용하기 위해 25~40 cm(실험에서의 작동범위)의 거리에서 각막에 반사된 조명반사광을 취득하여 식 (4)의 역필터링(inverse filtering)을 통하여 가우시안 함수 ( $h(x, y)$  or  $H(u, v)$ )의 크기(7\*7픽셀의 마스크),  $\sigma^2 = 2.358$ 의 결과를 얻었다. 실험 결과, 초점이 맞춰진 영상일 때 직경 1.4~3.7 픽셀 정도였던 각막의 조명 반사광이 영상의 흐림 현상으로 인하여 최대크기(지름)가 4.4~6.7픽셀로 증가되었으며, 이 값은 실제 각막에 반사된 조명반사광을 검출하기 위한 크기 필터링에 대한 임계치로 사용하였다.

다. 피사체의 움직임에 의해 발생한 흐림 현상이 포함된 각막에 반사된 조명반사광 모델링

일반적으로, 움직임에 의한 흐림 현상(Motion Blur)은 카메라렌즈의 셔터시간과 관련이 있다. 셔터시간이 길면, 입력영상이 밝으나, 움직임에 의한 흐림 현상(Motion Blur)이 심하고, 이 경우에 각막에 반사된 조명 반사광들은 원형 대신에 대부분 타원형으로 표현되어진다. 움직임에 의한 흐림 현상(Motion Blur)을 줄이기 위해서는 셔터시간을 줄이거나 조명의 밝기 강도를 높여 주는 방법이 있다. 그러나 셔터 시간을 줄여 촬영한 영상은 홍채인식에 사용하기에 너무 어둡고, 조명의 밝기 강도를 높이는 경우에는 보다 많은 조명을 사용해야 하므로 가격 상승을 초래하게 된다.

본 연구에서는 움직임에 의한 흐림 현상(Motion blur)의 양을 측정하기 위해 카메라 셔터시간을 1/30초(33ms)로 결정하였으며, 사용자의 손 움직임 양을 측

표 1. 추정된 각막에서의 조명 반사광의 크기와 수평, 수직 지름간의 비율 (단위 : 픽셀, %)

Table 1. The estimated SR size and the ratio between the vertical and horizontal diameters (unit : pixels, %)

	조명 반사광의 직경 (픽셀)	조명 반사광의 장축 길이 (픽셀)	조명 반사광의 단축 길이 (픽셀)	조명 반사광의 가로 대 세로 비 (%)
초점이 맞은 영상	1.4~3.7	1.4~3.7	1.4~3.7	약 100
광학 흐림만이 존재하는 영상	1.4~6.7	1.4~6.7	1.4~6.7	100
움직임 흐림만이 존재하는 영상	1.4~14.7 (최대 직경)	1.4~14.7	1.4~3.7	9.5~1,050
광학 및 움직임 흐림이 같이 존재하는 영상	1.4~17.7 (최대 직경)	1.4~17.7	1.4~6.7	7.9~1,264

정하기 위해 120Hz 간격으로 3차원 회전과 이동 량을 측정할 수 있는 3차원 위치추적센서(Polhemus FASTRAK<sup>[30]</sup>)를 사용하였다. 실험결과 33ms당 X, Y(or X & Y), Z축으로 0.453mm의 움직임을 보였고, 그림 4(b)와 같이 눈과 카메라 모델을 기반으로 입력영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 수직과 수평지름 사이의 비율, 장축과 단축의 최대길이를 추정하였다. Z 방향으로의(0.453mm) 움직임은 카메라와 눈 사이의 거리(그림 4(b)의  $a + |b|(253.85 \sim 403.85\text{mm})$ )에 비해 매우 작기 때문에 입력 영상에서의 영향을 무시할 수 있는 수준이었다. 표 1은 실험결과를 나타낸다.

일반적으로 대부분의 경우 광학적 요인에 의한 흐림 현상과 움직임에 의한 흐림 현상(Optical & Motion blur)이 동시에 발생하기 때문에, 본 논문에서는 각막에 반사된 조명반사광의 장축 길이 범위(1.4~17.7픽셀)와 단축 길이 범위(1.4~6.7픽셀), 가로대 세로의 비율(7.9~1,264%)을 이용하여 입력영상에서 조명반사광의 후보들로부터 실제 각막에 반사된 조명반사광을 검출하는 방식을 사용하였다. 이때, 잘못된 각막의 조명반사광 검출의 가능성을 배제하기 위해 광학적 요인에 의한 흐림 현상(Optical blur)과 움직임에 의한 흐림 현상(Motion blur)의 양(그림 1과 그림 2의  $|A1-B1| + |B1-C1|/2$ )을 측정하고, 이 측정량이 임계치보다 작으면, 홍채인식이

가능한 정도의 초점이 맞은 영상으로 간주하며, 이 영상에서 조명반사광의 가로대 세로 비율이 100%이고, 앞 절에서 모델링한 1.4~6.7픽셀의 조명반사광의 크기를 임계치로 사용하여 실제 각막에 반사된 조명반사광을 검출하였다(실제로, 구동 시에는 영상처리에러의 여분(margin)을 고려하여 90~110%를 사용하였다.).

### 3. 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 밝기 추정 가. Phong모델을 기반으로 한 각막에 반사된 조명반사광의 밝기

일반적으로 Phong 모델은 광원의 종류를 주변광과 점광원으로 나누어 판별하나<sup>[23]</sup>, 본 연구에서는 그림 5와 같이 카메라 앞에 적외선투과필터를 사용하여 주변광을 차단하였기 때문에, 각막에 반사된 조명반사광의 밝기를 추정할 때 점광원만 고려한다. 또한 점광원에 의한 반사는 검경반사(Specular reflection), 확산반사(Diffuse reflection)가 모두 발생하지만, 각막에 반사된 빛은 검경반사의 비율이 더 높음으로 본 논문에서는 식(5)와 같이 검경반사만으로 각막에 반사된 조명반사광의 밝기를 추정한다.

$$L = I_p [K_s (V \cdot R)^n] / (d + d_0) \quad (5)$$

L은 각막에 반사된 조명반사광의 밝기, R은 입사광이 반사되는 방향, V는 카메라의 관측방향이다. 또한 Ks는 매질표면의 특성과 입사각에 의해 결정되는 검경반사계수이다. 본 실험의 경우에, 그림4(b)와 같이 카메라와 조명사이의 거리가 카메라와 눈 사이의 거리에 비해 매우 작기 때문에 입사각을 0도로 가정하며, 또한 V와 R 사이의 각도 또한 0도로 가정할 수 있다(그러므로, V·R = 1). Ks는 각막의 반사계수(ρ)로 2-가 절에서 약 -0.158로 계산되었고, Ip는 입사광(카메라 조명)의 양으로, 620 lux로 측정되었다. d는 본 실험에서 사용한 카메라 폰에서 홍채영상을 취득할 수 있는 범위로 250~400mm이고, d0는 분모가 0이 되지 않도록 하기 위한 오프셋이다(5mm). (이론적으로 d 대신에 d<sup>2</sup>을 사용하는 경우가 많으나, 본 실험결과 입사광의 증·감량이 정확하게 d<sup>2</sup> 비율을 따르지 않고 d<sup>2</sup>보다 d + d0가 이상적 결과를 보였기 때문에 이를 사용했다.). n은 표면의 특징에 의해 결정되는 값이다. 이를 바탕으로 계산 결과 각막표면에 반사된 조명반사광의 밝기는 0.242~0.384 lux./mm의 값을 얻었다.

나. 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 밝기 추정  
이로부터 식(5)와 (6)을 통해서 각막에 반사된 조명반사광의 방출에너지 L' (0.0006~0.0015 lux/mm<sup>2</sup>)를 얻을 수 있다.

$$L' = L / (d + d_0') \quad (6)$$

이때, d는 카메라와 눈 사이의 거리이고, d0'는 5mm의 오프셋이다. 각막에 반사된 조명반사광의 입사에너지 E역시 식(7)에 의해서 구할 수 있다<sup>[31]</sup>.

$$E = L' (\pi/4) (D/f)^2 \cos^4 \alpha \quad (7)$$

여기에서, f와 D는 각각 초점거리(17.4mm)와 렌즈의 조리개 직경(3.63mm)을 나타낸다<sup>[24]</sup>. α는 각막에 반사된 조명반사광이 렌즈의 중심에 입사된 빛(ray)과 카메라의 광축(optical axis) 사이의 각도이다. 그림 4(b)와 같이 카메라 광축과 각막에 반사된 조명반사광 사이의 거리가 카메라와 눈 사이의 거리에 비해 매우 작기 때문에 α를 0도로 가정한다. 계산결과 E는 2.0510-5~5.1210-5 lux/mm<sup>2</sup>으로 계산되었다.

마지막으로, 영상에서 각막에 반사된 조명반사광(B)의 밝기를 얻기 위해 다음 식(8)을 적용한다<sup>[31]</sup>.

$$B = F(Etc) = (Etc)^\gamma \quad (8)$$

여기에서, t는 카메라 노출시간, c는 AGC(Auto Gain Control factor)이며, 일반적으로 γ는 1로 가정한다. 본 연구에서는 t = 33ms, c는 실험결과 c = 3.71105 mm<sup>2</sup>/Lux·ms였으므로, 영상에서 각막에 반사된 조명반사광의 최소 밝기 값은 251임을 알 수 있었다. 이 값은 각막의 조명반사광 후보지를 얻기 위한 이진화 임계치로 사용한다.

### 4. 고속 홍채 검출 방법

본 연구에서는 입력 얼굴 영상으로부터 고속으로 홍채 영역으로 추출하기 위하여, 전술한 바와 같이 각막에 반사된 조명 반사광의 위치를 정확하게 추출하는 방법을 취한다.

3-나 절에서 얻어진 조명 반사광의 밝기 정보(251)를 기반으로, 다운 샘플링 영상(2048\*1536 픽셀 사이즈로 취득된 영상 -> 341\*256 픽셀 사이즈 영상)으로부터 각막에 반사된 조명반사광의 후보를 검색하였고, 표 1을 기반으로 조명 반사광 후보지의 크기와 수평·수직 지름간의 비율을 사용하여 라벨링을 수행하여 정확하고 빠르게 각막에 반사된 조명반사광을 검출하였다. 전술

한 바와 같이, 각막에 반사된 조명반사광이 동공 영역에 존재하므로 각막의 조명반사광을 검출한 후 동공이 존재할 수 있는 범위인 30\*30픽셀의 후보박스를 씌워 동공영역을 검출하였다. 여기에서 박스의 크기는 동공의 크기가 외부조명의 밝기에 따라 2mm에서 8mm로 가변적으로 변하기<sup>[32]</sup> 때문에 이를 기반으로 홍채카메라의 줌 배율(magnification factor) 19.3 pixels/mm를 같이 고려하여 결정하였다. 계산결과, 입력영상(2048 \* 1536)에서 동공의 지름은 39~154픽셀이고 수직, 수평으로 각각 1/6씩 다운 샘플링한 영상에서는 6.5~25.7픽셀이었으며, 여분을 고려하여 30 \* 30픽셀 크기의 박스를 본 연구에서는 사용하였다.

동공 영역이 일반적으로 다른 영역보다 어둡기 때문에 본 연구에서는 박스 내에서 이진화를 수행하여 동공영역을 검출하였다. 동공 이진화를 위해 후보 박스 내의 평균 밝기 값을 고려하여 이진화 임계치를 정하고, 동공의 이진화를 수행한다. 이진화 된 영상으로부터 수평 수직 히스토그램을 사용하여 x, y 위치의 가중치 평균을 기반으로 동공의 중심위치를 얻었다. 대부분 휴대폰의 ARM 프로세서가 부동 소수점(Floating point) 보조처리기(Co-processor)를 가지고 있지 않기 때문에 본 알고리즘에서는 고속 검출을 위하여 부동 소수점 연산을 사용하지 않았다. 또한 이를 위해 검출된 각막에 반사된 조명반사광의 수평지름에 상응하는 수직 지름의 정보를 룩업 테이블(Look up table)에 미리 저장하여 사용하였다. 추출된 동공 중심을 기준으로 정수형 기반 원형 경계 검출기를 이용하여 홍채 영역을 추출하였다<sup>[35]</sup>.

### III. 실험

그림 5와 같이 실험용 휴대폰은 3.2 메가 픽셀 CCD 센서를 가진 삼성 SPH-S2300모델을 사용하였으며, 정확한 홍채패턴을 획득하기 위해 적외선 조명과 적외선 투과필터를 사용했다<sup>[2][4]</sup>. 홍채 인식과 각막에 반사된 조명반사광을 검출하기 위해 카메라 렌즈의 앞에 적외선 투과필터를 부착하고 적외선 파장과 가시광선을 포함하는 카메라에 내장된 제논 램프(Xenon Flash Lamp)를 사용했다. 휴대폰에 장착된 카메라는 홍채인식 이외에도 가시광선 영역에서 일반적인 사진을 촬영할 수 있어야 하기 때문에, 향후에 듀얼모드필터(IR 투과와 차단필터를 포함)가 자동적으로 열리거나 닫히는 메커니즘을 사용할 예정이다.

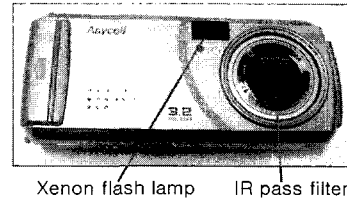


그림 5. 홍채 인식을 위해 사용된 카메라 폰  
Fig. 5. The camera phone used for iris recognition.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 총 3가지 실험을 통해 정확성을 측정하였다. 첫 번째 실험은 50명으로부터 총 500장의 영상을 취득하여(양쪽 눈을 모두 포함한 250장의 영상과 한쪽 눈만을 포함한 250장의 영상), 얼굴영상에서 정확한 홍채 검출 비율을 측정하였다. 또한, 영상내의 외부조명의 영향을 고려하기 위해 위 250장의 영상은 태양광이 존재하는 1,394lux의 실외에서, 또 다른 250장의 영상은 223lux의 실내에서 촬영하였다. 실험 결과 실내 영상에서의 홍채검출성공률은 99%, 실외 영상에서의 홍채검출성공률은 98.5%를 보였다. 그림 6은 결과영상이며, 귀걸이, 눈물샘, 빛에 반사된 머리카락 등에서 잘못된 조명 반사 영역을 추출할 경우 결과적으로 잘못된 홍채영역을 검출하였다.

두 번째 실험에서 2-4절에서 언급된 검출된 조명반사광을 중심으로 동공영역을 검출하기 위해 씌운 박스의 크기를 가변적으로 변화시켜가면서 동공 및 홍채의 검출 비율을 체크했다. 실내 영상에서 20\*20픽셀박스의 경우 동공 및 홍채의 검출비율은 90%, 25\*25픽셀박스의 경우 95%, 30\*30픽셀 박스의 경우 99%, 32\*32픽셀 박스의 경우 100%의 비율을 나타냈고, 실외영상에서



그림 6. 결과 영상  
Fig. 6. The result image.



표 2. 각 하드웨어 단말기의 명세  
Table 2. H/W Specification in each device.

	Laptop	PDA (HP iPAQ hx2750)	Mobile Phone (SPH-S2300)
CPU	Pentium - M	Intel PXA270	ARM926E J-STM
CPU clock(MHz)	1,400	624	150
Memory	512MB	128MB	4MB
Porting Platform	Windows 2003	Pocket PC 2003	WIPI

동공 및 홍채의 검출비율은 20\*20픽셀박스의 경우 87%, 25\*25픽셀박스의 경우 94%, 30\*30픽셀 박스의 경우 98.5%, 32\*32픽셀박스의 경우 100%의 비율이 나타났다.

세 번째 실험에서는 표 2와 같이 노트북과, PDA, 휴대폰과 같은 다양한 하드웨어 플랫폼에서 홍채 추출 처리시간을 측정했다. 실험용 휴대폰인 SPH-S2300은 MSM6100TM 칩을 사용하며, 이는 내부에 ARM926EJ-STM<sup>[24][26]</sup> CPU를 적용하고 있다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 추가적 DSP칩을 사용하지 않고, 국내 표준무선인터넷플랫폼<sup>[29]</sup>인 WIPI (Wireless Internet Platform for Interoperability) 1.1 플랫폼을 사용하여 다운로드 된 응용프로그램을 휴대폰에 탑재하여 사용하였다. 표 3은 각 하드웨어 단말기에서의 처리시간을 나타낸 것이다.

표 3에서 나타난 것처럼, 2048\*1536픽셀의 큰 입력영상에 대한 처리와 낮은 CPU 속도로 인하여, 휴대폰에서 홍채 검출 시 처리시간이 많이 소모된다. 이에 대한 보완책으로 카메라 렌즈 전면에 가시광선은 반사하고, 적외선을 투과하는 cold mirror를 사용하여 얼굴입력영상에서 눈 영역이 일정한 범위에 포함될 수 있도록 함으로써 처리시간을 줄였다. 그 결과 휴대폰에서의 전체 처리시간이 328ms에서 65ms로 감소하였다. 기존의 Viola 와 Jones<sup>[17, 28]</sup>에 의해 제안된 얼굴검출알고리즘은 Sony-Ericsson P900(CPU clock : 156MHz)과 Nokia 7650 (CPU clock : 140Hz)에서 344\*288픽셀의 입력영상을 처리하는데 각각 210ms와 160ms의 처리시간을 보여 본 논문에서 제안된 방법보다(cold mirror를 사용하였을 경우) 오랜 시간이 걸림을 알 수 있다.

본 연구에서는 입력영상을 가로 및 세로 각각 1/6씩 다운샘플링(down sampling)했기 때문에 휴대폰의 제한적인 메모리(일반적으로 휴대폰은 4MB의 메모리를 가

표 3. 각 하드웨어 단말기별 처리시간 (단위 : ms)  
Table 3. Processing time in each device. (unit : ms)

	Laptop	PDA	Mobile Phone
1/6 Down-Sampling	8.5	18.2	172
각막의 Specular reflection 후보 검출	1.5	3.7	111
수평 & 수직 프로젝션 + 동공 검출	0	0.08	5
홍채 검출	1.2	3	40
합계	11.2	24.98	328

검) 환경에서 사용할 수 있다. 본 실험에서는 원본 영상이 3.15MB(2048\*1536 Byte)이며 이를 다운 샘플링 하여 87KB(341\*256 Byte)까지 줄이고, 카메라 렌즈의 전면에 cold mirror를 부착하여 촬영하므로 영상에서 눈이 위치하는 제한된 지역만을 처리하기 때문에 17KB(341\*51 Byte)까지 메모리 사용량을 줄일 수 있게 된다.

마지막 실험에서는 검출된 동공 중심과 사용자가 손으로 표시한 위치 사이에 RMS 에러를 측정하였으며, 그 결과 RMS에러가 5.5픽셀(X축으로 3.8픽셀, Y축으로 4픽셀)을 나타냈다. 이는 향후 원형 동공 경계 검출기를 사용함으로써 검출 정확도를 높일 수 있다<sup>[33]</sup>. 또한, 검출된 홍채 중심과 사용자가 손으로 표시한 위치 사이에 RMS 에러는 1.2픽셀(X축으로 0.9픽셀, Y축으로 0.8픽셀)을 나타냈으며, 검출된 동공 및 홍채 반경과 사용자가 손으로 표시한 반경들 사이의 RMS 에러는 각각 0.55, 2.2 픽셀로 나타났다. 본 연구에서 제안한 방법에 의해 휴대폰으로 취득한 영상의 홍채영역을 검출 한 후<sup>[36]</sup>에서 제안한 Adaptive Gabor Filter를 기반으로 하는 홍채인식알고리즘을 통해 hamming distance를 구하였으며, 이때 실내(223Lux)에서 흐림현상(blur)이 있는 영상에 대해서는 0.149, 실외(1394Lux)에서 촬영한 영상에 대해서는 0.278의 결과를 보였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 얼굴영상에서 각막에 반사된 조명반사광을 기반으로 휴대폰에서의 홍채인식을 위한 고속 홍채검출 방법을 제안하였다. 또한 눈, 카메라, 조명 모델을 기반으로 각막에 반사된 조명반사광의 밝기와 크기를 추정하는 이론적 배경을 제안하며, 입력영상에서 태양광의 존재 유무와 광학적으로 또는 피사체의 움직임에 의해서 발생한 흐림 현상 (Optical & Motion blur)

을 판별하기 위해 조명을 연속적으로 On/Off 시키는 방법을 제안하였다. 실험결과, 휴대폰에서 전체 홍채 추출 시간은 65ms였고, 동공 및 홍채 검출 성공률은 실내에서 99%와 태양광이 존재하는 실외에서 98.5%였다.

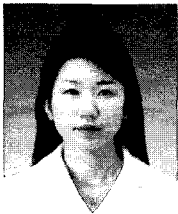
향후 본 알고리즘의 성능을 강화하기 위해 보다 더 다양한 실험 환경에서의 성능 테스트가 요구되어진다.

### 참 고 문 헌

- [1] <http://bias.csr.unibo.it> (accessed on June 6, 2005)
- [2] <http://www.biometrics.org> (accessed on June 6, 2005)
- [3] <http://www.lgiris.com> (accessed on June 6, 2005)
- [4] <http://www.iris-recognition.org> (accessed on June 6, 2005)
- [5] Kang Ryoung Park "Auto Focusing Algorithm for Iris Recognition Camera Using Corneal Specular Reflection," *IEICE TRANS. INF.& SYST.*, Vol.E87-D, No.7, pp.1923-1934, 2004.
- [6] Yuille, A.L., Cohen, D.S. and Hallinan, P.W., " Feature extraction from faces using deformable templates," *Proc. CVPR'89*, pp.104-109, 1989.
- [7] K.Lam, H.Yan, "Locating and extracting the eye in human face images," *Pattern Recognition*, Vol. 29, No.5, pp.771-779, 1996.
- [8] Fei Zuo, Peter H.N. de With. "Real-time Face Detection and Feature Localization for Consumer Applications," *Proceedings of the PROGRESS/STW*, pp.257-262, 2003.
- [9] Jürgen Rurainsky, Peter Eisert, "Template-Based Eye and Mouth Detection for 3D Video Conferencing," *LNCS*, Vol. 2849. Springer-Verlag GmbH pp.23-31, 2003.
- [10] Feng, G.C, Yuen, P.C., "Multi-cues eye detection on gray intensity image," *Pattern Recognition*, No.5, pp.1033-1046, 2001.
- [11] Rowley, H.A., Baluja, S., Kanade, T., "Neural network-based face detection," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 20(1), pp.23-38, 1998.
- [12] Zhiwei Zhu, Qiang Ji., "Robust Real-Time Eye Detection and Tracking Under Variable Lighting Conditions and Various Face Orientations," *Journal of Computer Vision and Image Understanding*, pp.124-154, 2005.
- [13] Paul Viola and Michael Jones., "Robust Real-time Face Detection," *IJCV*, Vol.57 no.2, pp. 137-154, 2004.
- [14] Y.Ebisawa, S.Satoh., "Effectiveness of pupil area detection technique using two light sources and image difference method," *Proc. of 15th Ann. Int. Conf. of IEEE Eng. in Med. And Biol. Soc.*, pp.1268-1269, 1993.
- [15] Masahiko Suzuki, etc, "Racehorse Identification System Using Iris Recognition," *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.J84-D2, No.6, pp.1061-1072, 2001.
- [16] Masahiko Suzuki, etc, "Eye Image Recognition Method Eye Image Selection Method And System Therefore," US Patent, US 6, 215, 891B1, 2001.
- [17] <http://www.nokia.com> (accessed on June 6, 2005)
- [18] <http://physics.nad.ru> (accessed on June 6, 2005)
- [19] A. Gullstrand, "The optical system of the eye," Appendices to part 1. In. Von Helmholtz H. *Physiological Optics*. 3rd ed, Hamburg, Voss, 1909.
- [20] <http://www.advceramicscos.com> (accessed on June 6, 2005)
- [21] <http://www.physicsclassroom.com> (accessed on June 6, 2005)
- [22] Jain, R., Kasturi, R., Schunck, B.G., "Machine Vision," MacGraw-Hill, Inc., New York, 1995
- [23] Edward Angel, "Interactive Computer Graphics," A Top-Down Approach with OpenGL, 2nd Edition.
- [24] <http://www.anycall.com> (accessed on June 6, 2005)
- [25] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd edition," Prentice Hall 2002
- [26] <http://www.arm.com> (accessed on June 6, 2005)
- [27] <http://www.lge.co.kr> (accessed on June 6, 2005)
- [28] [http://www.idiap.ch/pages/contenuTxt/Demos/demo29/face\\_finderfake.html](http://www.idiap.ch/pages/contenuTxt/Demos/demo29/face_finderfake.html) (accessed on June 6, 2005)
- [29] <http://www.wipi.or.kr> (accessed on June 6, 2005)
- [30] <http://www.polhemus.com> (accessed on June 6, 2005)
- [31] Khurram Shafique, Mubarak Shah., "Estimation of the Radiometric Response Functions of a Color Camera from Differently Illuminated Images," *ICIP*, Vol 4 pp.2339-2342. 2004.
- [32] Sheng-Wen Shih, "A Novel Approach to 3-D Gaze Tracking Using Stereo Cameras," *IEEE Trans. on SMC-Part B*, Vol. 34, No. 1, pp. 234-245, 2004.
- [33] John G. Daugman, "High confidence visual recognition of personals by a test of statistical independence," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 15, No. 11, pp.1148-1160, 1993.
- [34] <http://www.pantech.co.kr> (accessed on June 6, 2005)

- [35] Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park, Dae Woong Rhee, "Real-time Iris Localization for Iris Recognition in Cellular Phone", *SNPD2005*, pp.254-259, Towson University, Maryland, USA, 2005.
- [36] Dae Sik Jeong, Hyun-Ae Park, Kang Ryoung Park, Jaihei Kim, "Iris Recognition in Mobile Phone Based on Adaptive Gabor Filter", *LNCS on International Conference on Biometrics*, pp.457~463, the Hong Kong Polytechnic Univ., Hong Kong, 2006.

— 저 자 소 개 —



박 현 애(학생회원)  
 2005년 2월 상명대학교 소프트웨어학과 학사 졸업  
 2005년 3월~현재 상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사과정  
 <주관심분야 : Biometric 영상 처리, 패턴인식, 컴퓨터 vision >



박 강 령(정회원)  
 1994년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업  
 1996년 2월 연세대학교 전자공학과 석사  
 2000년 2월 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사  
 2000년 3월~2003년 2월 LG 전자 기술원 Digital Vision Group 홍채 인식팀  
 2003년 3월~현재 상명대학교 소프트웨어대학 미디어학부 조교수  
 <주관심분야 : Biometric 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 vision, 컴퓨터 그래픽스>