

# 양질의 홍채 패턴 획득을 위한 눈 영상의 화질 측정 방법

길연희, 고종국, 유장희

한국전자통신연구원, 정보보호연구원

## Quality Assessment Method of Eye Images for Acquisition of Iris Pattern with High Quality

Youn-Hee Gil, Jong-Gook Ko, Jang Hee Yoo

Information Security Research Division, ETRI

### 요 약

홍채인식 시스템의 성능은 입력된 눈 영상으로부터 정확한 홍채 영역의 검출 및 효율적인 홍채코드의 생성 등의 영향을 받으나, 이를 위해서는 입력된 눈 영상에서 홍채 패턴이 선명해야 한다는 선행 조건이 존재한다. 초점이 맞지 않아 흐리게 나온 영상, 눈을 감은 영상, 속눈썹에 의해 홍채영역이 가려진 영상, 움직임에 의해 블러링된 영상, 또는 홍채가 아닌 속눈썹 등의 다른 부분에 초점이 맞춰진 영상 등에서는 선명한 홍채 패턴을 얻을 수 없으므로 전체 인식 성능을 떨어뜨리는 요인이 된다. 그러므로 이러한 영상들을 자동으로 걸러내 제거해주는 눈 영상 화질 측정 방법이 필요하다. 본 논문에서는 눈 영상의 초점이 잘 맞는지 측정하는 방법을 제안하고 자체적으로 획득한 데이터베이스를 이용해 이를 테스트하였다.

### I. 서론

홍채는 개개인별로 고유한 패턴을 포함하고 있는 신체적 특징으로써 생후 6개월 이내에 그 구조가 고정된 이후 특별한 외상이 없는 한 일생 동안 변하지 않는 특성을 가지고 있다. 홍채 인식은 이 특성을 이용해 사용자를 인식하는 기술로써, 다른 생체인식 기술보다 신뢰성 및 인식률이 높은 것으로 알려져 있다[1]. 홍채 인식 시스템은 일반적으로 눈 영상 획득과 획득된 눈 영상에서 홍채 영역을 검출하는 과정, 홍채코드 추출 및 추출된 홍채코드의 정합 과정으로 이루어진다. 정합 결과에 영향을 미치는 정확한 홍채코드 생성을 위해 정확한 홍채 영역 검출이 선행되어야 하고, 이를 위해서는 선명한 눈 영상의 입력이 필수적이다.

성공적인 홍채 인식을 위해서는 획득된 눈 영상에서 홍채의 직경이 최소 200 픽셀 이상이 되어야 하므로 일반적으로 홍채 획득 카메라는 사용자의 눈 부위만을 확대하여 영상을 취득하게 된다. 일반적으로 때 피사체와 카메라 사이의 거리가 가까울수록 영상의 초점이 맞을 수 있는 DOF(Depth of Field)가 협소한 특성을 나타내게 되므로 초점이 맞는 영상을 획득하기란 쉬운 일이 아니며, 특

히 양질의 홍채 패턴을 요구하는 홍채 인식 시스템을 위해서는 홍채 영역에 초점이 맞는 영상을 요구하므로 눈 영상 획득 과정에서 초점 판단을 통해 적합하지 않은 눈 영상은 걸러내 주는 과정이 필요하다. 기존의 초점 판단 방법으로는 초점이 잘 맞은 영상일수록 주파수 영역에서 고주파 성분이 많이 나타난다는 특성을 이용한 방법이 주를 이룬다. 그러나 이 방법에 의하면 눈을 감고 있거나, 속눈썹이 홍채 영역을 과도하게 덮고 있을 때, 또는 움직임에 의해 블러링이 발생한(motion-blurred) 경우에도 고주파 성분이 두드러지게 되므로 초점값이 높게 나타나게 되고, 또한 홍채가 아닌 부분에 초점이 맞았을 경우에도 속눈썹 등으로 인한 경계 성분들로 인해 초점이 잘 맞는 영상이라고 잘못 판단하게 된다.

본 논문에서는 입력된 눈 영상에서 홍채 영역의 초점 정도를 판단하여 홍채 인식에 사용할 수 있는 정도로 선명한 홍채 패턴을 포함하고 있는지 아닌지를 구별할 수 있는 방법을 제안한다. 이를 위해 2장에서는 기존의 초점 계산 방법 등을 포함한 눈 영상의 전처리 기법에 대해 알아보고, 3장에서는 제안한 눈 영상 화질 측정 방법에 대해 기술한다. 제안한 방법에 대한 실험 환경 및 결과를

4장에 나타내고, 5장에서 결론을 맺도록 한다.

## II. 홍채 인식을 위한 전처리 연구

### 1. 기존의 초점 계산 방법

기존의 눈 영상 초점 측정 방법은 고주파 검출을 위한 커널을 이용한 방법이 주를 이루며, 기타 웨이브릿 변환을 이용한 방법 등이 존재한다[2,3]. 이중 J. Daugman에 의한 눈 영상에 대하여 (8×8) 픽셀 크기의 컨벌루션 커널을 적용하여 초점값 측정 방법이 대표적이다[2]. (8×8) 컨벌루션 커널은 그림 1과 같이 -1로 구성되어 있는 (8×8) 크기의 사각형 박스 함수(square box function)와 +4로 구성되어 있는 (4×4) 크기의 사각형 박스 함수를 결합한 형태로 구성되어 있다.

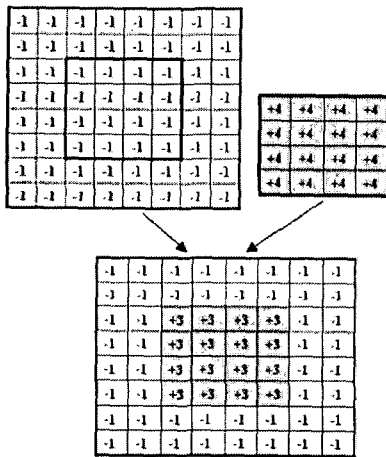


그림 1: 초점 값 측정을 위한 (8×8) 컨벌루션 커널

이러한 (8×8) 컨벌루션 커널은 주파수 영역에서 식 (1)과 같고, 식 (1)로부터 영상의 총 파워 스펙트럼(power spectrum)을 구한 후 식 (2)를 이용해 0부터 100사이의 값을 가지도록 정규화해서 초점값을 측정하였다.

$$K(\mu, \nu) = \frac{\sin(\mu)\sin(\nu)}{\pi^2 \mu \nu} - \frac{\sin(2\mu)\sin(2\nu)}{4\pi^2 \mu \nu} \quad (1)$$

$$f(x) = 100 \cdot \frac{x^2}{x^2 + c^2} \quad (2)$$

식 (2)에서 x는 영상의 총 파워 스펙트럼이고, c는 상수이다.

### 2. 홍채 검출 방법

홍채는 눈의 동공과 공막 사이에 존재하는 도넛 모양의 영역으로써, 정확한 홍채 검출을 위해서는 동공과 홍채 사이의 내부 경계와 홍채와 공막 사이의 외부 경계를 찾아야 한다. 홍채의 내, 외부 경계 검출은 원형 경계검출기를 이용한 방법이 대표적이다.

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (3)$$

동공과 홍채는 원이라 가정했을 때, 동공, 홍채, 공막의 순으로 밝아지므로 식 (3)을 이용해 원주 밝기 변화가 최대가 되는 중심과 반지름을 찾음으로써 홍채의 내, 외부 경계를 찾을 수 있다[2]. 여기서  $G_\sigma(r)$ 는  $\sigma$ 를 편차로 하는 가우시안 신호이며,  $I(x, y)$ 는 영상의 그레이 레벨이다. 이 식이 의미하는 바는 원형 프로젝션의 에지 성분이 가장 커지는 위치를 검출하는 것이다.

## III. 양질의 홍채 패턴 획득을 위한 화질 측정

홍채 인식 시스템에서의 정확한 홍채 인식을 위해서는 카메라로부터 취득되는 눈 영상의 품질이 매우 중요하다. 카메라로부터 취득된 영상이 흐려지게 되면, 홍채 패턴이 변형되므로 FRR(False Reject Error)의 발생이 증가되기 때문이다. 이처럼 홍채 인식에 영향을 미치는 홍채 영상의 품질을 저하시키는 주된 요인들 가운데 하나가 광학적 초점이 맞지 않아(optical de-focusing) 영상이 흐려지는 현상이다. 카메라로부터 선명한 영상을 취득할 수 있는 영역을 DOF(Depth of Field)라고 한다. 사용자의 눈이 DOF영역 안에 위치하면 선명한 영상을 얻을 수가 있지만 사용자의 눈이 DOF영역 밖에 위치하면, 흐려진 영상을 얻게 된다. 이 외에도 초점은 맞았으나 눈꺼풀에 의해 홍채의 많은 부분이 가려진 영상이나 움직임에 의한 블러링이 발생한 영상도 홍채 인식 성능을 왜곡시키는 원인이 된다.

그림 1의 커널을 이용한 초점 측정 방법은 전체적인 영상의 초점이 맞지 않은 경우는 쉽게 가려낼 수 있지만 눈꺼풀에 의해 가려진 영상이나 움직임에 의한 블러링이 존재하는 경우는 걸러내지 못하는 단점이 존재한다. 또한, 영상의 초점이 홍채가 아닌 눈썹에 맞았을 경우도 구분하지 못한다. 눈썹에 초점이 맞았을 경우에는 눈썹의 경계에 의해 초점값이 높게 나오나 실제로 홍채 인식에 사용되는 홍채 패턴은 선명하지 못하므로 좋은 영상이라 할 수 없다.

이에, 본 논문에서는 눈 영상에서 홍채 영역을 먼저 검출한 후 검출된 홍채 영역에 대해서만 고주파 영역을 측정하는 방법을 이용하여 전체 영상의 화질을 판단하는 방법을 제안한다. 이 방법을 이용한다면, 초점은 잘 맞았으나 눈을 감았거나 눈꺼풀에 의해 홍채가 많이 가려진 영상의 경우 동공이 추출되지 않으므로 자동적으로 걸러지게 되며 움직임에 의한 블러링이 존재하는 영상의 경우에도 원형이라고 가정한 동공이 검출되지 않기 때문에 구분이 가능하다. 또한 홍채 영역에서의 초점값을 판단하는 방법이므로 눈썹이나 기타 다른 영역에 초점이 맞은 영상도 걸러낼 수 있게 된다.

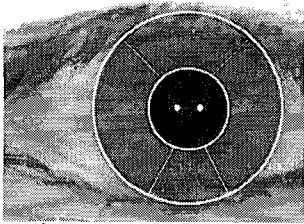


그림 2: 초점값 측정을 위해 사용되는 홍채영역

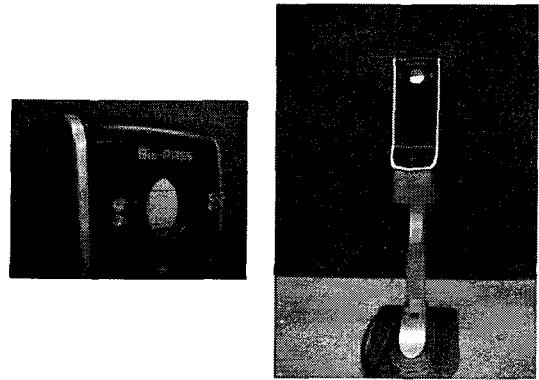
이때 홍채 검출을 위해서 실시간으로 입력되는 눈 영상에서 홍채 영역을 빠른 시간 내에 검출하여야 되는 관계로 입력된 눈 영상을 축소해 동공 영역을 검출하고 검출된 동공 영역을 기반으로 홍채 영역을 추출하는 방법을 사용한다. 추출된 홍채 영역에서 초점값 측정을 위해서 아래 그림 2와 같이 좌우 +45도에서 -60도까지의 영역만을 사용한다. 이는 눈썹이나 눈꺼풀에 의한 영향을 최소화하기 위한 것이다.

#### IV. 실험결과

기존에 공개된 홍채 데이터베이스로는 CASIA DB[4] 및 UBIRIS DB[5] 등이 있다. CASIA DB는 동공 부분을 일정한 그레이 레벨의 원으로 칠한 영상이거나 영상이 전체적으로 어둡고 조명에 의한 영상으로 영상의 밝기가 일정하지 않고 과도하게 변하는 특성이 있다. 실제 획득되는 홍채 영상은 동공 영역이 전체적으로 어둡더라도 어느 정도 그레이 레벨의 변화가 있고, 조명에 의한 반사광이 존재하므로 이를 배제하고 인위적으로 동공 영역을 칠한 영상은 홍채 인식 테스트용으로 적합하지 못하며, 전체적인 영상의 밝기가 일정하지 못한 영상 또한 좋은 테스트용 데이터베이스라고 할 수 없다. UBIRIS DB 등은 홍채의 크기 등은 적합하나 가시광선에 대한 필터링을 제대로 하지

못한 듯하여, 조명에 의한 반사광의 영향이 동공뿐 아니라 홍채 영역까지 미치고 있어 홍채 인식률에 영향을 미칠 것으로 보인다. 이에 자체 카메라를 이용해 획득한 영상을 이용해 화질 측정 테스트를 수행하였다.

테스트 영상을 획득하기 위해 256 그레이레벨을 갖는 320 x 240 크기의 raw 파일의 영상을 생성하는 보드 기반 홍채 카메라 인터페이스를 이용하였다. 사용한 눈 영상 획득 전용 카메라는 CCD 카메라에 접사 렌즈 및 가시광선 차단 필터를 장착하여 제작하였고, 여기에 적외선 LED를 카메라의 좌우에 2개씩 달아 조명의 역할을 해주었다(그림 3 (a)). 현재 ETRI에서는 얼굴과, 홍채, 지문 등을 이용한 다중 바이오 인증 시스템을 연구 중에 있으며, 이에, 세 정보를 획득할 수 있는 바이오 정보 입력 디바이스를 그림 3 (b)와 같이 제작하였다. 바이오 정보 입력 디바이스는 얼굴, 눈, 지문 영상 입력모듈을 동시에 탑재하고 있다. 아래 그림 4는 본 장치를 이용해 획득된 눈 영상의 예를 나타낸 것이다.



(a) (b)  
그림 3. 바이오 정보 입력 디바이스



그림 4: 획득된 홍채 영상의 예

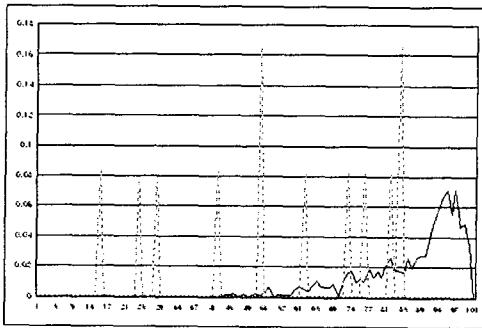


그림 5: 초점이 맞지 않은 영상의 예

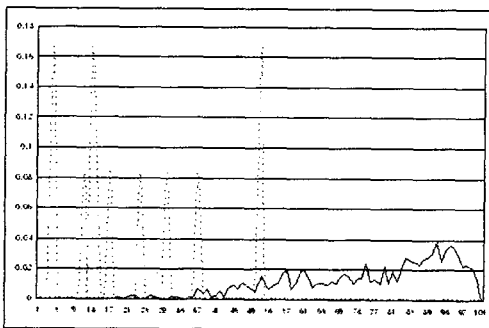
획득된 눈 영상은 82명을 대상으로 한 양안 영상으로 한 눈당 5장씩 총 820장의 영상으로 구성

된다. 또한 영상을 획득함에 앞서 바이오정보 보호 가이드라인[6]에 따라 바이오정보 제공자의 동의를 구하였다. 이 외에 초점이 맞지 않은 영상의 초점값 비교를 위해 그림 5와 같이 초점이 맞지 않은 12장의 영상을 추가로 획득하였다. 그림 5의 영상은 그림 4의 영상과 달리 홍채의 패턴이 공개저서 거의 볼 수 없는 것을 확인할 수 있다. 첫 번째 영상은 속눈썹에 초점이 맞은 영상으로 홍채 영역에 대한 초점값 측정 방법이 아닌 전체 영상에 대한 초점값 측정 방법을 사용하면 초점이 잘 맞는 영상으로 분류될 수 위험이 존재한다.

아래 그림 6은 전체 영상을 이용하여 측정된 초점값과 홍채 영역을 검출한 후 사전에 정의된 특정 홍채 영역만을 이용하여 측정된 초점값의 분포를 나타낸 그래프이다.



(a) 전체 영상의 초점값



(b) 홍채 영역의 초점값

그림 6: 초점값 측정 결과

위 그래프에서 초점이 맞지 않은 영상에 대한 초점값 분포는 점선으로 나타내었고, 홍채 영역에 초점이 맞는 영상에 대한 초점값 분포는 실선으로 나타내었다. 전체 영상을 대상으로 하여 측정된 초점값은 그림 6 (a)에서 나타난 바와 같이 눈썹 등에 의한 영상으로 초점이 맞지 않은 영상이라 하더라도 81에서 83의 분포를 갖기도 하지만, 동일한 영상의 경우 홍채 영역만을 추출하여 초점값

을 측정하였을 경우에는 36에서 50의 분포를 갖는다.

## V. 결론

정확한 홍채 인식 결과를 위해서는 선명한 홍채 패턴을 포함한 눈 영상의 획득이 필수적이다. 기존의 눈 영상 화질 측정 방법은 전체 영상을 대상으로 하므로 홍채 패턴이 아닌 다른 영역에 초점이 맞을 경우도 좋은 영상이라고 오판하는 경우가 발생하였다.

이에 본 논문에서는 홍채 영역을 검출하여 검출된 홍채 영역만을 이용해 초점값을 측정하는 방법을 통하여 양질의 홍채 영역을 포함한 눈 영상을 판단할 수 있는 방법을 제안하였고, 이를 실험으로 입증하였다.

이 방법 이용한다면 홍채 인식 시스템의 영상 획득 장치에서 입력되는 눈 영상 중 적합하지 못한 눈 영상을 걸러낼 수 있게 되어 전체 시스템의 성능 향상에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 보인다. 뿐만 아니라, 홍채 영역에서의 초점 측정을 통해 선명한 홍채 영역을 제공하는 자동 초점 카메라 제작에도 응용이 가능 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] J. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Person by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. of PAMI, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1160, Nov. 1993
- [2] J. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE Tran. of Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No. 1, pp. 21-30, January 2004
- [3] Y. Chen, S. Dass and A. Jain, "Localized Iris Image Quality Using 2-D Wavelets", Proc. of International Conference on Biometrics (ICB), pp. 373-381, January, 2006
- [4] Casia(Chinese Academy of Sciences Institute of Automation.) iris image database. 2004. <http://www.sinobiometrics.com>
- [5] Ubiiris iris image database. 2004. <http://iris.di.ubi.pt>
- [6] 바이오정보 보호 가이드라인, 2005년 12월, 정보통신부, 한국정보보호진흥원