

생체 인식을 위한 홍채 영상에서의 3차원 특징 추출

*김석민, 김재한

호남대학교 전자공학과 3차원 영상 연구실

전화 : 016-632-1006, 062-940-5485

Three dimensional feature extraction of iris images for biometrics

*Seok-Min Kim, Jae-Han Kim

3D Vision Lab., Dept. of Electronic Engineering, Honam University

E-mail : ehftlr@hanmail.net, kjh@honam.ac.kr

Abstract

기존 홍채 인식 시스템의 접안식 영상 획득상 불편한 사항을 해결하고 인식의 정확도를 높이기 위해서는 원격으로 영상을 획득할 수 있어야 하며, 홍채의 경계선을 정확하게 검출할 수 있어야 한다. 또한 기존 홍채 영역 검출 방법의 문제점인 홍채를 원으로 가정하는 방식을 개선할 필요성이 있다. 따라서 본 논문에서는 조명에 의한 glint 정보와 intensity gradient를 이용하여 홍채의 경계를 산출하였으며, 아울러 스테레오스코픽 카메라를 이용하여 홍채 경계의 3차원 좌표를 획득함으로써, 카메라를 기준으로 하는 홍채의 주시각을 찾아 홍채의 원형 변환에 활용하도록 하였다.

I. 서론

최근 비밀번호나 신분 확인용 카드를 사용하는 정보 보안 방법의 문제점을 타개하고자 생체 인식 기술인 biometrics 분야가 대안으로 나타났다. biometrics는 특정 개인의 특징을 검증하여 신원을 파악하기 위해 지문, 음성, 얼굴, 정맥, 홍채 등을 이용한다. 이 중에서 홍채는 평생 패턴이 변하지 않고 살아있는 눈만 가능하므로 위조가 불가능하며 안구 내 질병에 영향을 받지 않는다[1].

그러나 홍채 인식 시스템이 biometrics 분야에서 각광을 받고 있는 중요한 이유는 지문이나 정맥인식과 달리 신체적 접촉이 필요 없다는 점이다. 홍채 인식 과정은 크게 눈의 영상 획득 단계와 홍채 영역 검출 단계, 홍채 특징 추출 단계, 홍채 특징의 비교 및 판단 단계로 이루어진다.

여기서, 영상 획득 단계는 사용자가 카메라에 접근하여 홍채 사진을 입력시키는 1세대 방식과, 카메라의 zoom in 기능을 활용하여 자동으로 얼굴에서 눈 영역을 찾아 영상을 획득하는 2세대 방식이 있다. 이러한 영상 획득 방식의 진화는 인식의 정확도를 높이고 사용자가 카메라에 접근해야 하는 불편함을 주지 않는 동시에, 눈을 인종용 카메라 장치에 근접시키는데 따른 불안감을 해소하기 위한 것이다. 그리고 홍채 영역 검출 단계에서는 일정하고 정확한 홍채 패턴을 얻기

위하여 왜곡되지 않은 정확한 영역 추출이 요구된다.

즉, 사용자에게 접안식 방법의 불편함과 불안감을 동시에 해결해주기 위한 개선된 시스템은 zoom 카메라를 이용한 친 사용자적인 원거리 홍채 인식 방법을 사용해야 한다.

이러한 줌 카메라 방식에서는 카메라와 눈의 거리가 멀어져 있으며, 일반적으로 정면에서 바라본 눈의 영상이 아니다. 기존의 접안식 방법에서는 정면으로 바라본 눈의 영상이었기 때문에 홍채를 원으로 가정했고, 이 가정은 어느 정도 타당하다. 그러나 원거리 줌 방식에서는 더 이상 원형으로 홍채를 가정할 수 없다.

3차원 공간상에서 사람의 홍채는 카메라와의 각도에 따라 원이 아닌 타원의 형태로 보인다. 홍채 영상을 획득하면 3차원 정보가 2차원으로 projection되므로 한 차원의 정보가 손실된다. 즉, 이런 상태에서 홍채 모양을 원으로 가정하고 경계를 산출하여 인식에 활용하였을 때는 오류가 유발되며 정교한 홍채 인식을 할 수 없다. 이러한 기존 문제점을 극복하기 위해서는 홍채의 3차원 입체 정보를 그대로 이용하여 처리해야 정확한 홍채 인식을 할 수 있는 것이다.

본 논문은 비교적 눈과 카메라의 거리가 먼 상태에서 얼굴 영상이 획득되는 상태를 일반적인 경우로 하였고, 두 눈이 모두 나타나도 얼굴 영상에서 두 눈의 홍채 경계를 추출할 수 있도록 하였다.

그리고 홍채를 3차원 공간상의 좌표로 처리하기 위하여 홍채 경계의 3차원 거리 좌표를 스테레오 카메라

로 산출하는 방법을 도입하였다. 즉, 홍채의 경계를 2차원의 양안 영상 상태에서 추출하고 추출된 경계 pixel들을 연산하여 각각의 3차원 거리 좌표를 산출함으로써, 카메라를 통해 획득한 영상의 홍채 경계에 대한 실제의 거리 좌표를 산출하는 것이다. 홍채 경계점의 거리 좌표가 산출되면 홍채 좌·우의 거리 값을 비교하여 홍채 경계를 정면에서 바라본 2차원 원형 영상으로 변환한다.

이를 통하여 실제 홍채 영상이 타원의 형태일지라도 변환 영상은 정면을 바라보는 것 같은 2차원의 홍채 영상이 된다. 그러므로, 획득되는 홍채 영상은 원이 되며, 정확한 홍채 인식이 이루어진다.

II. 본 론

본 논문에서는 사용자 친화적인 비접근식 홍채 인식을 위한 영상 획득 및 다양한 각도에서 얻어진 홍채 영상의 경계를 구하기 위하여, 3차원 좌표 처리를 통한 홍채 경계 추출에 관한 연구 결과를 기술한다.

기존의 방법들은 원형 경계 검출기[2]나 Hough 변환[3], bisection 방법[4]들을 사용하여 2차원적으로 홍채 영역을 검출해낸다. 이 경우는 홍채 인식 1세대 시스템으로써 카메라에 접근하여 눈 영상을 얻으며 홍채와 카메라가 정면으로 위치한다. 이 경우 홍채가 원의 형태를 이루고 있으므로 홍채 영역의 검출이 용이하며 원으로 가정한 조건이 성립한다.

그러나 비접촉식 영상 획득에 의한 2세대 방식에서는 홍채 경계를 원으로 가정한 상기 방식이 더 이상 적용되지 않는다. 카메라와 얼굴이 정면이 아니고 일정한 각도를 가지므로 실제 홍채는 원이라 할 수 없다. 이 홍채 영상을 원으로 가정하고 홍채 경계를 산출했을 때에는 오류가 심하게 발생할 것이다.

본 논문에서 제안하는 홍채 영상에서의 3차원 특징 추출 알고리즘은 홍채를 원으로 가정하지 않고 stereoscopic camera를 이용하여 홍채 경계의 3차원 거리 좌표를 획득하고, 각각 경계 pixel의 거리 값으로 눈의 주시 방향을 판단한다. 이것으로부터 눈의 홍채 경계를 타원에서 원으로 변환하는 것이 가능해진다.

사용자의 눈과 카메라의 거리가 비교적 멀기 때문에 한 영상 내에 사용자의 두 눈이 모두 나타날 것을 가정하여 홍채 개수를 판별한다. 홍채의 개수가 판별되면 각각의 홍채에 대한 경계를 산출하게 된다. 홍채 경계 산출은 눈 영역에서의 intensity 변화를 이용한다. 홍채의 intensity가 홍채 이외의 영역들에 비해 상대적으로 낮다는 특징을 이용하여 intensity gradient의 분석을 통한 홍채 경계를 산출하였다.

홍채의 경계가 산출되면 경계 pixel의 3차원 좌표를 이용하여 각 경계 pixel에서의 거리를 산출한다. 거리를 산출하여 정면 방향에 대하여 눈의 주시 방향이 얼마의 각도를 갖는지를 판단한다. 즉, 홍채가 정면을 바라보지 않은 영상을 획득하였다고 할지라도 거리 좌표를 이용하여 홍채가 정면을 바라보고 있는 상태로 홍채 경계를 변환 할 수 있다.

(1) 홍채 경계 산출

① 홍채 개수 판별

원격 홍채 인식 시스템에서는 한 영상 내에 홍채가 한 개일 수도 있고 두 개일 수도 있다. 그러므로 먼저 홍채의 개수를 판별해야 한다. 카메라 뒤면에 조명을 설치하여 홍채의 중앙 부근에 glint를 형성하고, 이 glint를 이용하여 홍채의 개수를 판별한다. 입력 영상에서 glint 영역과 다른 얼굴 영역을 확실히 구별해낼 수 있도록 변형된 Robert mask 연산 처리하여 edge를 구하였다. glint 만을 추출하기 위해 mask 처리 영상에서 입력 영상을 뺀 차 영상을 획득하였다. threshold를 적용하여 차 영상을 이진화하면 결과 영상에 glint 만이 남게 되고 개수를 판별할 수 있다.

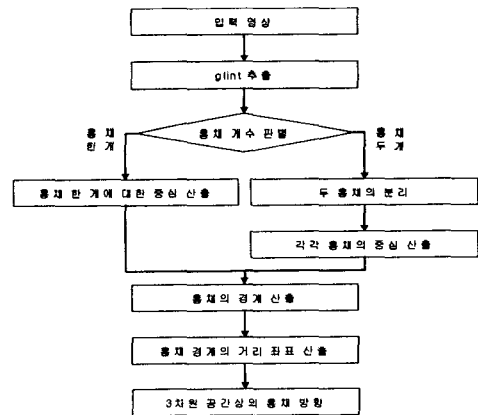


그림 1. 홍채 경계 pixel의 거리 측정 flowchart

② 홍채 경계 산출

홍채의 intensity가 다른 영역에 비해 상대적으로 낮다는 사실을 이용하여 경계를 산출하였다. 이진 영상에서 무게 중심 산출 방법을 이용하여 glint의 중심을 산출하고, 그 중심을 대략적인 홍채의 중심으로 채택하였다. 홍채가 두 개인 경우는 두 glint의 중심을 먼저 산출하고, 그 중심점을 기준으로 각각 glint에 대한 중심을 다시 산출하였다. 홍채 경계를 산출할 때 glint는 심각한 오류를 발생시킨다. 그러므로 홍채의 대략적인 중심이 산출되면 불필요한 glint를 제거하였다.

또한, 이진 영상에서 홍채 범위 이내로 팽창 연산 처리하여 입력 영상과 합성하였고, 제거된 glint 영역에는 주변 홍채의 동일한 명도 값으로 대체하였다.

glint를 이용하여 산출한 홍채의 무게 중심을 기준으로 하여 홍채의 경계를 산출하였다. 경계는 intensity gradient를 비교하여 산출하지만, 입력 영상이 바뀌는 상황에서도 자동으로 홍채 경계를 산출하기 위해서 multi-scale 윈도우를 적용하였다. multi-scale 윈도우는 intensity gradient의 최고 지점과 최저 지점을 자동으로 산출한다. 그러나, 입력 영상에 따라서는 multi-scale 윈도우를 사용했더라도 intensity gradient의 최고·최저 지점이 꼭 홍채 경계에서 나타나지는 않기 때문에 이를 방지하기 위해 홍채 중심의 수직 좌표를 이용한다. 수직 좌표의 좌측으로 intensity gradient가 최대이며 negative인 지점과 우측으로 intensity gradient가 최대이며 positive인 지점을 각각 홍채 경계로 산출하였다.

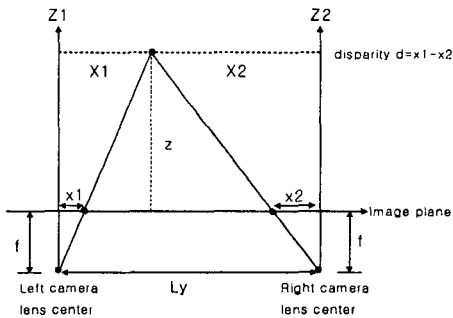


그림 2. stereoscopic camera를 이용한 거리 측정

(2) 홍채 경계선 각 pixel들의 거리 산출

stereoscopic camera를 이용하여 홍채 경계 각 pixel에 대한 각각의 거리를 측정하였다. 거리 측정은 그림 2와 같은 기하학적 구조를 사용하였다.

양안시차 $d = x_1 - x_2$ 일 때 거리 산출식은 다음과 같다.

$$z = \frac{f(Ly - d)}{d} \quad (1)$$

홍채 경계 각 pixel의 거리를 산출하면 홍채가 3차원 공간상에서 어느 방향을 바라보고 있는지 알 수 있다. 그리고, 눈동자가 정면을 바라보고 있지 않을 때는 정면이 아닌 홍채를 마치 정면을 보고 있는 것처럼 기하학적으로 변환할 수가 있다. 이렇게 하므로써 사용자는 꼭 카메라의 정면을 바라볼 필요가 없어지고, 정면이 아닌 타원 형태의 홍채를 정면을 보는 것과 같은 원 형태의 홍채로 변환하므로써 기존 홍채 인식 시스템의 문제점을 해결할 수 있다.

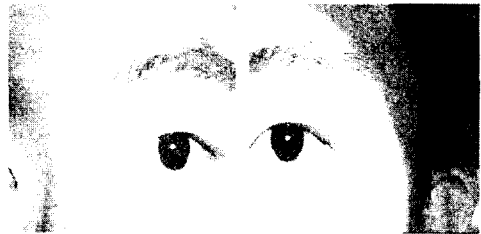
III. 구현 및 실험

입력영상은 홍채 경계의 거리를 측정하기 위하여 stereoscopic camera를 이용하여 획득하였다.

3.1 차 영상

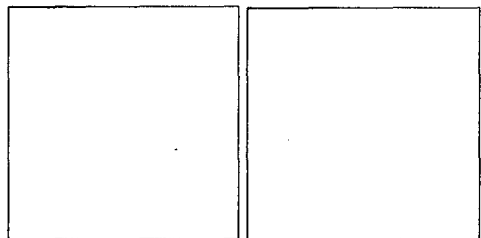
홍채의 개수 판별과 대략적인 홍채 중심을 산출하기 위해 조명을 눈과 거의 정면을 이룰 수 있도록 카메라 뒤편에 설치하였다. 획득된 입력 영상에서 glint만을 추출하기 위해 명도 값의 변화에 민감한 mask를 사용하여 처리하였다.

mask 처리 영상에서 입력 영상의 차 영상을 구하여 glint를 추출하였다. saturation 기법을 사용하여 비슷한 명도 값을 갖는 glint를 제외하고 나머지 영역은 0의 레벨을 갖는다.



(a) 좌측 카메라 입력 영상 (b) 우측 카메라 입력 영상

그림 3. 획득된 카메라 입력 영상



(a) 왼쪽 차 영상 (b) 오른쪽 차 영상

그림 4. 전처리된 차 영상 (역상)

3.2 홍채 개수 판별과 홍채 중심 산출

차 영상에 남아있는 잡음을 제거하기 위해 threshold를 적용하여 이진화 처리를 하였다. 이진화 영상에 남아 있는 glint의 수가 홍채의 개수를 나타낸다. 홍채 개수 판별은 원거리에서 홍채 영역을 산출하기 위한 중요한 과정이다.

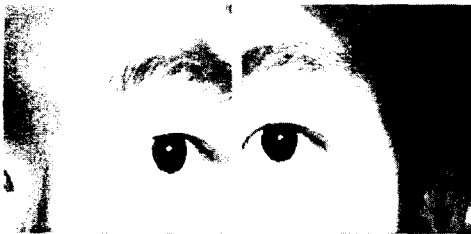
glint가 대략 홍채 중심에 위치하므로 경계선 산출 연산의 편의를 위하여 glint의 중심을 홍채의 중심으로 가정하였다.

3.3 합성 영상을 이용한 홍채 경계 산출

glint는 intensity를 이용하여 홍채 경계를 산출할 때 심각한 영향을 준다. 이는 glint를 홍채의 경계로 오인하여 생기는 문제인데, 이 오류를 방지하기 위해서는 glint를 무시하는 처리 과정이 필요하다.

이진화 영상에서 홍채 영역을 벗어나지 않을 정도로 glint를 팽창하여, glint 팽창 영상과 입력 영상을 합성하였다. 그리고 영상 합성에 의해 제거된 glint 부분은 주변 홍채의 명도 값으로 대체하므로서 glint에 의한 문제를 해결하였다.

미리 산출한 홍채의 중심 좌표를 이용하여 수평축의 intensity를 검출하고, intensity gradient를 분석하여 gradient가 가장 급격한 지점을 홍채의 경계로 지정한다. intensity gradient 분석은 multi-scale 윈도우를 사용하여 입력 영상이 바뀌는 상황에서도 gradient의 최고 지점과 최저 지점을 찾을 수 있도록 하였다. 그리고 intensity gradient의 최고·최저 지점이 홍채 영역에서 나타나지 않을 때를 대비하여 홍채 중심 수직축의 좌측으로 gradient가 최대인 지점과 수직축 우측으로 gradient가 최대인 지점을 각각 산출하여 홍채의 경계로 지정하였다.



(a) 좌측 카메라 입력 영상 (b) 우측 카메라 입력 영상
그림 5. 홍채 경계 산출 결과 (검은선 부분)

3.4 홍채 경계선 각 pixel들의 거리 측정

획득된 경계선 각 pixel들의 좌표를 거리 측정 알고리즘에 적용하였다. 경계 pixel 각각의 거리를 측정하므로서 실제 홍채의 3차원 공간상의 방향을 판단할 수가 있다. 정면을 바라보는 것이 아닌 상태의 홍채를 마치 정면을 보고 있는 것처럼 변환하므로서 홍채 인식의 정확도를 더욱 높일 수 있다.

3.5 결과 고찰

glint를 이용하여 홍채의 개수를 판별하고 intensity gradient를 분석하여 홍채의 경계를 산출하였다. 그리고 홍채 경계의 각각 pixel의 거리를 측정하여 실제 홍채의 방향이 3차원 공간상에서 어디를 향하고 있는지를 판단하였다.

IV. 결론

홍채 인식의 차기 시스템은 사용자 편의를 위하여 비접촉식 영상 획득 방식이 되어야 한다. 그렇기 위해선 홍채 영상을 원거리에서 획득하여야 하고 입력 영상 내 홍채가 한 개가 아닐지라도 홍채의 개수를 판별할 수 있어야 하며, 홍채의 방향이 카메라와 정면이 아닐지라도 홍채 경계선을 정확히 산출할 수 있어야 시스템 인식률을 높일 수 있다.

본 논문에서는 이러한 요구 조건을 만족하는 원격 홍채 인식 시스템을 구현하기 위하여 홍채 경계의 3차원 특징을 이용하는 방법을 제안하였고, 이 방식의 타당성을 실험을 통하여 확인하였다.

여기서 구현된 것은 stereoscopic camera를 이용한 영상 획득과 정밀한 경계 산출, 그리고 경계점들의 3차원 거리 정보 산출과 이 정보를 이용한 기하학적 변환에 의한 정확한 홍채 경계의 산출 과정이다.

기존의 방식과는 다르게 비교적 눈과 카메라가 떨어져 있어서 카메라에 눈을 접근시켜야 한다는 불편함을 해결할 수 있고, 홍채를 원으로 가정하여 2차원 영상에서 추출한 홍채 경계를 그대로 사용하는 것이 아니라 거리 정보를 이용하여 눈동자의 방향까지 판단할 수 있으므로 눈동자가 카메라를 꼭 정면으로 바라보고 있을 필요가 없다. 홍채 경계에 대한 3차원의 거리 정보를 획득하면 홍채의 주시 방향을 정면으로 변환할 수 있으므로 이 방법을 인종 시스템에 적용 시에는 홍채 패턴을 더욱 정교하게 인식할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 고현주, 전명근, “DFT계수를 이용한 홍채 인식”, 한국퍼지및지능시스템학회 추계학술대회 학술발표논문집, pp.237-240, 2001.
 [2] J.G. Daugman, “High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence”, IEEE Transaction on PAMI, Vol.15, No.11, pp.1148-1160, Nov., 1993.
 [3] Richard P. Wildes, “Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology”, Proceeding of the IEEE, Vol.85, No.9, pp.1348-1363, Sep., 1997.
 [4] 이봉국, 기관도, 이관용, 이일병, “신뢰성 있는 홍채 특징 추출을 위한 효율적인 전처리 모델 연구”, 한국정보과학회 가을 학술발표 논문집, Vol.27, No.2, pp.452-454, 2000.