

GHA를 이용한 홍채 패턴기반의 사용자 인증 시스템에 관한 연구

주동현^o, 염동훈, 고기영, 김두영
동아대학교 전기전자컴퓨터공학부

A Study on the User Identification System Based on Iris Pattern using GHA

Dong-Hyun Ju, Dong-Hun Yum, Gi-Young Go, Doo-Young Kim
School of Electrical, Electronic, and Computer Eng., Dong-A University

요약문

본 논문은 Biometrics분야 중 다른 생체학적 특징보다도 정확도면에서 가장 뛰어난 특징인 안구의 홍채 패턴을 이용하여 사용자를 인증 하는 시스템에 관한 연구이다. 입력된 안구 영상으로부터 전처리과정을 거쳐 극좌표 변환을 통해 홍채 패턴을 추출한 후 웨이블릿 변환을 이용하여 특징패턴을 압축하였으며, PCA(Principal Component Analysis:주성분 해석)의 한 종류인 GHA(Generalized Hebbian Algorithm)를 사용하여 등록된 사용자의 패턴 DB에서 Basis 배열을 추출하고, 구축된 Basis 배열과 입력 영상 패턴과의 비교 Matching을 통하여 사용자를 인증하는 시스템을 제안한다.

I. 서론

과거부터 특정 사용자들에게 시스템의 접근을 허용하고자 하는 방안은 시스템 관리자이면 반드시 고려해야 할 문제였다. 사용자의 신원을 파악하기 위하여 물리적인 열쇠에서 개개인에 대한 비밀번호의 부여, ID - Card의 발급까지 여러가지 방법이 사용되고 실용화되었으나, 도난이나 유실 등의 문제들로 인해 타인의 도용이나 복제의 대상이 되곤 하였으며, 분실과 내용변경으로 인한 위험성을 내포하므로 완벽한 보안성을 유지하기에는 무리가 있다고 할 수 있다. 이러한 단점이 있는 기존의 보안체제에 대한 대안으로 떠오르고 있는 것이 Biometrics (생체 인식기술)이며 이는 특정한 개인의 특성을 검증하거나 신원을 확인하기 위해서, 측정 가능한 개인의 물리적 또는 행동적인 특징을 연구하는 분야이다. 얼굴 모양이나, 음성, 지문, 안구 등과 같은 개인의 특성을 데이터화 시켜 타인의 도용이나 복제에 의하여 이용될 수 없을뿐만 아니라, 변경되거나 분실할 위험성이 없으므로 보안분야에 활용도가 뛰어나고, 사용자에 대한 사후 추적이 가능하여 관리적인 측면에 있어서도 안전한 시스템을 구축할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 이러한 Biometrics 분야 중에서도 다른 생체학적 특징보다도 정확도면에서 가장 뛰어난 특징인

안구의 홍채 패턴을 특징 추출에 편리한 영상으로 변환한 후 GHA를 사용하여 그 패턴을 분류하고, 그에 적합한 인증코드(Verification Code)를 생성하여 그 값을 비교함으로써 사용자를 인증하는 시스템을 제안한다.

II. 본론

1. 홍채 패턴 기반 인식의 특성

사람 눈의 동공과 흰 자위 사이에 존재하는 영역을 홍채라고 하며, 이 홍채에 생겨 있는 긴 띠 모양의 망, 코라지를 한 듯한 붉은 색의 섬유질, 속눈썹 모양의 돌기, 꾸불꾸불한 혈관계, 링 모양의 원들, 동공을 둘러싸는 코로나 모양의 인대, 홍채 고유의 색, 얼룩점, 등이 각 사람마다 다른 생물학적 특성을 가진다. 이러한 홍채는 생후 1~2년 내에 고유한 패턴이 형성되어 그 이후로는 변하지 않는 특성도 가지게 된다.

홍채패턴이 사람마다 고유하다라는 사실은 미국의 안과의사인 Leonard Flom과 Aran Safir에 의해 1980년대 중반 경에 발견되었고, 1987년에 그 기술에 관한 원천 특허가 등록되면서 홍채패턴의 고유성이 밝혀졌으며, 이러한 홍채패턴의 고유성을 기준으로 특징을 추출하고 그 정보를 이용하여 개인을 인식하는 과정을 홍채 인식이라고 한다.

홍채를 기준으로한 인식 결과를 통계적으로 분석한 결과, 오인식율은 1/1,200,000로써 현재까지 알려진 어느 생체인식 기술보다 높은 정확도를 보여주고 있으며, 시스템 구성시에 사용자와 어느정도 거리를 두고 카메라로 측정하는 방식을 사용하기 때문에 기존의 망막인식과는 달리 신체적인 접촉이 없으므로 사용자로 하여금 거부감 없이 자연스러운 상태에서 사용자의 인식이 가능하다. 따라서 홍채 패턴을 기반으로 한 사용자 인식은 정확성 및 안정성, 사용 편리성, 처리속도 면에서 다른 인식 방법에 비해 유리하다고 할 수 있다.

그러나 홍채 영상 자체가 크기 면에서 작고, 색상 자체가 어두운 부분이 많기 때문에 기존의 일반적인 CCD 카메라와 일상적인 조명아래에서는 양질의 홍채영상을 얻기가 힘들다. 따라서 홍채영상을 추출하기 위하여 고성능의 카메라가 필요하며 그 자체가 상당한 고가이므로, 이러한 문제가 홍채 패턴기반 사용자 인식시스템을 고가로 만드는 요소이기도 하다. 본 논문에서는 기존의 연구에서 측정했던 샘플 영상 중에서 양질의 영상과 Scale비율이 적당한 영상을 취합하여 홍채 영역을 검출한 뒤 학습시켜 본 시스템의 성능을 평가하였다.

2. 홍채 영역의 검출

입력받은 안구 영상에는 동공이나 흰자위, 눈썹 등의 홍채 외적인 부분이 존재하므로 바로 학습에 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 안구 영상 중에서 홍채 부분만을 추출하는 과정이 필요한데, 그 중에서 가장 중요한 것은 입력받은 안구 영상 중에서 안쪽 경계(동공과 홍채의 경계)와 바깥쪽 경계(홍채와 흰자위의 경계)를 빠르고 정확하게 검출하는 것이다. 일반적으로 홍채는 원의 형태이므로 안쪽 경계와 바깥쪽 경계 역시 원의 형태를 가지게 된다. 그래서 일반적으로 식(1)과 같은 원형 경계 검출기를 거쳐 각 경계를 추출한다.

먼저 중심 (x_0, y_0) 을 화면의 임의의 영역에 위치시킨 다음, 반지름 r 을 기준으로 원을 구성한 후 그 원주 상에 존재하는 모든 픽셀들의 값을 합산한다. 그리고 나서 반지름 r 을 일정 수준까지 증가시켜 보면 그 차이가 최대값을 갖는 위치를 얻어낼 수 있게 된다. 이 값이 바로 임의의 영역에서의 원 형태로서 가질 수 있는 최대 Edge를 말하는 것이며, 결국 중심을 화면 전체에 걸쳐 변화시켜 가면서 최대 Edge값을 가지는 중심 (x_0, y_0) 과 반지름 r 을 얻을 수 있게 된다. 바로 그 영역이 홍채의 경계 위치라고 판단할 수 있게 되는 것이다. 이렇게 추출된 홍채 영역은 카메라와 사용자의 거리에 의해 변하는 홍채 영상 자체의 크기나, 주위 조도에 의해 변하게 되는 동공의 크기에 관계없이 항상 같은 영역에서 홍채 특징을 추출하기 위해 2차원 극좌표계로 변화시키는 과정이 필요하다.

2.1 동공영역과 그 중심좌표의 검출

식 (1)과 같이 적·미분기를 사용하여 특정 위치 (x_0, y_0) 를 중심으로 하면서 r 을 반지름으로 가지는 원주상의 Gray값들의 변화율을 측정한다.

$$\frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \tag{1}$$

식 (1)에서 중심 (x_0, y_0) 이고 반지름이 r 인 원주상에 존재하는 점 $I(x, y)$ 를 모두 합산하고, 원주 길이로 나누어 주면 원주의 평균밝기가 되며, 이 값을 반지름에 대한 변화율로 나타내면 원주영역의 밝기 변화를 알 수 있게 된다. 이러한 적·미분기를 사용하면 입력받은 안구 영상의 전반에 걸쳐서 적·미분기를 수행한 결과로 동공 영역을 검출할 수 있다. (식.2)가 바로 그러한 내용으로 영상의 전반에 걸쳐 수행이 완료된 후, 연산 중에 원주 밝기가 최대로 변화하였던 지점의 중심과 반지름을 토대로 다시 원을 그리는 작업을 통해서 동공 영역을 검출하게 되는 것이다.

$$\max(r, x_0, y_0) \left[\frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right] \tag{2}$$

하지만 영상처리에서 다루는 신호는 이산적이므로 식 (2)를 이산형태로 변형시키고 각 픽셀들로부터 원주의 값을 얻어야 하므로 반지름의 변화를 r 과 각도의 변화율 θ 를 사용하여 극좌표의 형태로 측정하도록 하여 식 (3)과 같은 수식으로 변형시켜야 한다.

$$\max(n\Delta r, x_0, y_0) \left[\begin{aligned} & \sum_m I[(k\Delta(r-1)\cos(m\Delta\theta) + x_0), (k\Delta(r-1)\sin(m\Delta\theta) + y_0)] \\ & - \sum_m I[(k\Delta r \cos(m\Delta\theta) + x_0), (k\Delta r \sin(m\Delta\theta) + y_0)] \end{aligned} \right] \tag{3}$$

결국 입력받은 안구영상의 전반에 걸쳐 식(3)을 수행한 결과로 영상에 있어서 동공영역의 중심 좌표와 동공영역의 반지름을 얻을 수 있다.

2.2 홍채 바깥쪽 경계영역의 검출

홍채 바깥쪽 경계영역은 흰자위와의 경계가 굵으며, 경계 영역이 블러링 되어있기 때문에 경계 지점을 정확하게 찾아내기가 힘든 편이다. 먼저 앞에서 사용했던 적·미분기로 구성되어있는 원형 경계 검출기를 사용하면 원주의 최대 밝기변화 지점을 검출해낼 수 있고 그 지점을 경계영역으로 선정할 수 있다는 것을 보였다. 홍채의 바깥쪽 경계영역의 중심은 동공의 중심을 기준으로 탐색할 수 있으며, 홍채의 반지름은 고정초점 카메라를 사용하는 방식에서 측정되는 홍채 반지름이 거의 일정하다는 것으로 추측할 수 있다. 결국 이러한 데이터를 기반으로 홍채의 중심으로부터 일정 영역의 반지름 부분에서만 원형 경계 검출기를 사용하여 탐색하면 홍채의 바깥쪽 경계영역을 검출하게 되는 것이다.

동공 영역과 중심좌표와 홍채 경계영역의 검출로 인해 홍채 영역을 그림 1.과 같이 추출할 수 있다.

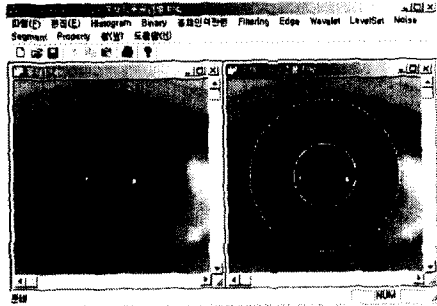


그림 1. 원영상에서 동공부분과 홍채 바깥부분을 검출하여 홍채 영역을 추출

3. 홍채 영역에서의 Feature Extraction

3.1 홍채 Texture의 Block화

본 논문에서는 링(Ring) 형태로 추출된 홍채 Texture를 풀어헤쳐 직사각형의 Block형태로 변환하는 방법을 사용하였다.

그리하여 극좌표계로 변형되어 있던 영상을 2차원의 직사각형 영상으로 재구성하여 다양한 방식의 Texture 분석 이론을 응용할 수 있는 장점을 가지게 되었다. 그리고 이 방법은 홍채 영상 취득 시에 발생할 수 있는 약간의 위치적 차이에도 별 상관없이 동일한 Texture를 얻을 수 있으며, 조명의 변화에도 Histogram Equalization을 통해 원만한 Texture를 얻을 수 있는 장점이 있다.

홍채 영상의 내부와 외부경계선을 검출하여 원래의 링(Ring)과 같은 모양에서 직사각형의 Texture Block으로 변환한 것을 그림 2.에 나타내었다.

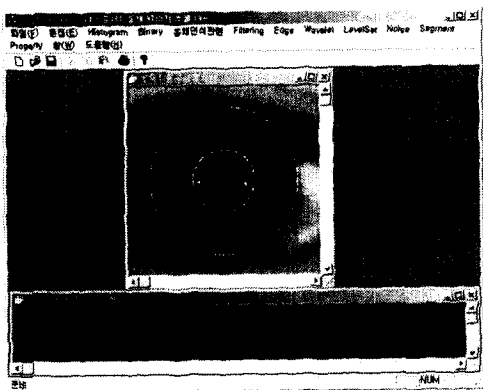


그림 2. 추출한 홍채 영역을 홍채 Texture Block으로의 변환

3.2 Texture Enhancement

일반적으로 입력되는 순수한 홍채 영상 자체는 매우 낮은 Contrast를 가지고 있으며(특히 동양계 사람일 경우 더욱 낮다.), 주변 광원의 위치와 밝기 등의 변화에 따라 조명 상태가 틀리게 입력되어 진다. 하지만 동공 영역과 그 외 다른 모든 영역을 포함하고 있는 상태로는 Histogram적인 작업을 수행하여 Enhancement 효과를 얻기 힘들다.

하지만 본 논문에서 사용한 Texture Block형태로의 변환 후에는 홍채 영역이외의 다른 영역은 제거가 된 상태이므로 Histogram Equalization을 통하여 그림 3.과 같이 조명과 Contrast의 불균일을 해소할 수 있다.

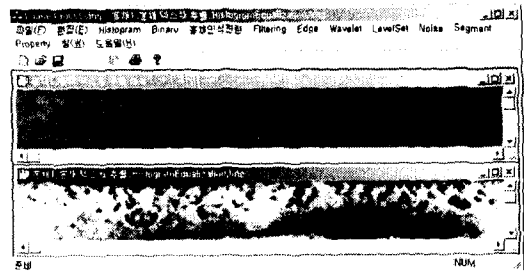


그림 3. 추출한 Texture Block의

Histogram Equalization

4. 사용자 인증

4.1 GHA(Generalized Hebbian Algorithm)

높은 차원의 데이터를 최적으로 축소시키는 알고리즘인 주성분 해석(PCA: Principal Component Analysis)의 한 종류인 GHA(Generalized Hebbian Algorithm)는 순방향 구조의 단층 신경망이며, 자율 학습의 특성이 있다. 학습된 GHA의 웨이트는 가중치 특성이 있으며, 이를 이용하면 입력 데이터를 보다 작은 차원으로 축소시킬 수 있으므로, 고차원의 데이터를 저차원으로 구현하고자 하는데 많이 쓰인다. 본 논문에서는 웨이트들이 가중치에 의해 내림차순 정렬되는 GHA 특성을 이용하여 데이터에 대한 특징을 중요도에 따라 추출한다.

4.2 홍채 Feature의 GHA적용

기본적으로 입력 패턴을 분류가 가능한 낮은 차원으로 축소시키는 것을 목표로 순방향구조의 단층 신경망에서 입력 축에는 홍채 Feature의 성분을 배열하고, 출력 축으로는 분류의 기본 척도가 되는 Basis Factor를 배치한다. 그리고 각각의 연결강도 w_{ji} 를 무작위의 작은 실수값으로 초기화하고, 학습률 η 과 반복횟수 n 을 설정한다. 그런 다음 연결강도 w_{ji} 를 반복횟수 n 만큼 식(4)와 식(5)를 이용하여 학습시킨다.

여기서 입력측 $x_i(n)$ 은 1024×64 로 추출된 홍채

Texture를 Haar Wavelet Transform을 2단계 거쳐 Scaling된 256×16 Texture Block의 각 Pixel값들을 의미하며, 출력측 $y_j(n)$ 은 256×16 으로 표현 할 수 있는

영상들 중에서 Basis Factor로 삼고자 하는 영상의 개수를 의미한다. 이는 결국 256×16 으로 표현할 수 있는 모든 영상을 $y_j(n)$ 개의 영상을 기본으로 정합하여 복

원할 수 있는 차원으로 축소하는 것을 말한다.

$$y_j(n) = \sum_{i=0}^{l-1} w_{ji}(n) x_i(n) \quad (4)$$

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta [y_j(n) x_i(n) - y_j(n) v(n)] \quad (5)$$

$$\text{여기서 } v(n) = \sum_{k=0}^{l-1} w_{kj}(n) y_k(n)$$

학습된 Basis(웨이트)를 이용하여 식(6)식과 같은 영상에 대한 계수 C 를 식(7)로 구하고, 학습에 사용된 각 영상들에 대해 계수를 추출하여 database화 시킨다.

$$C = \{c_0, c_1, \dots, c_{m-1}\} \quad (6)$$

$$c_j = \sum_{i=0}^{l-1} w_{ji}(n) x_i(n) \quad (7)$$

여기서 추출한 계수 C_j 들은 Basis영상을 기본으로 복원될 수 있는 특정 영상들이 가질 수 있는 Basis영상들 각각에 대한 곱의 계수들을 의미한다.

4.3 사용자 인증방법

먼저 정규화된 입력 영상들로 학습을 시켜놓고 어느 정도 안정화된 Basis들을 database화 시킨 후, 시스템에 접근이 가능한 사용자들을 분류하여 그 사용자들 각각의 홍채 영상을 입력받아 홍채 Texture Block으로 변환하여 계수 C 를 추출해 낸다. 그렇게 추출해낸 계수 C 를 기본으로 인증코드를 생성하여 database를 구축해놓는다.

이렇게 구축된 인증 시스템을 현장에 설치한 후 현장에서 인증을 요구하는 사용자의 홍채 영상을 취득하여 기존에 구축되어 있는 Basis들을 기본으로 계수 C 를 추출하여 그에 대한 인증코드를 생성한다. 그렇게 생성된 인증코드를 기존에 구축된 인증코드 database와 비교하여 가장 가까운 코드 값을 찾아서 그 코드 값에 인덱스되어있는 사용자임을 확인한다.

여기서 만약 가장 가까운 코드 값과의 거리가 일정 Threshold값이 이상일 경우는 구축되어 있는 인증코드에 사용자로서 등록이 안되어있는 경우이거나, 기존의 학습으로 구축된 Basis Factor로는 분류할 수 없는 경우

이므로 Reject시켜 접근을 불가능하게 하는 것이다.

III. 결론

본 논문에서 제안하는 홍채 패턴기반의 사용자 인증 시스템은 홍채의 패턴추출방법이 Daugman등이 제안한 Gabor Filter의 256byte Iris Code와 같이 상당히 많은 양의 홍채 데이터를 분류해내는데 사용되기 보다는, 제한된 환경이 아닌 일반적인 환경 하에서 저가의 입력장비를 사용하여 외부의 각종 요소에 좌우되지 않으면서 분류되는 양을 축소시키는 과정을 거치므로, 국가적인 개인 신상을 구축하는 전산망에 쓰이기 보다는 특정 단체나 소수의 사용자의 접근을 인·허가하는 시스템에 적용하는 것을 고려하여 제안하는 시스템이다.

사용자의 인식(Recognition)보다는 검증(Verification)에 초점을 두었다는 것을 감안 할 때 등록된 이의 수의 많고 적음과는 상관없이 항상 일정한 사용자 인증에 일정한 처리 속도를 가지게 된다는 장점이 있다.

앞으로의 연구는 좀 더 주위 환경에 적응적인 홍채 인식 시스템을 고안하는 것이며, 본 논문에서는 Wavelet 변환을 Scaling적으로만 적용하여 DC성분만 추출해냄으로써 영상의 고주파영역에 해당하는 세밀한 특성과 잡음의 구분이 어려워 결국 세밀한 특성을 모두 제거해 버리는 방법을 적용했기에 홍채패턴의 보다 세밀한 분류에 한계를 보였었다. 따라서 Wavelet을 Scaling이 아닌 형태 추출면에서 활용하여 좀 더 향상된 특징 추출을 구현하여 시스템에 접목해 볼 예정이다.

참고문헌

- [1] Daugman, J.G. "High confidence visual recognition of Persons By a Test of Statistical Independence" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 15(1993), pp. 1148-1161
- [2] Yong Zhu, Tieniu Tan and Yunhong Wang "Biometrics Personal Identification Based on Iris Pattern" 15th International Conference on Pattern Recognition, IEEE Computer Society Vol.2, pp.805-808, September 3-7, 2000
- [3] Simon Haykin, "Neural Networks" Macmillan Publishing Company, pp.374-382, 1994
- [4] 윤훈주의 홈페이지 "홍채인식 시스템 연구". <http://members.tripod.lycos.co.kr/~firehj>
- [5] 서석배, 유영달, 강대성, 김대진 "GHA를 이용한 열 굴영상 정합기법" 통신정보학회 pp58-61, 2000