

특징벡터간의 유사도 측정을 통한 홍채 검증

Human Iris Verification Using Similarity between Feature Vectors

이종인, 조성원

Jong In Lee, Seong Won Cho

홍익대학교 전자·전기공학부

Department of Electric and Electronic Engineering, Hong-Ik Univ.

Tel 02-320-1493, Fax 02-320-1110

ABSTRACT

현재 연구되어지고 있는 홍채인식 시스템의 일반적인 구성을 보면 영상획득, 전처리, 특징추출, 인식/검증의 네 단계를 거치게 된다. 이 과정에서 최종 본인여부의 판단이 내려지는 것은 인식/검증의 마지막 단계인데, 전체 등록된 사용자의 수가 적을 경우 '인식' 방법을 통해 사용자를 확인할 수 있게 되어 그 정확도가 상당히 높을 수 있다. 하지만 등록된 사용자의 수가 많은 경우 인식 방법에는 무리가 따르게 된다. 이에 따라 전자상거래와 같은 다수의 사용자를 보유하게 되는 시스템에서는 사용자 아이디를 함께 입력받아 본인 여부를 판단하는 '검증' 방법을 사용하는 것이 빠르고 효과적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 기존에 사용되어지던 특징벡터의 일치율 또는 해밍 거리를 통한 검증방법에서 나아가 저용량 특징벡터에 적합하도록, 홍채영상으로부터 추출된 특징에 대해 적절한 양자화와 가중치를 두어 각 특징벡터 간의 내적을 통해 유사도를 측정함으로써 본인의 데이터와 타인의 데이터간의 차이를 크게 하여 향상된 성능의 홍채인식 시스템을 구현하는 방법을 제안한다.

I. 서론

생체계측학은 각 개인의 생물학적 혹은 행동학적 특징을 이용하여 신원을 확인하는 학문이다. 현재 많은 연구가 진행되고 있는 생체계측학은 생체정보의 입력을 받는 센서의 가격 하락과 기반 기술의 성장, 또한 그 가능성에 대한 인식이 확대됨에 따라 신원확인 분야에서 더욱 중요한 자리를 차지하게 될 것이다[1].

생체계측 시스템 중 홍채인식 시스템은 다른 생체계측 시스템보다 오인식률이 낮아 고신뢰도를 요구하는 보안 시스템에 사용될 것으로 기대되고 있다. 홍채는 눈동자의 검은자 내에 위치한 동공의 크기를 조절하는 역할을 하게

되는데 그 무늬는 출생 후 3세 이전에 모두 형성되며 이는 특별한 외상이 없는 한 평생 변하지 않는 것으로 알려져 있다[2].

홍채인식 시스템의 구성은 <그림 1>과 같이 크게 홍채의 특징을 추출하는 단계와 추출된 특징을 통해 검증하는 단계로 나누어 볼 수 있다. 각 단계는 전처리, 특징 추출, 특징벡터 생성, 특징벡터 검증의 세부 단계로 분할된다. 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 각 홍채영상의 고유한 특징 값을 추출해내는 것과 추출된 특징을 효과적으로 검증하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 추출된 저용량 특징값을 효과적으로 검증하는 방법을 제안하고 그 우수성을

보이고자 한다.

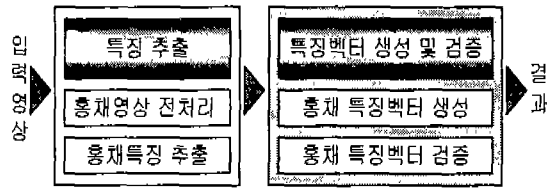


그림 1. 홍채인식 흐름도

II. 기존 관련 연구

홍채인식과 관련된 기존의 대표적인 연구 사례들에 대해 데이터 검증 방법 위주로 각 단계별 과정을 살펴보도록 한다.

특징값을 추출하는 영상획득, 전처리, 특징 추출의 과정은 모든 연구에서 공통적으로 행해지고 있다. 단지 특징을 추출하는 방법에서 가버 변환을 사용한 경우[3][4][5]와 웨이블릿 변환을 사용한 경우[6]로 나누어 볼 수 있다. 이렇게 추출된 특징값으로 이진 특징벡터를 생성하여 검증 과정을 거치게 되는데 이를 위해 사용하는 방법이 해밍 거리(Hamming Distance)이다. 이 경우 비교 대상의 두 데이터에 대해 각 차원별로 비트값을 비교하여 일치하지 않는 차원의 개수를 헤아려 이를 총 차원수로 나누어주어 해밍 거리를 얻게 된다. 동일 데이터에 대해서는 0값을 나타내게 되고 임의의 데이터에 대해서는 확률상 0.5의 값을 평균적으로 보인다 [3][4]. 또한 특징벡터의 차원을 일대일 대응을 하여 그 일치율을 확인하기도 하는데 해밍 거리와 같은 개념으로 볼 수 있다[6]. 이외에 신경 회로망을 이용한 홍채인식 방법[7]이 소개되었는데 이는 검증이 아닌 인식에 사용되는 것으로 사용자가 소수일 경우에 적합한 방법이다.

III. 홍채 특징 추출

홍채 특징 벡터의 생성 및 검증 단계에 앞서서 홍채 특징 추출 방법에 대해 간략히 알아보도록 한다.

영상획득 장비를 통해 입력 영상이 획득되면 영상처리 기법을 통해 전처리 과정을 거치게 되는데 이를 통해 극좌표계로 변환된 홍채영역만이 추출되게 된다. 이후 변환을 통해 특징값을 추출하게 되는데 각 변환을 통해서 최종적

으로 특징값이 실수로 나타나게 된다. 이상의 과정은 <그림 2>와 같이 나타낼 수 있다.

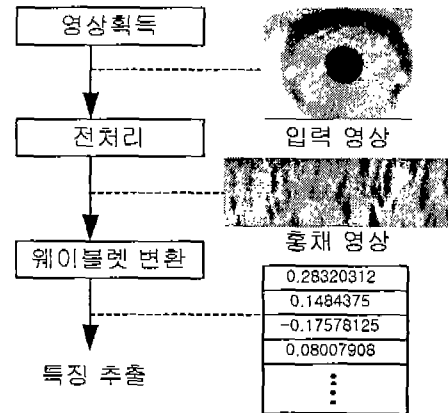


그림 2. 홍채 특징 추출 과정

홍채영상으로부터 특징값을 추출하는 과정에서는 Haar 웨이블릿 변환을 사용하였다. 즉, 홍채 영상에 대해서 가로, 세로 방향으로 각각 웨이블릿 변환을 수행하여 Average 성분과 Differential 성분을 분리하여 축소된 네 영역의 영상정보를 추출해냈고, Average 성분을 다시 입력 신호로 받아 변환을 수행하는 과정을 반복하였다. 이를 4회 수행하여 최종적으로 얻어진 정보를 특징 값으로 사용하게 된다.

IV. 특징벡터 생성 및 검증

III장의 과정을 거치게 되면 각 홍채영상에 대해 실수값으로 표현되는 특징값을 얻을 수 있게되는데 특징값은 다음 <그림 3>과 같은 분포를 나타낸다.

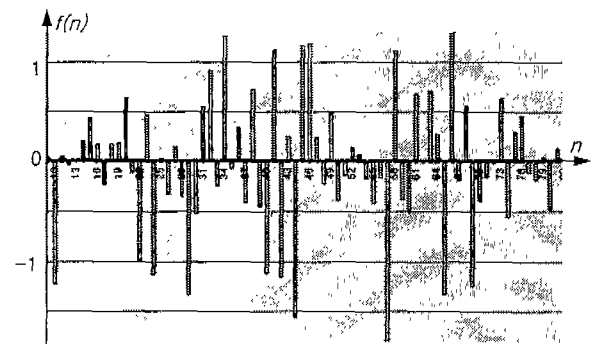


그림 3. 홍채 특징값의 분포 예

이 값을 통해 특징벡터를 생성하게 되는데 이에 대해서는 각 차원별로 다음과 같은 과정을 거쳐 이진 벡터를 생성하는 방법이 시도되

었다[6].

$$\begin{aligned} f_n &= 0 & \text{if } f(n) < 0 \\ f_n &= 1 & \text{if } f(n) \geq 0 \end{aligned}$$

$f(n)$: n 번째 차원의 특징값

f_n : n 번째 특징벡터값

가버 변환을 사용하는 경우도 이와 유사한 과정을 거쳐서 이진 벡터를 생성하게 된다[3].

이진 벡터로 생성된 두 특징벡터의 검증을 위해서는 다음과 같은 해밍 거리(HD)를 이용하게 된다[3].

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i (XOR) B_i$$

즉, 각 차원별로 할당된 비트값을 비교하여 일치하면 0, 다르면 1을 반환하여 이를 총 차원수로 나누어 최종결과를 나타내게 된다. 특징벡터의 데이터 일치율도 이와 같은 원리이다[6].

이 방법은 추출된 특징으로부터 데이터를 세분하여 정보를 얻은 경우에는 그 성능이 우수함이 입증되었다[3]. 하지만 저용량의 데이터를 사용하고자 하는 경우 적합하지 않다.

이에 따라 특징벡터의 유사도를 측정하여 본인 여부를 검증하고자 한다. 추출된 특징값의 부호뿐만 아니라 그 크기도 특징벡터에서 취하기 위해서 양자화를 수행하게 되는데 <그림 4>와 같은 양자화 함수를 사용하도록 한다. 이는 웨이블릿 변환이 이웃하는 정보의 차이를 이용해서 그 값을 추출하게 되므로 입력상태에 따라 최종값의 변화가 있을 수는 있지만 0.5 레벨의 양자화를 행하면 입력 상태에 따른 변화를 보상할 수 있다고 본다.

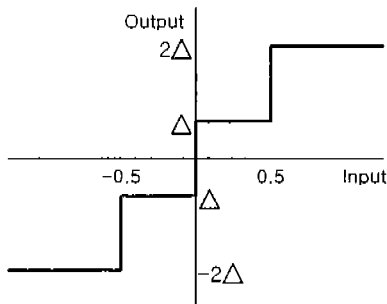


그림 4. 양자화 함수

이상과 같이 4레벨로 양자화를 수행하여 특징벡터로 저장을 하게 된다. 이후 검증을 수행하는 과정에서 다음과 같은 가중치를 두게 된

다.

$$\begin{aligned} f_n &= 4, & f(n) \geq 0.5 & \text{ (level 4)} \\ f_n &= 1, & 0.5 > f(n) \geq 0 & \text{ (level 3)} \\ f_n &= -1, & 0 > f(n) \geq -0.5 & \text{ (level 2)} \\ f_n &= -4, & f(n) < -0.5 & \text{ (level 1)} \end{aligned}$$

각 데이터에 가중치를 적용한 뒤 벡터의 내적을 사용하여 유사도 S를 확인하게 된다. 두 벡터(f_R, f_T)사이의 관계를 측정하는데 일반적으로 사용되는 측도들 중 가장 직접적인 연관성에 대한 측도는 바로 내적이다[8].

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^n f_{Ri} f_{Ti} \\ &= (f_{R1} f_{T1} + f_{R2} f_{T2} + \dots + f_{Rn} f_{Tn}) \end{aligned}$$

f_R : 등록데이터(특징벡터)

f_T : 테스트데이터(특징벡터)

이상과 같은 과정을 따를 경우 우선, [6]에서와 같은 부호에 따른 양자화의 효과를 유지할 수 있다. 동일한 부호의 값을 가질 경우 내적에 더해지는 값은 양의 값을 유지하고, 다른 부호일 경우 음의 값이 더해지게 된다.

또한 [6]에서 선보인 불변데이터에 대한 사항도 고려된다. 불변데이터 차원이 생기는 경우는 그 차원의 특징값의 크기가 커서 입력 상태의 변화에 따라 그 부호가 변하지 않는 경우로서, 큰 값에 대해 더 큰 가중치(4)를 적용하였기 때문에 불변데이터 차원의 경우 더욱 큰 값이 더해지게 된다. 또한 0주변에 분포되는 값의 변화에 따라 부호가 바뀌는 경우는 작은 값의 가중치(1)를 줌으로 인해 그 영향을 최소화 하였다.

V. 결과

본 논문에서 제안한 검증 방법의 시험 평가를 위해서 10명으로부터 각 30개의 홍채영상을 획득하여 총 300영상을 통해서 결과를 확인하였다.

사용자 A에 대해서 등록데이터를 생성한 후 본인의 데이터 30개와 타인의 데이터 30개에 대해 유사도를 확인한 결과를 해밍 거리와 비교한 그래프가 다음 <그림 5>와 같다.

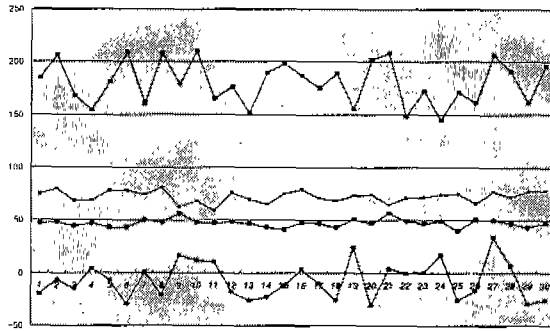


그림 5. 해밍 거리와 유사도 측정의 비교

그림에서 제일 상단과 하단이 유사도를 통한 결과로서 상단은 본인의 경우, 하단은 타인의 경우이다. 또한 가운데 두 그래프는 해밍거리를 이용한 것으로 본인과 타인의 격차가 상대적으로 좁은 것을 알 수 있다. 두 방법의 수치적인 비교를 위해서 변별력 지수 C를 알아보았다.

$$C = \left(1 - \frac{\sigma_A + \sigma_I}{AVG_A - AVG_I} \right) \times 100$$

위 식에서 C는 각 사용자에게 대해서 본인 데이터와의 결과(평균 AVG_A , 표준편차 σ_A)와 타인 데이터와의 검증 결과(평균 AVG_I , 표준편차 σ_I)를 비교한 것으로 이 수치가 크면 본인과 타인의 결과에 대한 차이가 크다는 것을 의미하여 변별력이 좋아지는 것을 나타낸다. 다음 <표 1>은 이 수치의 결과들이다(HD: 해밍 거리, IP: 내적을 통한 유사도 측정). 결과에서 알 수 있듯이 모든 사용자에게 대해서 그 수치가 증가하는 것을 알 수 있다.

사용자 방법	A	B	C	D	E	F	G	H	I
HD	45.7	41.4	30.9	44.3	35.4	44.2	47.4	49.4	31.3
IP	64.5	63.3	55.4	46.0	52.7	50.1	64.1	71.1	51.8

표 1. 변별력 지수 C

총 데이터에 대해서 시스템 성능을 평가하기 위해 <표 2>를 통해 FAR(False Accept Rate)과 FRR(False Reject Rate)을 확인하여 보았다.

VI. 결론

각 사용자의 홍채 특징 벡터를 저장하고 비교/검증하는 과정을 신속히 하고자 하는 요구에

HD			IP		
경계	FRR	FAR	경계	FRR	FAR
63	1.3	8.0	35	0.3	8.3
64	2.0	6.0	45	1.0	5.7
65	4.7	5.7	55	2.0	2.7
66	6.7	5.3	65	2.7	1.0
67	6.7	3.0	75	5.7	0

표 2. FAR 과 FRR (%)

따라 데이터의 크기를 줄이게 되었다. 저용량 특징 벡터를 사용하는데 있어서 기존의 해밍거리를 이용한 검증 방법의 적합하지 않은 점을 고려하여 벡터의 내적을 통한 유사도를 측정하여 이를 활용하는 검증 방법을 구현하였고, 시험 평가를 거친 결과 시스템의 인식률이 향상됨에 따라 제안된 방법이 저용량 특징벡터의 검증에 적합한 방법임을 입증하였다.

참고문헌

- [1] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics", Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, pp. 1~41, 1999
- [2] F. H. Adler, Physiology of the Eye: Clinical Application, The C. V. Mosby Company, 1965
- [3] John, G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 11, pp. 1148~1161, 1993
- [4] Gerold O. Williams, "Iris Recognition Technology", IEEE AES System Magazine 1997, pp.23~29, April 1997
- [5] Richard P. Wildes, "Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology", Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, pp.1348~1363, 1997
- [6] 조문수, "Haar 웨이블릿 변환과 참조벡터를 이용한 홍채검증(Human Iris Verification Using Haar Wavelet Transform and Reference Vector)", 홍익대학교 석사학위 논문, 2000
- [7] 조성원, 성혁인, "Gaber 변환과 신경회로망을 이용한 홍채인식", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회, Vol. 7, No. 2, pp. 397~401, 1997
- [8] 김주성 외, "통계학을 위한 선형대수학", 청문각, 1993