

손의 혈관분포패턴을 이용한 생체인식 기술

명지대학교 최환수

1. 서론

기계에 의해 각 개인을 자동으로 식별하는 시스템인 생체인식시스템(biometric systems)에 대한 사회적 요구는 꾸준히 있어왔으나 기술적 또는 경제적인 제한 등에 의해 이의 보편화가 아직은 초기 단계이다. 그러나 최근 보안 업계를 중심으로 이러한 시스템의 수요가 폭증하고 있으며 이를 수요를 충족하기 위해 다양한 형태의 생체인식시스템의 개발 및 출시가 진행되고 있어 이제는 생체인식시스템 시장이 어느 정도 형성되어 가고 있는 단계이다.

각 유형의 생체인식시스템들은 나름대로의 장단점을 가지고 있는 데, 생체인식시스템의 성능을 가늠하는 몇 가지 요인을 살펴보면 1)보안성(인식정확도); 2)사용성(usability); 3)사용자 편의성; 4)가격 등의 요인이 있다.

보안성은 False Acceptance Rate(FAR)에 의해 비교적 정량화하기 용이한 특성을 가지고 있으며 생체인식시스템의 성능이라고 하면 FAR을 일반적으로 지칭하게 되나 Personal Identification Number(PIN)을 이용하는 개인인증시스템의 경우 0.01% 정도의 FAR을 제공할 경우 상품성이 있는 것으로 알려져 있다.

시스템의 사용성이란 불특정 다수의 성인을 대상으로 어느 정도의 비율이 시스템을 사용할 수 있는가 하는 척도를 제시하게 된다. 이는 시스템의 기술적인 측면보다는 각 생체인식시스템이 사용하는 생체특징에 좌우되는 경향이 있다. 예를 들어 갖가지 이유로 인해 지문인식시스템을 사용하지 못하는 집단이 있을 수 있으며 손가락이 없을 경우는 손형상인식시스템을 사용할 수가 없기 때문이다. 현재 생체인식시스템의 보편화에 가장 큰 걸림들이

되고 있는 성능요인을 필자는 각 시스템들의 낮은 사용성에 있다고 판단하고 있다. 보안시스템의 특성상 생체인식시스템이 일단 설치가 되면 대상인구(target users)에 대해서는 100%의 사용성이 보장되지 않으면 시스템의 지속적인 사용이 힘들기 때문이다.

사용자 편의성을 결정짓는 요인은 False Rejection Rate(FRR), 인증시도를 할 때의 자세, 위생, 사회심리학적인 요소 등이 있다.

현재 실용화단계에 있는 생체인식시스템의 유형으로는 지문인식(finger print pattern)을 이용한 시스템[1], 망막의 혈관분포(retina vascular pattern)를 이용한 시스템(제품사례: EyeDentify; AND corporation, USA), 손의 형상을 이용한 식별시스템(ID-3D; Recognition Systems Inc., USA), 홍채의 무늬를 이용한 시스템(Iriscan Inc.; USA)[2] 등이 있다.

이들 생체인식시스템의 장단점을 간략히 살펴보면 지문인식을 이용한 시스템은 각 개인의 지문패턴은 고유하다는 점을 고려해볼 때 매우 훌륭한 개인식별 수단이라고 할 수 있으며 가장 오래된 생체인식 수단이기도 하다. 따라서 현재 많은 시스템이 상용화되어 있으며 제품에 따라 성능은 다르나 FRR 및 FAR 모두에서 그 성능이 양호한 것으로 알려져 있다. 그러나 지문인식 시스템은 건설현장, 공장, 병영 등 손을 많이 사용하는 집단을 대상으로 응용할 경우에는 사용자로부터 양호한 지문을 기대하기 어려워 사용에 문제점이 있다. 또한 습기가 많은 손을 가진 사용자는 사용자 인증이 잘 되지 않는 단점이 있으며 손가락의 자그마한 상처에도 FRR이 급등하기도 한다. 즉 시스템의 사용성면에서 큰 단점을 가지고 있다.

망막의 혈관 분포를 이용한 개인식별시스템은 매우 높은 FAR성능을 가지고 있기 때문에 고도의 보안을 요구하는 장소에 적합한 시스템이지만 FRR성능이 매우 낮기 때문에 인력관리 또는 일반적인 출입관리에 사용하기에는 무리가 있다. 예를 들어 미국 Rayco사의 EyeDentify Retina Biometric Reader는 1회 시도시험(one-try test)에 12.4%의 FRR 에러를 보이고 있다. 또한 출입시에 눈을 스캐너 앞에 바짝 붙여 출입 허락을 받아야만 하므로 사용자 편의성면에서 무척 떨어지는 시스템이다.

손의 형상을 이용한 시스템은 1996년 Atlanta 올림픽 때 선수 및 자원봉사단의 출입통제용으로 사용되어진 바 있으며 현재도 미국 국제공항 이민국의 passport control, 사회복지기금의 관리, 교정기관 등에서 매우 활발히 사용되고 있다. 본 시스템의 보안성, 특히 FAR 성능은 매우 낮은 것으로 평가되고 있으나, 미정부기관에서 본 시스템을 높이 평가하는 이유는 시스템의 사용성이 매우 높다는 점 때문이다. 즉 불특정 다수를 대상으로 사용하는 시스템일수록 시스템사용성은 매우 중요한 역할을 하게 되기 때문이다.

손의 혈관패턴을 이용한 개인식별시스템은 상기 예시한 각 생체인식시스템들이 가지고 있는 단점을 극복하고 기존의 정맥인식시스템이 가지는 장점을 보완하며, 시스템의 사용성을 더욱 높여보고자 개발되어진 생체인식시스템으로서 필자와 (주)테크스피어(서울, 방배)에 의해 산학협력으로 제품화에 성공한 시스템이다. 본 시스템은 손의 혈관패턴을 이용한 시스템으로서 세계 최초로 개발된 제품이다. 현재 유럽 및 미국의 몇몇 회사들이 같은 개념을 가지고 제품을 개발하고 있으나 아직 제품화시키지는 못하고 있다.

혈관패턴인식시스템(Vessel Pattern Verification System; VP System)은 적외선 조명을 손등에 조사(照射)시켜 반사된 영상을 카메라를 이용하여 디지털 영상으로 획득하고, 각종 영상처리 기법을 적용하여 혈관의 패턴을 추출한 다음 이들 혈관분포 패턴을 특징으로 삼아 개인을 식별하는 시스템이다. 손의 혈관패턴을 생체특징으로 활용할 경우의 장점으로는 영상을 얻는 과정에서 손등부위에 직접적인 피부접촉이 없다는 점과 손에 있을 수 있는

웬만한 오염이나 상처 등에도 시스템의 성능저하는 크게 없다는 점이다. 이는 사용상의 편리함뿐만 아니라 접촉부위에 대한 지속적인 세정 등의 필요성을 없애 시스템의 유지 관리가 용이하다는 점이다. 그리고 가장 큰 장점으로서는 시스템의 사용성(usability)이 매우 높다는 점이다. 따라서 VP시스템은 열악한 환경, 즉 건설 또는 생산현장에도 설치되어 편리하게 사용할 수 있다는 장점이 있다.

시스템에 대한 이해를 돕기 위해 그림 1과 2에서 시스템의 개략도와 사용 중일 때의 외관을 도시하였으며 그림 3에 한 사용자의 원시영상을 예시하였다.

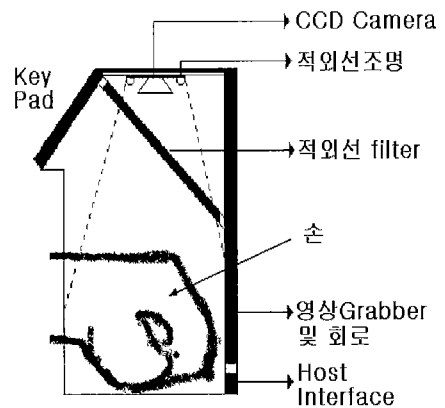


그림 1 시스템의 개략도

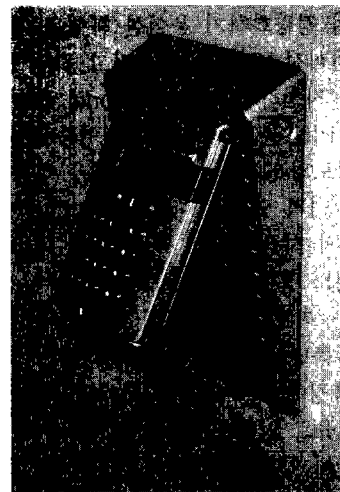


그림 2 시스템이 사용 중일 때의 외관



그림 3 손등 원시영상의 예시

실제 시스템에서는 인식에 필요한 손등의 특정부위(ROI; Region of Interest)만을 원시영상으로 취하나 그림 3에서는 예시의 목적으로 손의 전 부위를 보였다. 그림에서 보듯이 원시영상에서 혈관부와 배경영역(혈관이 지나지 않는 피부부위)의 명암 차이가 미약하며 또한 gray scale은 분포가 서로 혼재하여 혈관패턴만을 분리해 내는 작업이 쉽지 않으리라는 점을 쉽게 알 수 있다. 손등혈관인식시스템 개발에 있어 가장 어려우며 많은 계산량이 필요했던 부분이 혈관영역을 배경과 분할하기 위한 알고리즘 개발이었다.

추출된 혈관패턴으로 개인을 식별하기 위한 방법으로는 현재 두 가지 방법을 사용하고 있다. 첫 번째로는 인식대상 개인의 원형(template)과 직접 정합을 하는 방법이며 두 번째는 혈관의 분기특성을 이용한 방법이다.

본 고의 2장에서 손의 혈관패턴을 추출하기 위한 전처리 과정을 소개하고, 3장에서 원형정합을 이용한 개인식별 알고리즘, 4장에서 혈관의 분기특성을 이용한 개인식별 알고리즘을 제시하며, 5장에서는 알고리즘의 성능평가를 위한 실험결과를 제시하였다. 그리고 결론에서는 본 혈관인식시스템이 기존 생체인식시스템 시장에서 어떤 위치에 놓여질 것인가에 대한 예상을 제시하였다.

2. 전 처리

전술한 바와 같이 손의 혈관패턴을 이용한 개인 식별알고리즘의 성능을 평가하는 가장 핵심적인 부분은 손등영상으로부터 혈관패턴을 추출하는 일이다. 이를 위해 active 적외선 LED를 이용한 조명과 광학필터를 사용하고 일련의 전처리과정을 적용하여 성공적으로 혈관의 패턴을 추출할 수 있었다.

전처리의 첫 번째 과정은 원시영상에서 혈관이 분포하고 있는 손등부분을 추출하는 작업이다. 이는 손과 배경을 분리하는 이치화과정 후 손 부분의 가장 큰 내접사각형을 계산하여 처리하였다.

다음 단계는 ROI영역에 그레이스케일의 평활화를 위한 저대역 여파를 적용한 다음 혈관부분과 배경부분의 이치화를 돕기 위해 비교적 적은 콘볼루션 커널을 적용한 고대역 여파를 적용 후 이치화하였다. 그림 4에 이치화 되기 직전까지 전처리가 진행된 ROI영역을 예시하였다.

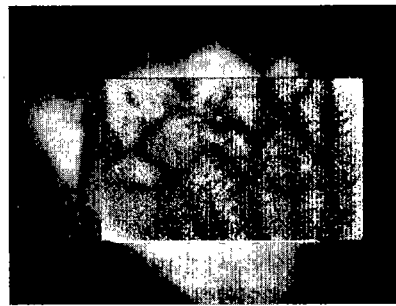
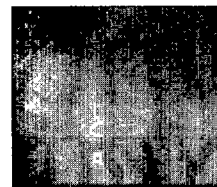
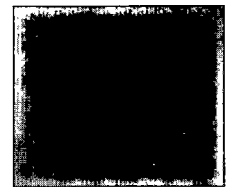


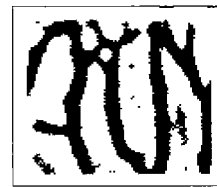
그림 4 ROI영역과 전처리과정을 거친후의 손 영상



(a) Lowtpass Filter



(b) Highpass Filter



(c) Threshold



(d) Dilation



(e) Erosion

그림 5 처리 대상 영역의 전처리(a~e)

이렇게 이치화 된 영상은 손등의 체모 또는 불규칙한 지방층 등의 영향으로 비교적 잡영이 많으며 또한 미세하게 연결이 끊어진 혈관들이 나타나게 된다. 이런 영향을 제거하기 위해 메디안여과[3]와 수리형태학적 여과를 추가로 적용하였다. 그림 5의 (a)-(e)는 전처리 각 과정의 결과영상의 한 예를 보여준다.

3. 패턴 정합을 이용한 개인식별

개인식별을 위한 첫 번째 방법으로 원형정합을 적용하는데 이는 비교적 계산량이 많아 지양해야 할 알고리즘으로 생각된다. 그러나 현재로서는 여타의 알고리즘보다 가장 정확성이 뛰어나기 때문에 원형영상(template image) 및 목표영상(target image)의 크기를 다소 줄여 사용하고 있다.

실제 인증과정에서 입력된 영상에서는 정합을 위한 원형영상과는 달리 상하좌우로의 이동(translation) 및 작은 회전(rotation)이 발생한다. 이를 보완하기 위해 입력영상을 원형영상과 이동하며 정합하며 또한 전처리 과정에서 미리 예측해 둔 회전왜곡의 정도를 보상하여 정합하게 된다. 참고로 그림 6의 세 영상은 같은 사람에 대해 시간적 차이를 두고 입력한 세 개의 데이터에 정규화 과정을 처리한 영상을 보여준다.

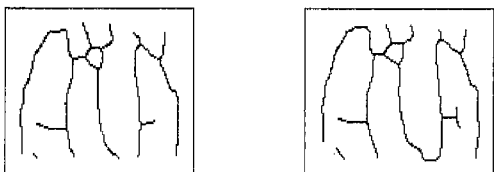


(a) 1차 영상 (b) 2차 영상 (c) 3차 영상

그림 6 정규화 후의 영상 비교

4. 혈관의 특징벡터를 이용한 개인식별

손혈관패턴의 특징벡터로는 전처리 과정을 통하



(a) 1차 입력 영상 (b) 2차 입력 영상

그림 7 세선화 영상

여 추출된 혈관 부분을 세선화 한 후 각 혈관패턴 가지의 분기점 좌표, 가지의 길이, 가지 사이의 분기각도 등을 추출하여 사용하였다. 그림 7은 시간적 차이를 두고 입력한 동일한 손 혈관 영상의 세선화 결과를 보여준다.

혈관을 세선화 한 후 특징벡터를 추출하기 위해 우선 그림 8의 마스크를 이용하여 분기점을 추출한다.

X ₁	X ₂	X ₃
X ₀	P	X ₄
X ₇	X ₆	X ₅

그림 8 3×3 마스크

위 마스크에서 중심점(P)의 8-이웃 점에서 (1)식을 만족하는 점을 분기점으로 정의하였다.

$$\sum_{i=0}^8 |X_{i+1} - X_i| = 6 \tag{1}$$

중심점에서 시작하여 그림 8의 마스크를 이용하여 다음 분기점 및 끝점까지의 가지를 추적해 나간다. 끝점은 (2)식을 만족하는 점이다.

$$\sum_{i=0}^8 |X_{i+1} - X_i| = 2 \tag{2}$$

가지분석 역시 그림 8의 마스크를 사용하였다. 그리고 세선화 후 분기점으로부터의 거리가 짧은 가지는 잡영일 가능성이 높으므로 조사대상에서 제외하였다. 위의 조건에 따라 특징벡터로 추출되는 분기점 성분은 개인적으로 차이를 보이지만 6개에서 15개 정도로 분포한다.

가지의 길이는 분기점에서 분기점까지 및 분기점에서 끝점까지의 직선거리로 하였다. 각 분기점당 세 개의 가지를 가지므로 세 개의 분기각을 갖는다. 그림 9에 가지의 길이 및 분기각도 측정방식을 나타내었다.

그림 9에서 중심 B로부터의 x축에서 분기점 E1(x₁, y₁)사이의 각 A1은

$$A1 = \arctan((y-y_1)/(x-x_1)) \tag{3}$$

이고, x축에서 끝점 E2(x₂, y₂)사이의 각 A2의 값을 더한 A1 + A2가 가지 E1과 E2 사이의 분기각이다. 가지 길이는 분기점 E1(x₁, y₁)까지의 직선길이 L1으로 다음과 같이 정의하여 사용하였다.

$$L1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} \quad (4)$$

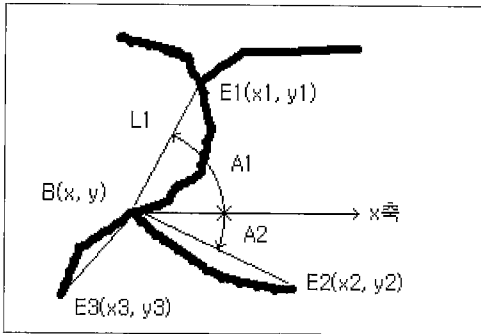


그림 9 가지의 길이 및 분기각도

5. 시스템의 성능

손혈관 인식시스템의 성능에 관한 제시는 위에서 설명한 알고리즘을 탑재한 손혈관인식시스템인 VP-II System((주)테크스피어; 서울)의 인식오율에 대한 현장실험 결과를 설명함으로써 대신하고자 한다.

일반적으로 생체인식시스템의 정확성에 관한 성능평가는 시스템에 의해 인증되지 않아야 할 사용자가 인증이 되는 오율(error rate)인 false acceptance rate(FAR)과 인증이 되어야 할 사용자가 인증이 되지 않는 인식오율인 false rejection rate(FRR) 값에 의존을 많이 하나 FAR과 FRR은 decision function의 threshold값 또는 전처리 과정에서 사용이 되는 각종 매개변수 값에 의해 다소 유동적인 경향이 있으며 일반적으로 FAR이 낮도록 매개변수가 지정이 되면 FRR이 높아지며 반대로 FRR이 낮도록 setting이 되면 FAR이 높아지는 경향이 있다. 따라서 FAR, FRR이 같아지도록 매개변수를 지정하고 이때의 FAR값으로 시스템의 성능을 평가하기도 한다.

또한 대부분의 생체인식시스템이 사용자 등록이라는 과정을 거친 다음 사용하게 되는 데 일단 등록된 사용자가 시스템을 사용한 횟수가 증가함에 따라 FRR은 급속도로 낮아지게 된다. 이는 훈련을 통해 인식오율을 낮춰나갈 수 있다는 점 때문에 성능평가를 위해 사용한 시료집단의 구성에 따라 평가결과가 많이 차이날 수 있다.

VP-II System은 현재까지 불특정 시험 집단을

이용하여 인식오율을 측정하였는데 시스템의 default로 지정된 매개변수 값으로 FAR은 0.0001%, FRR은 0.1% 정도의 오인식률은 보이고 있다.

그리고 시스템의 사용성에 관한 평가는 현재 진행 중이나 성인을 대상으로 한 실험의 경우 약 99.98% 정도의 사용성을 보여 약 95% 정도로 알려져 있는 지문을 이용한 시스템들 보다 매우 우수한 성능을 보이고 있다.

6. 결론

본 고는 생체인식기술(biometrics)의 한 유형인 손등의 피하에 분포한 혈관의 패턴을 생체특징으로써 개인식별을 시도한 손혈관분포패턴 인식기술에 관해 고찰하였다. 현재까지 인지되어진 손혈관인식시스템의 가장 큰 장점으로서는 탁월한 시스템사용성에 있다고 판단된다. 성인이라면 거의 대부분이 시스템에 등록되고 인증되는 데 문제가 없다는 장점과 함께 산업현장등 사용환경이 열악하고 또한 건설현장등에서 다소 오염된 손을 가진 사용자들에게서도 큰 문제없이 적용되어 질 수 있다는 점이다.

손혈관인식시스템과 다소 비슷한 유형의 해외제품으로 손의 형상을 이용하여 개인을 식별할 수 있는 시스템(ID-3D; Recognition Systems Inc., USA)이 있다. 이 시스템도 다소 열악한 환경, 특히 지문인식시스템이 적용되기 힘든 환경에서 사용이 가능하나 류머티즘 환자나 반지 등의 장신구를 착용할 경우 인식이 힘든 단점이 있으나 손혈관시스템에서는 그러한 문제점이 해결되었다고 보인다. 그리고 지문인식시스템, 손의 형상을 이용한 시스템 등에서 요구되는 신체 일부의 직접적인 접촉이 필요 없다는 점이 손혈관인식시스템의 또 다른 장점으로 생각된다.

사회가 복잡해지고 보안에 관한 필요성이 제기됨에 따라 생체인식시스템에 관한 사회적 요구가 점점증하고 있는 점은 사실이나 생체인식시스템 시장이 피부로 느끼는 수요보다는 확대되고 있지는 않다. 이는 기존의 생체인식시스템이 지니는 몇 가지 단점에 기인한다고 보인다. 이들 중 가장 큰 문제는 인식오율(보안성)과 낮은 시스템 사용성으로 지적되고 있으나 시스템의 인식오율은 하드웨어의 발전으로 현재로서는 그다지 큰 문제로 대두되고 있지는 않다. 그러나 시스템사용성은 기술의 발전만

으로 해결될 수 있는 문제가 아니어서 시스템사용성을 크게 개선한 손혈관시스템은 향후 생체인식시스템의 보편화에 큰 영향을 미칠 수 있으리라고 판단된다.

참고문헌

- [1] 김학일, 안도성, “지문 분류 및 인식을 위한 고속 알고리즘,” 제 7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp. 311-315, 1995.
- [2] Richard P. Wildes, “Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology,” Proceeding of the IEEE, Vol.85, No.9, pp.1348-1363, 1997.
- [3] Refael C. Gonzalez & Richard E. Woods, Digital Image Processing, New York: Addison-Wesley, 1992.
- [4] Craig A. Lindley, Practical Image Processing In C, Canada: John Wiley & Sons, 1991.
- [5] 박기태, 임상균, 정동철, 장석모, 정창경, 최환수, “손의 형상을 이용한 개인 식별 알고리즘의 개발,” 1997년도 하계학술대회 논문집, G, pp.2347-2349, 1997.
- [6] 장석원, 정희철, 최환수, “손가락 마디지문 패턴을 이용한 개인식별 알고리즘,” 1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, G, pp.2891-2894, 1999.

최 환 수



1984 서울대학교 제어계측공학과 졸업
 1986 워싱턴 주립대 석사(컴퓨터공학)
 1990 워싱턴 주립대 박사(컴퓨터공학)
 1990~1992 (주)금성사 컴퓨터연구소
 선임연구원
 1992~현재 명지대학교 전기정보제어공
 학부 부교수
 관심분야: 컴퓨터비전, Biometrics, 멀티
 미디어 정보처리
 E-mail:hschoi@mju.ac.kr
