

국내 지문인식시스템 성능시험방법론 연구

신대철, 심상옥, 김재성

한국정보보호진흥원

A Study of Korea Performance Testing Methodology for Fingerprint Recognition System

Dae-choul Shin, Sang-ok Sim, Jae-sung Kim

Korea Information Security Agency

요 약

최근 생체인식제품 시장이 활성화됨에 따라 생체인식제품에 대한 객관적인 성능평가가 절실히 요구되고 있는 상황이다. 이미 국외에서는 이러한 추세에 따라 지문, 얼굴, 홍채, 음성 등 각 생체인식제품에 대한 성능평가 기술을 개발하고 있으며, 자국의 생체인식제품에 대한 성능을 개선하는데 도움을 주고 있다. 현재 국내의 경우는 생체인식제품에 대한 객관적인 성능평가 연구기반이 취약한 상태이며, 개발자 자신에 의한 주관적인 평가방법에 따라 자체 시험을 하는데 머물고 있는 실정이다. 이에 따라 본 고에서는 우선적으로 지문인식제품에 대한 국내 적용 가능한 성능평가 항목과 평가방법을 제시하기 위하여 광학식, 반도체식, 열감지식 입력센서별 온도, 습도, 압력, 기만성 측정방법과 인식알고리즘에 대한 성능측정방법을 분석하였다.

I. 서론

생체인식시스템이란 측정 가능한 개인의 신체 또는 습관적 행위 특성을 추출하여, 기 등록된 내용과의 동일 여부를 확인함으로써 개인신분을 확인하는 일련의 과정을 말한다. 생체인식시스템은 크게 생리적 특성을 이용한 지문, 얼굴, 망막, 정맥, DNA 등을 식별하는 방법과 개인의 행위나 형태적 특성을 이용한 서명, 음성, 걸음걸이 등의 방법이 있다.

지문인식 기술은 오랜 역사를 가지고 있는 만큼이나 여러 분야에 응용되어왔으며 초기의 접근 제어 및 범죄자 색출을 위한 분야에서부터, 1990 년대의 정보보안, 금융거래, 전자상거래 분야 등에 널리 응용되며, 향후 휴대폰, PDA 등의 단말기에 적용될 예정이다. 이러한 지문인식 기술에 대한 시장성 확대와 활성화는 공정한 기술적 평가를 통해 소비자에게 정확한 선택 기준을 제공하고, 개발자에게는 제품에 대한 성능향상을 도모할 수 있는 환경이 절실하도록 요구하고 있다. 본 고에서는 기존의 생체인식제품의 전반적인 성능평가 방법론을 토대로 지문인식시스템에 대한 국내 적용 가능한 성능평가방법론을 제시하고자 한다.

제 2 장에서는 국외 생체인식시스템 성능평가 방법론을 살펴보고, 제 3 장에서는 국내생체인식

시스템 성능평가 모델을 통하여 제 4 장에서는 국내 지문인식시스템 성능평가 방법론을 제시하며, 제 5 장에서는 향후 계획에 대하여 서술한다.

II. 국외사례 분석

미국, 영국, 독일 등 선진국에서는 정부주도로 생체인식제품의 성능측정 및 보안성 평가기술을 활발히 연구 중에 있다. 미국의 경우 국방부 산하 연구소인 Sandia, 산호세 주립대학내 NBTC(National Biometric Test Center)에서, 영국의 경우 상무부 산하 시험소인 NPL(National Physical Laboratory), 정부평가기관인 CESG(Computer Electronic Security Establishment)에서, 독일의 경우 GISA(German Information Security Agency)등에서 [표1]과 같은 생체인식제품 성능평가기술을 연구하고 있다. 특히, 지문인식알고리즘의 성능을 비교 평가한 FVC2000, FVC2002(Fingerprint Verification Competition 2002)와 얼굴인식알고리즘의 성능을 비교 평가한 FERET (FacE REcognition Technology), FRVT 2000 (Face Recognition Vendor Test 2000) 등 정부·학계가 주도하는 생체인식 알고리즘 성능측정 경진대회가 대표적 평가사례라 할 수 있다.

국외의 경우, [표1]의 평가항목에서 보는바와

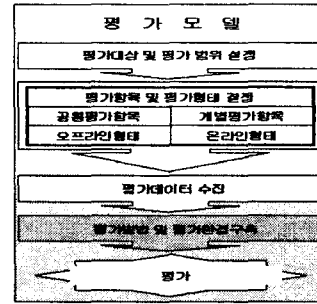
같이 인식알고리즘 성능평가에 치우쳐 성능평가를 수행하고 있다. 생체인식시스템 성능평가에 있어서 단순히 인식알고리즘에 국한해서 성능평가를 한다는 것은 생체인식시스템 전반에 대한 성능을 대표할 수 있는 지표가 될 수 없으며, 생체인식시스템 특징에 따른 여러 가지 고려사항을 감안하여 성능평가를 해야 한다. 본 고에서는 인식알고리즘을 평가하는 공통평가항목뿐만 아니라 인식기술별 개별평가항목 또한 고려하여 지문인식시스템에 대한 전반적인 성능평가 방법론을 제시하고자 한다.

[표 1] 국외 성능평가 사례

국가	연구기관	평가항목	평가대상	평가방법
미국	SANDIA	· FRR · FAR · 인증시간	지문 장문 서명 당직 음성	· 100명의 지원자들을 대상 · 시스템 침입도에 대한 학습기간 · 알고리즘 평가 · 시나리오 테스트
	NRTC	· FMR · FNMR · Penetration Rate · Biting error · Cold match	장문 지문 통치	· 수학적 평가방법론 사용 · 인식알고리즘 평가 · Single, Two, Multi-finger 등 다양한 각도로 평가
영국	NPI	· FMR · FNMR · Penetration Rate · Biting error	지문 인공 장문 통치 열한 음성	· 지원자에 대한 across testing과 randomly varying testing 수행 · 환경적인 요소 배제 · BWG "Best Practice" 수용 · 사전 교육 및 사전 테스트 · 지원자들에 대한 정상적인 상태 유지를 위한 시간적 배려 · 시험 공간에서의 행동은 시계 방향과 반시계 방향으로 수행
		· ROC Curve · FTA · FTE · FRR · FAR · Throughput		
독일	GISA	· FRR · FAR · attempt rate of failed	지문 인공 장문 통치	· RSI "EvalKit" 수용 · 운영환경 테스트 · 시험 대상자의 사전 교육

III. 국내 생체인식제품 성능평가 모델 연구

성능평가를 하는데 있어서 우선적으로 해야 할 일은 (그림1) 평가모델에서 보는바와 같이 평가하고자 하는 평가대상 선택 및 평가범위를 설정하는 것이고, 다음은 평가항목 및 평가형태를 결정하는 것이며, 도출된 평가항목에 따른 평가 데이터를 수집하는 것이다. 평가 데이터 수집이 끝나고 나면, 평가방법 및 평가환경을 구축하여 실질적인 평가를 수행하는 것이다.



(그림 1) 평가모델

1. 평가대상 및 평가범위

평가대상은 평가를 하고자 하는 특정 시스템을 선택하는 것이며, 평가범위는 시스템을 구성하고 있는 서브시스템들에 대한 범위를 선택하는 것이다. 예를 들면, 입력단에서의 성능평가에 국한할 것인지, 또는 인식알고리즘에 대한 성능평가에 국한할 것인지, 생체인식시스템 전반에 걸친 성능평가를 할 것인지에 대한 범위를 결정하는 것이다.

2. 평가항목

평가항목은 크게 공통평가항목[표2]과 인식기술별 개별평가항목[표3]으로 나누어 볼 수 있다.

2.1 공통평가항목

[표 2] 공통평가항목

항목	설명
FMR	타인 수락률
FNMR	본인 거부률
ROC	FNMR을 FMR에 대한 함수로 표현한 곡선
FTA	이머지 획득 시 실패한 비율
FTE	이머지 등록 시 실패한 비율
Failure To Match	등록된 이미지의 영합 실패율
Speed	특정점 수를 몇 정함에 걸리는 시간

2.2 인식기술별 개별평가항목

[표 3] 인식기술별 개별평가항목

	가중	필요	종류	특성	순	필요인	
일반 개인 요소	나이	주요 문제	모양 변화	건강상태 변화	변성기, 노쇠현상	모양 변화	검출 변화
	성별	손상 정도	특징의 유/무	형상 크기	?	?	?
	현업	상	상	라	상	중	상
	주요	다양	다양	고도의 보안성	다양	검구통제	검구 통제
시 용 자 합 계	신체	연령도	유족 혈색이 깨부개갈	유족 색갈	병(감기)	손톱성장 선명도	장애 정도
	행동	Swatcy	얼굴표정 유지임 거리정도	유지임 진장정도 거리정도	표현력	손가락이 벌어진 정도	유지임
	패션	반지 장신구	옷, 모자 장신구 머리모양	안경/렌즈 착용유무	?	반지 장신구	Skirts 일부이
환경 개인 요소	난해 온도 습도 입력	배경 빛 반사	배경 빛 반사	소음	?	진상태	
장기 개인 요소	광학식 반도체 결합자	camera	초음파	마이크	스캐너	렌즈	
		CCD					

3. 평가형태

3.1 오프라인 테스트

오프라인 테스트는 데이터 수집 과정을 통해 구축된 동일한 생체정보 데이터베이스를 사용하여 두 가지 이상의 인식 알고리즘을 동일한 조건, 동일한 평가항목을 가지고 평가를 수행하는 것을 말한다. 대상이 되는 생체정보는 평가의 공정성을 위해 한 개 이상의 다양한 생체정보 장치를 사용하여 수집된다.

3.2 온라인 테스트

온라인 테스트는 가상환경에서 실험자의 실제적인 행위를 통해 이루어지는 것을 말한다. 개별 항목으로서의 평가요소인 일반 요소, 사용자 요소, 환경 요소, 장치 요소, 사용자 인터페이스 등에 대한 평가가 이루어진다.

4. 평가데이터 수집방법

4.1 오프라인 데이터

오프라인 데이터는 인식알고리즘에 대한 성능 평가를 목적으로 구축된 데이터베이스를 말한다.

4.2 온라인 데이터

온라인 데이터는 인식기술별 개별평가항목에 대한 평가를 목적으로 평가데이터 수집 과정이 필요 없으며 채집대상 및 채집인원보다는 평가 수행 시 어떠한 환경변화가 주어졌으며, 사용자를 대신할 수 있는 인위적인 생체정보를 어떻게 만들었는지에 대한 평가 데이터 생성과정이 중요하다.

다.

5. 평가방법

5.1 오프라인 테스트

평가하고자 하는 목적에 맞게 데이터베이스를 분류하고, 시스템에 등록된 정당한 사용자 자신이 정당한 요구를 하거나 등록되지 않은 사용자가 등록된 다른 사용자에 대한 무성의한 요구를 하는 등의 다양한 시도를 하면서 공통평가항목을 측정한다.

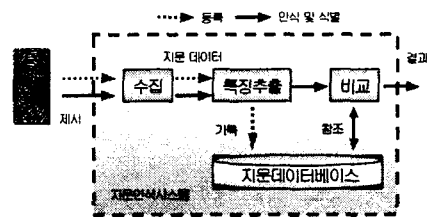
5.2 온라인 테스트

온라인 테스트는 실험대상자에 대한 충분한 설명과 연습을 요구한다. 또한 가능한 시스템에 거부감이 없으며 많은 사용 경험이 있고, 장시간의 실험에 참여할 수 있는 실험대상자를 선정한다.

IV. 국내 지문인식제품 성능평가 방법론 연구

1. 평가대상 및 평가범위

지문인식시스템은 일반적으로 (그림2)와 같이 구성된다. 평가대상으로는 수집단계에 위치하고 있는 센서와 특징추출 및 비교에 해당하는 인식 알고리즘에 대한 평가를 대상으로 한다. 인식알고리즘에 대한 평가와 더불어 센서를 선택한 이유는 입력 방식에 대한 원리의 차이에 따라 취득 방법 및 이미지의 품질이 영향을 받기 때문이다. 또한, 지문 획득 시 환경적인 요인을 배제할 수 없으며, 이에 따른 이미지 품질의 차이는 이미지로부터 정확한 정보를 추출하는데 하나의 장애로 존재하기 때문이다. 더불어, 정당한 사용자에 대한 위·변조 가능성도 중요한 성능평가 요소로 작용한다.



(그림 2) 지문인식시스템 구조

2. 평가항목

평가항목은 크게 공통항목과 개별항목으로 나누어서 도출한다.

3.1 공통평가항목

[표 2]의 공통평가항목에 대한 평가를 목적으로

로 한다.

3.2 개별항목

[표 3]의 인식기술별 개별평가항목 중 지문인식시스템에 대한 사용자, 환경, 장치적인 요소 평가를 목적으로 한다.

- 환경요소 : 온도, 습도, 압력
- 사용자요소 : 기만성(Liveness check)
- 장치적요소 : 대상센서는 광학식, 반도체식, 열감지식, CCD방식, 접촉방식

3. 평가형태

오프라인 테스트와 온라인 테스트를 병행하여 평가를 진행한다.

4. 평가데이터 수집방법

4.1 오프라인 데이터

지문 데이터베이스 구축을 위해 채집 대상자를 성별, 연령별, 직업별로 구분하여 각 구성원의 인원을 정의한 후 채집하였다[표4].

[표 4] 지문 데이터베이스

채집원인	· 성별 : 남(50%), 여(50%) · 직업별 : 사부, 병사, 군요, 학생, 무부, 기타 · 연령별 : 유아, 청소년, 성인, 노인
채집내용	· 1인당 150개 정도 · 6손가락 (가 오른쪽 손은 엄지, 중지,无名지, 손가락 5개) · 손가락 당 5번
채집장소	· 병서 5종(광학식(광), 반도체식(광), 열감지식(광))
	· 학교, 교회, 체육관 등

4.2 온라인 데이터

대상센서는 광학식, 반도체식, 열감지식, CCD 방식, 접촉방식등 각 1종으로 하며, [표5]와 [표6]은 온라인 테스트를 위한 압력과 온도에 따른 환경변화를 나타내주고 있으며, (그림3)은 사용자를 대신할 수 있는 인위적인 생체정보 생성과정을 보여주고 있다.

- 환경변화

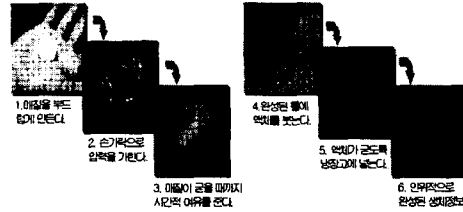
[표 5] 압력

압력	상태
저	손가락을 센서에 살짝 닿아 놓은 상태
중	보통의 지문 취사시 손가락을 워터센서에 있어 놓은 상태
고	지문 워터 센서에 강한 압력을 가하여 닿아 놓은 상태

[표 6] 온도

위험온도	상태
0℃이하	겨울 날씨를 나타내며 -5℃에서 센서의 반응을 본다.
0℃~10℃	초봄 또는 늦가을 날씨를 나타내며 4℃~6℃에서 센서의 반응을 본다.
10℃~20℃	봄 또는 가을 날씨를 나타내며 14℃~16℃에서 센서의 반응을 본다.
20℃~30℃	초여름 날씨를 나타내며 24℃~26℃에서 센서의 반응을 본다.
30℃이상	무더운 한여름 날씨를 나타내며 34℃~36℃에서 센서의 반응을 본다.

- 기만성

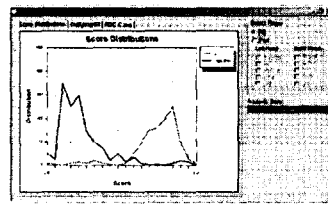


(그림 3) 인위적 생체정보 생성과정

5. 평가방법

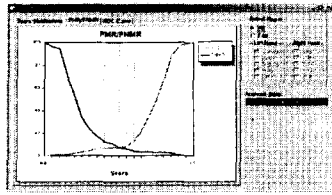
5.1 오프라인 테스트

- ① 평가하고자 하는 목적에 맞게 데이터베이스를 분류한다.
- ② 각 지문이미지에 대한 특징점 데이터를 생성한다.
- ③ 시스템에 등록된 정당한 사용자 자신이 정당한 요구를 하는 과정을 수행한다.
- ④ 시스템에 등록되지 않은 사용자가 등록된 다른 사용자에 대한 무성의한 요구를 하는 과정을 수행한다.
- ⑤ 위 ③, ④를 통해 (그림4)와 같은 matching score 분포를 구한다.



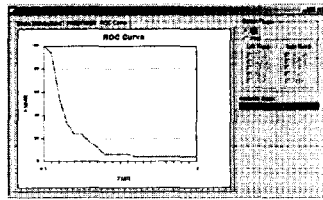
(그림 4) Score Distributions

- ⑥ Matching score를 통해 (그림5)와 같은 FMR, FNMR을 구한다.



(그림 5) FMR & FNMR

⑦ 측정된 FMR, FNMR를 통해 (그림6)과 같은 ROC curve를 구한다.



(그림 6) ROC curve

위 평가과정 중 단계 ②에서는 FTE가 계산되며, 단계 ③ ④에서는 Failure To Match가 계산된다. 또한, 단계 ②③④에 대한 각각의 Speed를 측정한다.

5.2 온라인 테스트

온라인 테스트를 위한 실험대상자는 충분한 연습을 한다. 또한 가능한 센서에 거부감이 없으며 많은 사용 경험이 있고, 장시간의 실험에 참여할 수 있는 20~40대의 실험대상자를 선정한다.

■ 환경변화

- ① 폐쇄된 환경하에서 센서가 보통 설치되는 높이인 1m 높이에서 측정하고자 하는 온도 변화를 준다.
- ② 온도 변화에 따른 신체 변화를 반영하기 위해 일정 적응시간을 갖도록 한다.
- ③ 측정하고자 하는 온도가 만족되면, 실험자의 취독 손가락에 대한 습도를 측정한다.
- ④ 습도기록 후 센서에 대한 압력을 저, 중, 고로 가하여 지문을 입력한다.
- ⑤ 손가락 당 3회씩 각 오른손/왼손 엄지, 검지, 중지대 대하여 ③, ④의 과정을 반복한다.

위 평가과정을 통해 알 수 있는 것은 센서원리에 따른 입력단에서의 온도, 습도, 압력 등의 환경변화에 대한 이미지 품질의 변화이다. 현재 이미지 품질 등급은 low, medium, high로 나누어 측정을 한다.

■ 기만성(Liveness check)

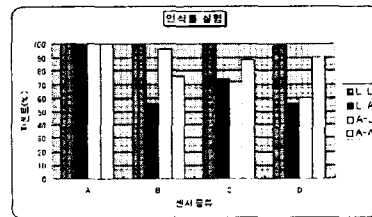
[표7]에서 보는 바와 같이 4개의 평가형태를 가지고 실험을 한다.

[표 7] 평가방법(기만성)

실험	등록	인식
Type 1	Live Finger	Live Finger
Type 2	Live Finger	Gummy Finger
Type 3	Gummy Finger	Live Finger
Type 4	Gummy Finger	Gummy Finger

- ① Type 1은 실제 지문 등록을 한 후 실제 등록자에 대한 실제 지문을 통해 인식여부를 테스트하는 방법이다.
- ② Type 2는 실제 지문 등록을 한 후 실제 등록자에 대한 위조된 지문을 통해 인식여부를 테스트하는 방법이다.
- ③ Type 3은 위조된 지문으로 등록 후 등록자에 대한 실제 지문을 통해 인식여부를 테스트하는 방법이다.
- ④ Type 4는 위조된 지문으로 등록 후 기 등록된 위조 지문을 통해 인식여부를 테스트하는 방법이다.
- ⑤ 위 ①~④과정을 100회 반복하여 실시한다.

위 평가과정을 통해 측정된 결과는 다음 (그림 7)과 같다.



(그림 7) 기만성 실험 결과

V. 결론

우리는 지금까지 지문인식시스템 성능평가 방법론을 살펴보았다. 국외의 경우 인식알고리즘에 대한 성능평가가 주를 이루고 있는 반면, 본 고에서는 인식알고리즘 뿐만 아니라 입력단에서의 성능평가를 시도하였다. 현재 KISA내 정보보호산업지원센터에서 구축중인 지문 데이터베이스를 운용/관리할 수 있는 성능평가용 지문DB관리도구와 지문인식시스템 입력단 및 인식알고리즘 성능 측정을 위한 자동화된 성능평가도구를 개발 중에 있으며, 향후 이를 국내의 지문인식제품 성능측정 모의시험에 적극 활용할 계획이다.

참고문헌

- [1]NBTC:
<http://www.engr.sjsu.edu/biometrics/>
- [2] BMO :
<http://www.c3i.osd.mil/biometrics/references.htm>
- [3] NIST : <http://www.nist.gov/>
- [4] CDTDPO :
www.dodcounterdrug.com/facialrecognition/Feret/
- [5] CESG/BWG :
<http://www.npwr.usgs.gov/bwg/>
- [6] NPL : <http://www.npl.co.uk/>
- [7] GISA :
<http://homepage.ntlworld.com/avanti/bsi1.pdf>
- [8] TeleTrusT Working Group 6 :
http://207.168.179.58/members_only/meetings/jun2001/downloads/BWG_Mktg&Fd_Biometrics.ppt
- [9] Sandia National Laboratory : James P.Holmes, Larry J. Wright, Russell L. Maxwell " A performance Evaluation of Biometric Identification Devices" SAND91-0276 · UC-906 1991
<http://www.sandia.gov/>
- [10] James.L. Wayman, "Evaluation of the INSPASS Hand Geometry Data" U.S. National Biometric Test Center
- [11] James L. Wayman "The Pilippine AFIS Benchmark Test Results" U.S. National Biometric Test Center(Originally published in "Biometrics In Human Services User Group Newsletter" #8, May 1998)
- [12] FVC2000 :
<http://bias.csr.unibo.it/fvc2000/perfeval.asp>
- [13] FVC2002 :
http://biometrics.cse.msu.edu/FVC2002_ICPR.pdf
- [14] FERET :
<http://www.dodcounterdrug.com/facialrecognition/Feret/feret.htm>
- [15] FRVT :
<http://www.frvt.org/default.htm>
- [16] Tony Mansfield, Gavin Kelly, David Chandler, Jan Kane "Biometric Product Testing Final Report" CESG contract X92A/4009309 NPL Draft 0.6 20 March 2001
- [17] BIOTEST :
<http://www.cordis.lu/esprit/src/21978.htm>
- [18] BIOIS :
http://www.igd.fhg.de/igd-a8/projects/biois/biois_de.html
- [19] BioKrit :
http://www.sit.fhg.de/smartcard-ws/WS_01/Beitrag_Munde.pdf
- [20] 김학일, 김재성 "국내·외 생체인식 성능평가 기술동향" 전자공학회지 2002.5 제 29권 제5호 78p~88p