

생체 인식 시스템 성능 평가를 위한 연구

인하대학교 문지현* · 김학일** · 류춘우 · 이응봉 · 전성욱

1. 서론

생체 인식 시스템이란 계측 가능한 개인의 신체 또는 습관적 행위 특성을 추출하여, 기 등록된 내용과의 동일 여부를 확인함으로써 개인 신분을 확인하는 장비 일체 또는 일련의 과정을 말하는 것으로, 생체 인식 기능을 이용한 자동화된 개인 인증 시스템은 기본적으로 다음과 같은 기능들을 가진다.

- 획득(Acquisition) : 사용자로부터 생체 정보를 획득하는 기능
- 추출(Extraction) : 획득된 생체 정보를 바탕으로 특징을 추출하는 기능
- 정합(Matching) : 데이터베이스에 저장된 특징과 입력 받은 생체 정보가 가지는 특징을 비교하는 기능
- 판정(Decision making) : 동일 여부를 판정하는 기능

이렇게 생체 인식을 이용한 보안 및 인증 시스템은 표 1에서 보이는 바와 같이 높은 보안성과 사용의 편리성을 장점으로 지금까지 활발한 연구가 계속되어 왔다. 90년대 후반에 이르러 이러한 생체 인식 기술에 대한 연구 성과가 하나 둘 가시화 되면서, 사회에서 생체 인식 기술에 대해 거는 기대치가 날로 증가하게 되었다. 생체 정보를 이용한 보안 제품의 종류가 늘어가고 있는 지금, 사용자의 입장에서 개발 업체의 광고에만 의존해 제품을 선택할 수 없다는 것은 당연하다 하겠다. 따라서, 공정한 기술적 평가를 시도하여 사용자에게 정확한 선택 기준을 제공하고 나아가 개발자로 하여금 제품의 신뢰도와 완성도를 높이게 하는데 도움을 줄 수

있는 가시화된 객관적 자료를 제시하기 위한 노력이 필요하다.

표 1 개인 인증 방법의 비교

	직접 인증	생체 정보 인식	문자 인식	장 관 인식	음성 인식	패 면 인식	장 문 인식	지 문 인식
키의 복제 가능성	1	4	2	2	1	6	3	6
사용의 불편함	5	5	4	4	2	1	4	6
수행 속도	4	4	4	1	3	2	4	5
기타 분실 가능성	1	1	1	5	6	6	6	6
키의 배수 가능성	5	5	5	1	5	5	5	6
오류 가능성	6	6	6	6	6	1	2	5
외압에 의한 기밀해 가능성	1	1	1	1	2	2	2	6
포기 시스템 설치 비용	5	4	4	1	2	1	3	3
개발 키 발급 비용	3	2	5	6	6	6	6	6
계	31	32	32	27	33	30	35	49

생체 인식 시스템은 그 계측 대상을 신체 일부에 나타나는 개인적 특성으로 하기 때문에, 자료 획득 시 발생하는 특징의 변화량에서 기기의 오류에 이르기까지 많은 오류 원인을 가지게 된다. 생체 정보를 디지털화하는 것에서부터 특징량을 추출하는 과정에까지 존재할 수 있는 오류 가능성은 다음의 네 가지로 요약해 생각해 볼 수 있으며, 이 네 가지가 서로 밀접한 관계를 가지며 시스템의 성능에 영향을 준다[1].

- Biometric Error : 생체 정보의 패턴 변화에 따라 나타날 수 있는 오류
- Presentation Error : 생체 정보를 표현하는 방식의 차이에서 생길 수 있는 오류
- Sensor Error : 생체 정보를 획득하는 장비의 특성에 기인한 오류
- Transmission Error : 입력 모듈에서 처리

* 학생회원

** 중신회원

프로세서로 생체 정보를 주고 받을 때 발생할 수 있는 오류

따라서, 단순히 일반적으로 받아들여지고 있는 본인 거부 오류(FNMR, False Non-Matching Rate), 타인 허용 오류(FMR, False Matching Rate)만으로는 생체 인식 시스템의 전반적인 성능을 표현하기에 부적합함을 알 수 있다. 이외에도 아래와 같이 계수화 하기 어려운 성질의 항목들도 있어, 이들에 대한 정확한 항목 정의, 원인 파악, 계수화를 통한 평가 기준이 있어야 생체 인식 시스템의 정확한 성능 평가가 가능할 것이다[2].

- 생체 정보 획득 시도 시의 실패율 : 입력기로부터 사용자의 생체 정보를 획득함에 있어 발생할 수 있는 실패 확률
- 사용 부적격자 분포율 : 앞에서 정의한 정보 획득 시의 실패율이 모든 사용자 또는 특정 사용자 집단에서 집중적으로 발생할 경우, 시스템을 사용할 수 없는 인원의 분포 비율
- 시간에 따른 생체 정보의 변화 : 생체 정보의 등록 및 비교 사이의 시간 차로 생길 수 있는 생체 정보의 변화량 또는 변화율
- 실험에 필요한 생체 정보 모집단의 크기 : 실제로 사용되는 시스템의 성능을 분석함에 있어, 실험에서 얻은 결과값을 충분히 신뢰할 수 있을 정도의 모집단의 크기

생체 인식 기술의 사회적 요구가 급속히 증대함에 따라 기술적 대비가 시급한 지금, 시스템의 상용화 초기 단계에서의 기술적 신뢰성 확보로 시장을 보호할 필요가 있으며, 신생 기업의 자체 개발 기술에 대한 객관적 평가뿐만 아니라, 국외 기술과의 경쟁력 확보를 위한 국내 독자 기술 개발 방향을 제시하게 위해서도 생체 인식 시스템 성능 평가에 대한 연구는 반드시 필요하다. 본 논문은 지금까지 있어왔던 국외의 성능 평가 노력을 분석하여 우리나라의 생체 인식 시스템 성능을 평가함에 있어 필요한 것이 무엇인지를 알아 본다. 또한 이미 연구된 바 있는 '지문 인식 성능 평가를 위한 플랫폼'에 대해 요약 설명하고, 이 연구의 의의와 기대 효과에 대해 기술한 후, 현재 진행 중이며 앞으로도 계속되어야 할 연구 방향을 제시한다.

2. 국외 연구 동향

생체 인식 기술 성능 평가에 관한 객관적 자료를

제시하기 위해 세계 여러 나라에서는 이미 다양한 방면으로의 성능 평가 시도가 이루어졌으며, 비록 초보적 단계의 평가라고는 하나 많은 결과들이 문서화되어 나오고 있는 실정이다. 다음에서 세계 각국의 생체 인식 시스템 성능 평가에 대한 연구 결과를 살펴 보기로 한다.

2.1 Sandia Report[3]

이 보고서는 미국의 Sandia 국립 연구소에서 1989년부터 계속해 온 생체 인식기 성능 평가 결과를 정리해 1991년 발표한 것이다. 100명에 가까운 지원자들을 시스템 사용자 집단으로 하여 실험하였으며, 지원자들의 편이를 위해 모든 실험이 연구실 내부에서 진행되었다. 평가에 사용된 생체 정보는 지문, 장문, 서명, 망막, 음성 등이며 총 여섯 회사 - Identix, Recognition Systems, Capital Security Systems, EyeIdentify, Alpha Microsystems, International Electronics - 의 시스템을 이용해 실험하였다. 알고리즘은 각 시스템을 만든 업체에서 제공한 것을 사용하였으며 공정한 결과를 위한 평가 항목으로 다음의 두 가지를 선택하였다.

- False-rejection error = Type I error = rejection of an enrollee
- False-acceptance error = Type II error = acceptance of an imposter

그림 1은 International Electronics의 Voice Verifier에 대해 위의 두 평가 항목을 그림으로 나타낸 것이고, 그림 2는 실험에 참가한 모든 인식 장비들의 인식에 걸린 시간을 비교한 것이다. 그림 1

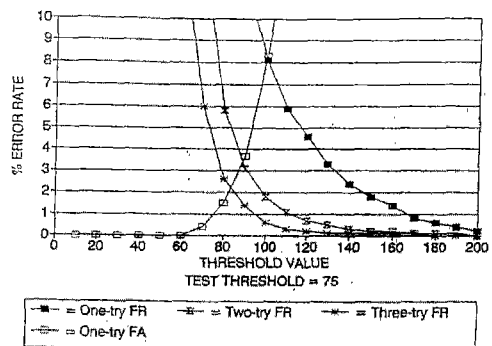


그림 1 결과 예 : Voice Verifier of International Electronics

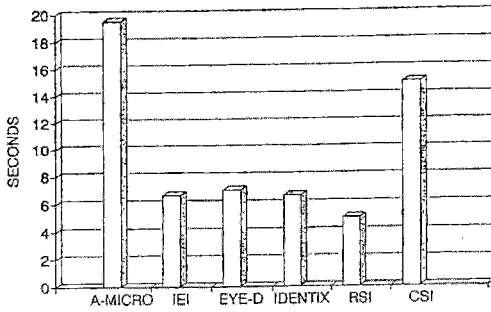


그림 2 Average Verification Time in Seconds

에서 보는 바와 같이 동일인에 대해 여러 번 시도한 결과로서의 본인 거부율(FNMR, False Non-Match Rate)은 감소된다. 즉, 생체 인식 알고리즘 자체의 본인 거부율은 고정되어 있으나, 복수 번의 시도를 허락함으로써 시스템의 본인 거부율을 감소시킬 수 있다.

2.2 BioS[4]

독일의 Fraunhofer 대학 IGD(Institut Graphische Datenverarbeitung)에서 1999년에 진행된 생체 인식 장비 성능 평가를 위한 연구 프로젝트로, 이 프로젝트를 위해 실험할 생체 인식 장비에 따른 테스트 절차를 정의한 표준을 제시했다. 이 표준에는 생체 인식 시스템의 평가에 필요한 최소 평가 항목이 포함되어 있으며, 시스템의 특성을 수식 또는 간결한 정의식으로 표현하였다. 테스트 방식을 그 목적에 따라 그림 3과 같이 나누어 실험했는데 각각의 내용은 다음과 같다.

- 일반적인 평가(General assessment) : 시스템의 동작 환경에 대한 전반적인 내용을 평가한다.

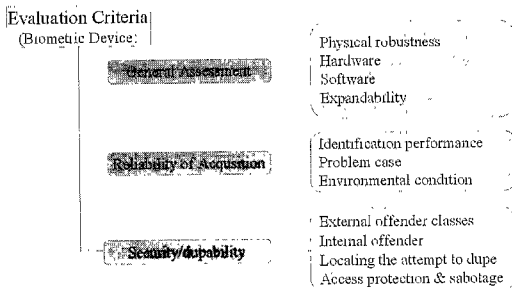


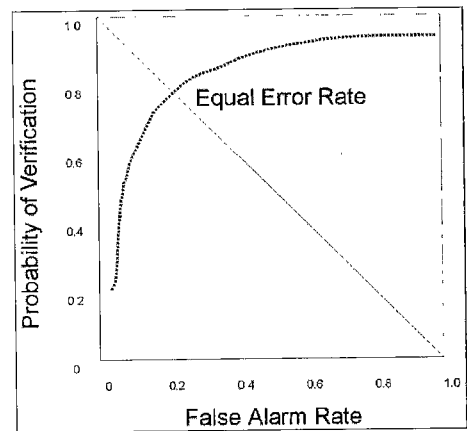
그림 3 Three main groups of test

- 획득의 신빙성에 대한 평가(Reliability of acquisition) : 인식이라는 측면에서 시스템이 어떻게 그리고 얼마나 잘 전체 조건과 요구 사항들을 만족시키는지 평가한다.

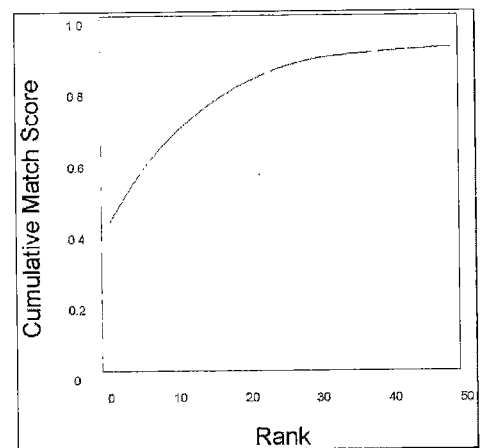
- 보안 측면에서의 평가(Security/Dupability) : 시스템의 내부의 보안 또는 외부 공격에 대한 안전성 등에 대한 일련의 항목들을 평가한다.

본 연구는 위의 세 가지 평가 방법들의 결과가 상호 보완적 관계에 있으며, 해당 시스템의 특성을 보여주는 믿을만한 자료가 된다고 지적하고 있다.

2.3 FRVT2000(Facial Recognition Vendor Test 2000)[5]



(가) ROC(Receiver Operating Characteristic)



(나) CMC(Cumulative Match Characteristic)

그림 4 FRVT2000의 평가 결과

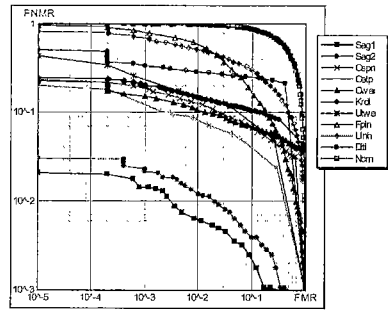
얼굴 인식 분야는 1999년 FERET(FacE RE-cognition Technology) 프로그램 이후 지속적인 성장을 해 왔으며 빠른 속도로 상용 시장에서의 영향력을 확산시켜 가고 있는 생체 인식의 한 분야로 자리잡고 있다. 이에 미국의 DoD CounterDrug Technology Development Program Office, the National Institute of Justice, the Defense Advanced Research Projects Agency는 2000년 5월과 6월에 걸쳐 상용화된 몇 가지 얼굴 인식 시스템을 평가하였다. FRVT의 주된 목적은 현 얼굴 인식 분야의 기술적인 장단점을 파악하고자 함이며, 여기서 사용된 평가 방식과 시도가 다른 생체 인식 기술의 성능 평가에 모범이 되고자 모든 과정에 세심한 주의를 기울였다. 평가 방식은 FERET 프로그램에서의 방식을 대부분 수용했으며, 그림 4와 같이 ROC, CMC 등의 차트를 이용하여 결과를 보여주었다.

2.4 FVC2000(Fingerprint Verification Competition 2000)[6]

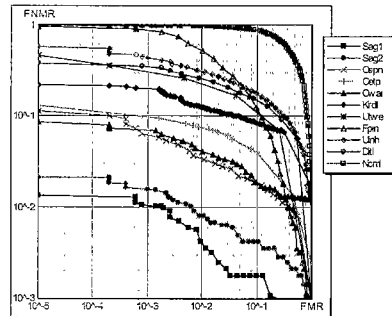
안정적이고 정확한 지문 인식은 패턴 인식 중에서도 가장 주목 받고 있는 연구 분야이다. FVC 2000은 이탈리아의 볼로냐 대학과 미국의 미시간 주립 대학이 주관하여 지문 인식 알고리즘의 성능 평가를 목적으로 마련된 국제적인 첫번째 벤치마크이며, 전 세계의 기업과 학계 총 11개 팀이 참가해 경합을 펼쳤다. 사용된 지문 데이터베이스는 각기 다른 세 가지 센서와 생성기로 수집한 880개의 이미지로 구성되어 있으며 참가한 팀은 자신의 개발 알고리즘을 미리 제시한 인수, 로그, 설정 양식에 맞게 프로그램하여 실행파일 형식으로 FVC에 전달했다. 그리고 FVC는 성능 평가 결과를 2000년 9월에 발표하였는데, 그 결과는 아래의 그림 5, 표 2와 같이 ROC 곡선과 평균적인 등록 거부율, 등록 시간, 정합 시간 등으로 표현하고 있다.

표 2 전체 데이터베이스에 대한 지문 인식 알고리즘의 성능 평가 결과

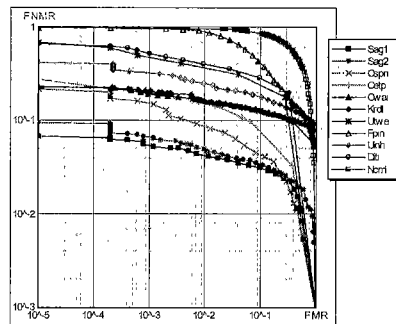
Algorithm	Avg EER	Avg EER _{all}	Avg REJ _{suca}	Avg REJ _{suca}	Avg Enroll Time	Avg Match Time
Stat1	1.73%	1.73%	0.00%	0.00%	3.18 sec	1.22 sec
Stat2	2.28%	2.28%	0.00%	0.00%	1.11 sec	1.11 sec
Cspn	5.19%	5.18%	0.14%	0.31%	0.20 sec	0.20 sec
Celp	6.32%	6.29%	0.00%	0.02%	0.95 sec	1.06 sec
Cwva	7.08%	4.66%	4.46%	3.14%	0.27 sec	0.35 sec
Krnl	10.94%	7.59%	6.86%	6.52%	1.08 sec	1.58 sec
Urve	15.24%	15.24%	0.00%	0.00%	10.42 sec	2.67 sec
Fpin	15.94%	15.94%	0.00%	0.00%	1.22 sec	1.27 sec
Unih	19.33%	17.31%	3.75%	5.23%	0.71 sec	0.76 sec
Diti	20.97%	20.97%	0.00%	0.00%	1.24 sec	1.32 sec
Ncmi	47.84%	47.88%	0.00%	0.09%	1.44 sec	1.71 sec



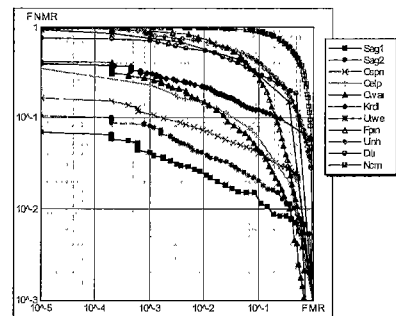
(가) ROC curves on DB1



(나) ROC curves on DB2



(다) ROC curves on DB3



(라) ROC curves on DB4

그림 5 각 데이터베이스에 대한 ROC Curve들

다른 나라의 사례와 연구 결과를 토대로 분석해 본 결과, 성능 평가는 평가 대상과 그 실험 목적에 따라 크게 다음의 두 가지로 분류해 볼 수 있었다.

◆ 생체 인식 장비의 성능 평가

하나 또는 두 개 이상의 생체 정보를 수집하는 여러 업체의 장비들을 대상으로 제한적으로 선별된 사용자 집단을 선정할 후 일정 기간 동안 기기를 사용케 하여 사용자 측면에서의 호감도 및 편의성을 평가하는 것이다. 인식을 위한 알고리즘은 장비를 대여하는 업체에서 함께 제공되는, 즉 각각의 인식 모듈에 최적화되어 있는 것을 사용하도록 하고 있으며, 알고리즘 측면에서의 인식을 같은 기술적인 항목보다 사용 미숙에서 발생하는 생체 정보의 등록 실패율과 같은 실용적인 항목의 평가에 초점을 두고 있다. 대표적인 예로 독일에서 있는 BioIS[4] project를 들 수 있다.

◆ 생체 인식 알고리즘의 성능 평가

이것은 생체 인식 알고리즘을 개발하는 입장에서 보다 중요하게 여겨지는 평가로, 동일한 생체 정보 데이터베이스를 사용하여 두 가지 이상의 인식 알고리즘을 동일한 조건, 같은 평가 항목을 가지고 실험하는 것을 말한다¹⁾. 대상이 되는 생체 정보는 평가의 공정성을 위해 한 개 이상의 범용 장비를 사용해 수집되며 이 작업은 거의 대부분 off-line에서 이루어진다. 평가의 결과가 개발 제품의 판매 이미지에 미치는 영향을 우려해 대부분의 업체는 자체적으로 수집한, 또는 나름대로 입수한 데이터베이스를 구축해 실험하고 있으나, 이 경우 누구나 수용할 수 있을 만한 신뢰도를 보여주기가 매우 어렵다. 얼굴, 지문 등의 생체 정보에 대해서는 국제적인 대회를 통해 평가에 공정성을 더하려는 노력이 최근 몇 년 간 눈에 띄게 활발해지고 있다. 그 대표적인 예가 FERET[5], FVRT[5], FVC[6] 등이다.

3. 지문 인식 시스템 성능 평가를 위한 플랫폼 구현

본 연구에서는, 생체 정보 중 실생활에서 가장 많이 응용되고 있는 지문 정보를 선택하여 실험 평가를 위한 성능 평가 플랫폼을 설계, 구현하고 있다 [7]. 평가의 목적은 지문 인식 알고리즘의 성능 평가에 있으며, 플랫폼을 통한 평가를 위해 두 가지 종류의 지문 데이터베이스와 두 가지 종류의 지문 인식 알고리즘을 사용하였다. 다음에서 지문 이미지 데이터베이스 구축, 사용 알고리즘, 그리고 자체적으로 설계, 구현한 평가 플랫폼에 관해 자세하게 살펴 본다. 그리고 결론을 맺기 전에 평가 플랫폼을 이용한 실험 평가 결과를 잠시 살펴 보기로 한다.

3.1 지문 이미지 데이터베이스

어떤 생체 인식 시스템을 평가하든 실험에 있어 맨 먼저 행해져야 할 작업은 생체 정보를 수집하는 것이다. 이것은 반드시 있어야 될 과정이며 실험될 알고리즘의 성능에 미치는 영향을 무시할 수 없으므로 간과해서는 안될 과정이다. 이 과정에서 발생하는 오류 가능성의 대부분은 수학적으로 표현하기 어렵고 정확한 측정이 불가능한 것이다. 따라서 지금까지 알려진 다른 여러 나라의 생체 정보 획득 노력을 보면, 시스템 환경, 사용자 집단, 정보 수집 기간 등에 있어 상당히 제한적인 조건을 두고 정보 수집을 행해왔음을 알 수 있다. 정확하고 공정한 실험을 위해 조건적 실험 환경을 구성하는 것은 지금의 인식 기술을 생각할 때 불가피한 일임을 인정하지 않을 수 없다.

본 연구에서는 지문 인식 알고리즘의 성능 평가를 함에 있어 필요한 지문 이미지 데이터베이스를 다음의 두 가지로 구성하였다.

- TEST_DB_1 : FVC2000에서 제공한 Test Set B의 DB1, DB2, DB3, DB4[6]

- TEST_DB_2 : 국내 특정 회사의 지문 이미지 센서를 이용하여 자체 수집한 지문 이미지

TEST_DB_1은 각 지문 영상이 표 3과 같은 특성을 가지며 그림 6이 그 각각의 예를 보여주고 있다. 또한, TEST_DB_2를 구성함에 있어 선택된 사용자 집단은 본 연구실 소속의 연구원 11명으로 구성되었으며, 열 개의 손가락에 대해 각각 네 장의 지문 이미지를 두 시간 간격으로 수집했다. 수집에 사용된 프로그램은 그림 7과 같이 구성되었으며, 수집된 지문 이미지는 248(W)x298(H) 크기, 450dpi의 해상도를 나타내었다. 그림 8에서 TEST_

1) 영국의 Biometric Working Group에서 내놓은 보고서[8]에 따르면, 이 방법은 평가의 세 가지 방식 중 '기술 평가(technology evaluation)' 해당된다.

DB_2의 몇 가지 예를 보여주고 있다.

표 3 TEST_DB_1을 구성하는 지문 영상 특성

	Sensor Type	Image Size	Resolution
DB1	Low-cost Optical Sensor	300x300	500dpi
DB2	Low-cost Capacitive Sensor	256x364	500dpi
DB3	Optical Sensor	448x478	500dpi
DB4	Synthetic Generator	240x320	About 500dpi

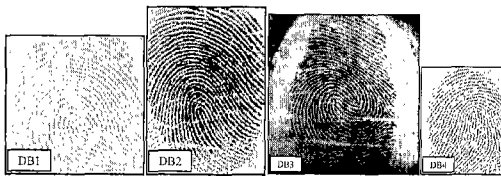


그림 6 TEST_DB_1을 구성하는 Set B의 각 데이터베이스가 가진 지문 이미지의 예 [6]

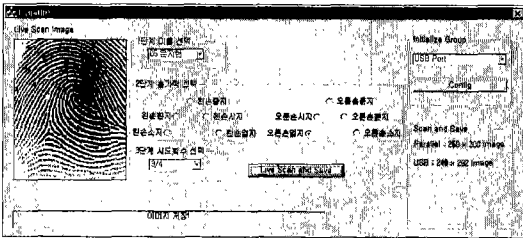


그림 7 TEST_DB_2의 지문 이미지를 수집하기 위한 사용자 인터페이스



그림 8 TEST_DB_2를 구성하는 지문 이미지의 예

3.2 지문 인식 알고리즘[9,10,11]

특징점 정보를 이용해 정합하는 방식을 사용하는 지문 인식 시스템인 경우, 전체 프로세스 흐름은 다음 그림 9와 같이 간략히 나타낼 수 있다.

지문 인식 알고리즘은 크게 특징 추출 알고리즘과 지문 정합 알고리즘으로 나누어 생각할 수 있다. 특징점을 기반으로 한 정합 방식에 있어 추출 과정은 정합의 성능에 큰 영향을 주기 때문에 대부분의 경우 확실한 특징점의 추출을 위해 여러 처리 단계를 두어 추출의 정확도를 높인다.

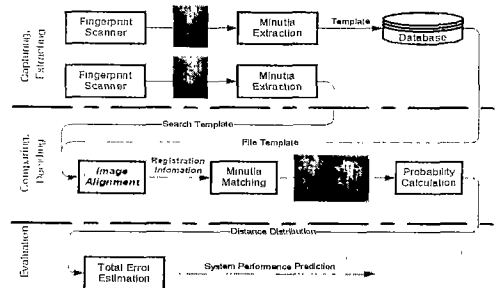
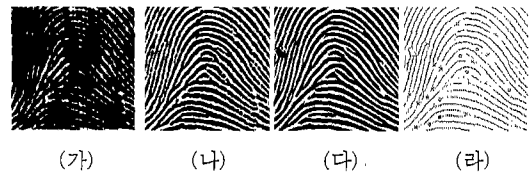


그림 9 지문 인식 시스템의 특징 추출 및 지문 정합 과정에 대한 작업 흐름도

추출 과정은 다시 전처리, 추출, 후처리의 세 단계로 나눌 수 있는데, 전처리는 입력부에서 받은 지문 이미지를 알고리즘이 다루기 쉬운 형태로 변환시키는 작업을 한다. 전처리를 거쳐 나온 지문 이미지는 대부분 세션화된 이진 영상이며 여기에서 특징이 되는 끝점(ending)과 분기점(bifurcation)을 찾는 추출이 이루어진다. 이렇게 찾은 특징점 모두가 정합에 이용되는 것은 아니다. 찾은 특징점 중에는 상처, 주름, 획득된 지문 영상 품질 등에 의



(가) 원 이미지 (나) 이진화된 이미지
(다) 평활화된 이미지 (라) 세션화 후 특징점 추출

그림 10 전처리의 대표적인 절차와 특징 추출

해 잘못 추출된 특징점들이 다수 존재하게 된다. 따라서 추출의 마지막 단계인 후처리 부분에서 이들 의사특징점들을 제거하는 작업이 반드시 필요하다.

이렇게 만들어진 특징점 데이터 파일을 이용하여 지문 정합을 한다. 정합의 결과는 시스템에 따라 조금씩 달라질 수 있으나 TRUE/FALSE 또는 정합 점수(SCORE)로 나타내어 지는 것이 보통이며, 대부분의 경우 점수를 비교하는 방법으로 결과 또는 후보 순위²⁾를 보인다.

3.3 지문 인식 알고리즘 성능 평가를 위한 플랫폼

본 연구에서 개발한 지문 인식 알고리즘 성능 평가를 위한 플랫폼은 다음과 같은 기능들을 갖추도록 설계되었다.

- 다양한 형식의 지문 이미지 및 특징점 파일의 입출력 기능
- 변경, 적용되는 지문 인식 알고리즘의 성능을 비교, 평가하는 기능
- 인식 결과 및 실험 정보를 저장, 관리하는 기능
- 실험 결과를 통계적으로 분석하는 기능

위의 요구 기능에 대해 구현된 플랫폼이 가지는 사용자 인터페이스는 그림 11과 같이 구성되었다.

플랫폼은 33개의 데이터베이스 테이블과 밀접하게 연동되며 이를 개략적으로 나타내면 다음 그림 12와 같다. 본 플랫폼을 이루는 데이터베이스는 그 기능 성격에 따라 관리용 데이터베이스와 저장용 데이터베이스의 두 가지로 분류된다. 관리용 데이터베이스는 다시 두 가지로 구분되는데, 하나는 실험 정보 데이터베이스로 추출 또는 정합에 있어서 선택된 실험 작업에 대한 정보와 작업 계획에 관한 정보를 관리하며, 다른 하나는 알고리즘 데이터베이스로 추출 및 정합 실험에 사용될 각종 알고리즘과 그에 따른 정보를 관리한다. 저장용 데이터베이스 역시 두 가지로 나뉘는데, 하나는 생체 정보 데이터베이스로 지문 이미지 등의 생체 정보와 해당

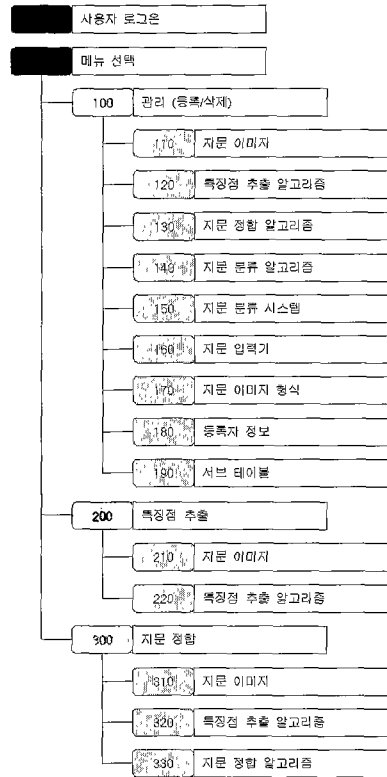


그림 11 지문 인식 시스템 성능 평가 플랫폼의 기능 분해도

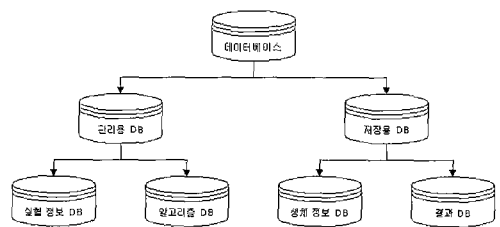


그림 12 기능 성격에 따른 데이터베이스 분류

생체 정보를 위한 입력 기기, 입력 등록자 등의 부수적인 정보가 여러 가지 형태로 저장되며, 다른 하나는 결과 데이터베이스로 추출 또는 정합 과정 후 에 생기는 결과물 들과 실험 후 각 과정에서 생기는 결과에 관한 정보들이 저장된다.

구현된 전체 플랫폼은 크게 지문 이미지 등록, 특징 추출, 지문 정합의 세 과정으로 요약해 정리할 수 있다.

2) AFIS와 같이 시스템이 Identification을 목적으로 하는 경우에는 입력으로 들어온 지문 이미지에 대해 정합 점수가 높은 순으로 50~100개 정도의 후보 순위를 결과로 보여주기도 한다.

◆ 지문 이미지 등록

입력기를 이용하여 얻은 지문은 이미지 파일의 형태로 데이터베이스 내에 저장되며 수동으로 입력 받은 정보들과 함께 데이터베이스에 저장된다. 지문 이미지와 데이터베이스 간의 관계는 그림 13과 같이 설명할 수 있으며, 이미지를 데이터베이스에 저장하기 위해 그림 14와 같은 인터페이스를 사용하였다. 각 이미지를 해당 입력기의 정보와 함께 보관하여 추후 이기종 입력기로부터 얻어진 이미지들 사이의 정합도 시도할 수 있도록 구현되었다.

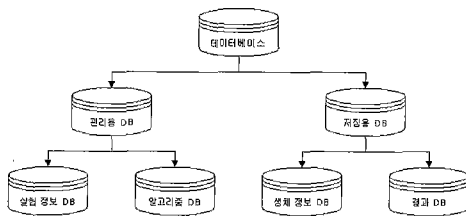


그림 13 지문 이미지 등록 과정

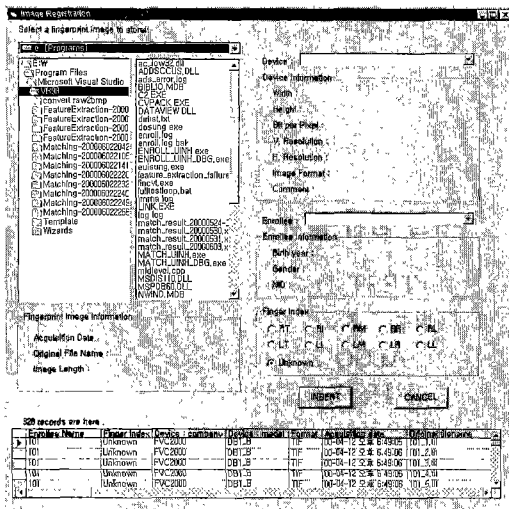


그림 14 지문 이미지를 데이터베이스에 등록하는 과정

◆ 특징 추출

실험 조건에 맞는 이미지를 찾기 위해 지문 입력기 정보와 이미지 형식에 대한 정보를 이용한다. 선택한 추출 프로세스를 모두 마치고 나면 그 결과로 특징점 파일들과 추출 알고리즘 적용 결과를 얻

을 수 있다. 이들은 그림 15에서와 같이, 각각 프로세스 결과 데이터베이스와 실험 결과 데이터베이스에 저장되는데 추출 실험의 성공, 실패 여부에 따라 각기 다른 테이블에 저장된다. 성공의 결과와 실패 결과를 따로 분리해 저장하는 것은 나중에 있을 결과 분석 시 효율적으로 자료에 접근하기 위함이다. 특징 추출을 위하여 그림 16과 같은 사용자 인터페이스를 사용하였다.

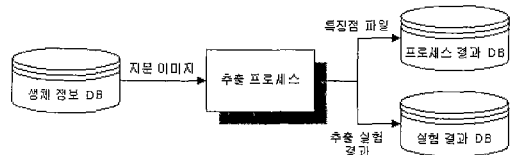


그림 15 특징 추출 과정

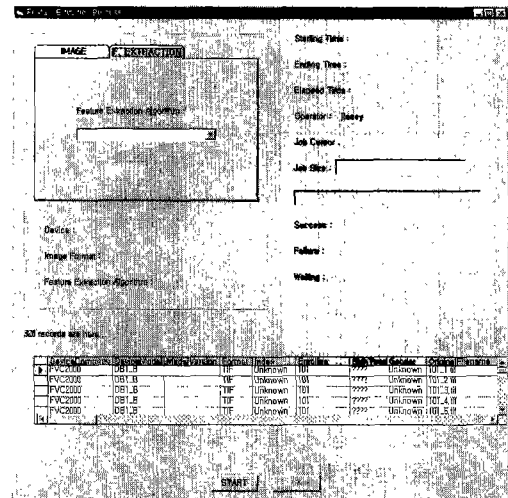


그림 16 추출 대상 이미지 및 추출 알고리즘 선택 화면

◆ 지문 정합

추출 과정에서 한 번 저장된 특징점 파일은 그림 17과 같이 다른 이미지의 특징점과의 비교 시 데이터베이스에서 불러져 사용된다. 이와 같은 off-line 평가의 특성은 동일한 실험 결과를 재현할 수 있다는 점에서 중요하며, 고려되어야 할 필수 기능이다. 추출 시와 동일하게 정합 실험의 성공, 실패에 따라 각기 다른 테이블을 이용하여 그 결과를 저장한다.

정합 과정을 위해 필요한 지문 이미지, 알고리즘 등에 관한 정보는 그림 18에서와 같은 사용자 인터페이스를 통해 수집된다. 특징 추출 과정과 마찬가지로 지문 정합 과정에서도 처리 시간을 기록하여 알고리즘 각 과정의 처리 시간을 분석할 수 있도록 하였다.

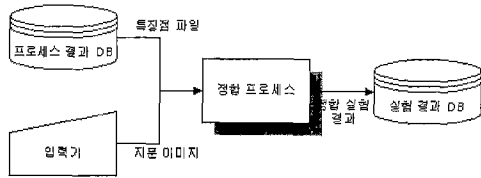


그림 17 지문 정합 과정

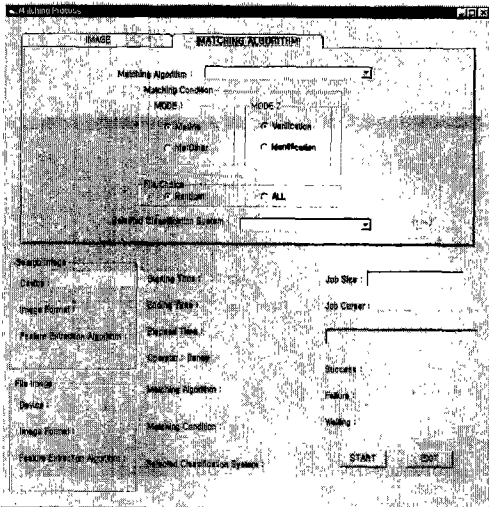


그림 18 정합 대상 이미지 및 적용 정합 알고리즘 선택 화면

3.4 성능 평가 항목

현재 국내외에서 사용되고 있는 성능 평가 항목에는 여러 가지가 있으나, 평가를 함에 있어 최소한으로 필요하다고 생각되고 다른 평가 항목들의 도출에 기본이 되며, 따라서 본 연구에서 구현한 평가 플랫폼에 선택적으로 사용된 몇 가지를 정리해 보면 다음과 같다.

- 타인 수락률(FMR, False Match Rate) : 타인의 시도(NI, Number of Imposter Recognition Attempts)에 대해 임계값(t) 이상으로 나타나는 정합 점수(sim, Imposter Matching Score)를 가

진 타인의 비율

$$FMR(t) = \frac{card\{s_{im} | s_{im} \geq t\}}{NI}$$

- 본인 거부율(FNMR, False Non-Match Rate) : 본인의 시도(NG, Number of Genuine Recognition Attempts)에 대한 어떤 임계값(t) 이하를 보이는 정합 점수(sgm, Genuine Matching Score)를 가진 본인과 본인의 등록 거부 및 비교 거부 회수의 합(REJ_{NG})의 비율

$$FNMR(t) = \frac{card\{s_{gm} | s_{gm} < t\} + REJ_{NG}}{NG}$$

- ROC Curve(Receiver Operating Characteristic Curve) : FNMR을 FMR에 대한 함수로 그린 것
- EER(Equal Error Rate) : FMR과 FNMR의 누적 합이 동일할 때의 Error Rate
- ZeroFMR, ZeroFNMR : 타인 오수락률이 0인 경우의 본인 거부율과 본인 거부율이 0인 경우의 타인 오수락률

$$ZeroFMR(t) = \min_t \{FNMR(t) | FMR(t) = 0\}$$

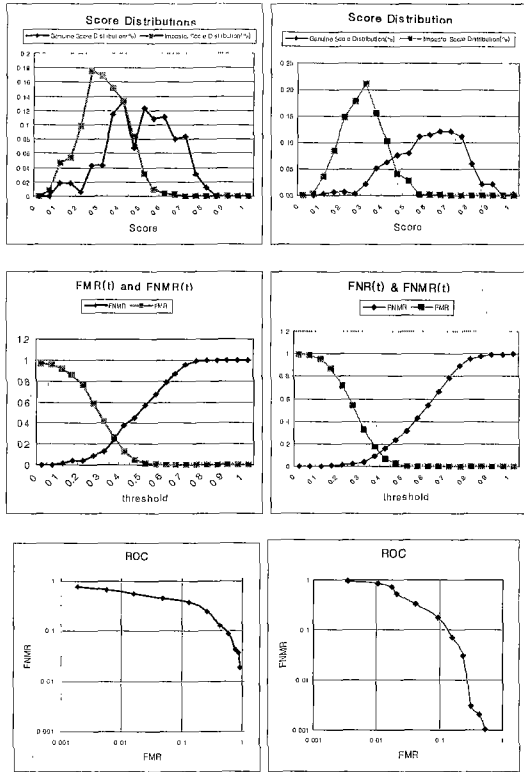
$$ZeroFNMR(t) = \min_t \{FMR(t) | FNMR(t) = 0\}$$

- 정합 거부율

$$REJ_{MATCH} = \frac{NI \cdot REJ_{NI} + NG \cdot REJ_{NG}}{NI + NG}$$

3.5 실험 평가 결과

실험은 TEST_DB_1과 TEST_DB_2에 대해 자체 개발한 지문 인식 알고리즘 두 가지(ALGO_1, ALGO_2)[9,10,11]를 적용하여 진행되었다. 본 실험을 통해 얻어진 ALGO_1을 적용한 결과를 바탕으로 그 개선해야 될 사항들을 분석했으며, 그 첫 개선책으로 우선 추출 과정의 전처리 단계를 개선하여 ALGO_2를 재구현 하였다. 이러한 작업을 통해 전체 알고리즘 개선에 드는 시간적 비용을 플랫폼 사용 전의 그것에 비해 월등히 줄일 수 있었으며, 그림 19와 같은 성능 향상도 얻을 수 있었다. 그림 19는 TEST_DB_2에 ALGO_1과 ALGO_2를 적용한 결과를 보여주고 있는데, 전처리의 개선 만으로도 Score Distribution Curve의 Separability가 향상되었고, FMR/FNMR에서도 볼 수 있듯 같은 임계값에서의 에러율이 감소되었음을 알 수 있다. 이와 같이, 본 성능 평가 플랫폼



(가) ALGO_1 적용 결과 (나) ALGO_2 적용 결과
 그림 19 TEST_DB_2로 실험한 결과 비교

품은 성능 평가를 위한 자료를 수집하는 작업뿐만 아니라 결과를 통해 전체 알고리즘의 개발 시간과 노력을 줄여 줘 급속도로 변하는 시장에서의 요구에 맞는 시스템의 개발에 도움을 준다.

4. 결론

기술이 발전하고 시장이 성장함에 따라 지문 인식뿐만 아니라 얼굴, 홍채, 장문, 음성 등 다양한 생체 특징을 이용한 인식 기법의 개발이 활발해 질 것이다. 이 때 사용자는 다양한 분야의 서비스를 받기 위해 역시 많은 업체와 시스템이 원하는 생체 정보를 제공하게 될 것이며, 지문 인식 기술의 성능 평가와 마찬가지로 다른 생체 정보에 대한 믿을 만한 평가 결과를 원하게 될 것이다. 이러한 필요성에 입각하여 본 연구에서는 이미 지문뿐만이 아닌 다른 여러 생체 인식 기술을 평가할 수 있는 ‘생체 인식 기술 성능 평가를 위한 플랫폼’을 개발하고 있

다.

본 연구에서 향후 연구를 목표로 생각하고 있는 또 다른 과제는 ‘생체 인식 기기 성능 평가를 위한 플랫폼’의 설계 및 구현이다. 이것은 입력기 자체의 기계적 성능 평가 항목에 대한 연구뿐만 아니라 평가 방법에 대한 표준에 관한 연구를 포함한다. 앞서서도 잠시 설명되었듯이 진정한 의미의 성능 평가라면 인식 기기와 알고리즘 모두의 성능을 평가할 수 있어야 하며, 이를 위해 필요한 하드웨어적 요소와 소프트웨어적 요소를 충분히 갖추어야 할 것이다. 본 연구에서는 기 수행된 인식 시스템의 기술적 성능 평가 시도를 바탕으로 한 걸음 더 나아가 기기 자체의 성능 평가도 수행할 수 있는 테스트베드의 구축을 위해 연구를 계속해왔다. 이것도 역시 시작은 지문 입력 기기를 사용해 진행될 것이며, 이를 위해 현재 가장 많이 쓰이고 있는 몇 개의 지문 입력 센서를 확보, 일차적으로 개별 기기에 대한 성능 분석을 수행한 바 있다.

위의 두 가지가 구체화되면 다음 단계로 다중 생체 인식 시스템에 대한 성능 평가 플랫폼이 설계, 구현될 수 있다. 다중 생체 인식 시스템이란 두 가지 이상의 생체 정보를 사용하여 인식률을 높이는 것을 말하며, 이는 단일 생체 정보가 가지는 특성상의 취약점을 보완하기 위한 것이다. 높은 수준의 보안을 요하는 곳이나 정확한 인식이 필요한 시스템의 경우 앞으로의 제품은 지문과 얼굴, 홍채와 음성, 또는 장문과 지문 등과 같이 두 가지 생체 정보를 결합한 형태로 나타날 것이다. 따라서 이와 같은 시스템에 대하여도 마찬가지로 공정한 성능 평가를 위한 방식의 표준과 평가 항목의 정의가 이루어져야 한다.

앞에서도 살펴 본 바와 같이, 생체 인식 장비의 평가라는 것은 제품을 모으고, 실험 환경을 구성하고, 실험에 필요한 물적, 인적 자원을 동원해 내는 등의 모든 작업에 있어 그 규모가 어마어마하다. 또한, 제품과 알고리즘을 개발하는 데 있어 가장 중요한 것이 바로 공신력 있는 평가 결과와, 아울러 이를 거리낌없이 받아들일 수 있는 분위기의 조성에 있다고 볼 때, 이를 특정 기업체나 학교 연구실 내지는 사용자 단체에서 담당하기란 매우 어려울 것이다. 생체 인식 시스템을 개발 또는 판매하는 업체에서 장비를 제공하고 학계에서 연구된 실험

평가 항목과 평가 방식을 바탕으로 정부의 공신력 있는 기관에서 평가가 수행되는 이와 같은 일련의 과정이야말로 생체 인식 시스템의 성능 평가에 있어 요구되는 신뢰도를 높이는 데 큰 공헌을 할 것이며 우리 나라의 생체 인식 기술을 세계적인 수준에 올릴 수 있는 견고한 기반이 될 것이다.

참고문헌

- [1] A. Jain, R. Bolle, S. Pankanti, Biometrics - Personal Identification in Networked Society, Kluwer, Massachusetts, 1999.
- [2] The Biometric Consortium, <http://www.biometrics.org/>
- [3] Sandia National Laboratories, <http://www.sandia.gov/>
- [4] BioIS project, http://www.igd.fhg.de/igd-a8/projects/biois/biois_de.html
- [5] FRVT2000, <http://www.dodcounterdrug.com/facial-recognition/>
- [6] Fingerprint Verification Competition 2000, <http://bias.csr.unibo.it/fvc2000/>
- [7] 문지현, 안도성, 김학일, "지문 인식 시스템 성능 평가를 위한 플랫폼 구현", 2001년 정보과학회 춘계 학술대회 논문집 제 28권 1호(B), p.601-603, 2001.04.
- [8] UK Government's Biometrics Working Group, "Best Practice in Testing and Reporting Performance of Biometric Devices", January 2000
- [9] 김 현, 김 학일, "RSTI 불변 지문 인식 알고리즘," 전자공학회 논문지, 제35권, S편, 제6호, pp. 838-850, 1998. 6.
- [10] 안 도성, 김 학일, "클릭 구조를 이용한 지문 인식 알고리즘," 전자공학회 논문지, 제36권, S편, 제5호, pp. 69-80, 1999, 2.
- [11] 양 지성, 김 학일, "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능 분석," 전자공학회 논문지, 제37권, S편, 제5호, 2000.



문 지 현

1999. 2 인하대학교 항공우주/자동화공학군 자동화공학 전공 졸업(학사)
 1999. 3~현재 인하대학교 자동화공학과 대학원 석박사 통합과정
 관심분야: 생체인식, 영상처리, 정보보호
 E-mail: jieney@imocent.com



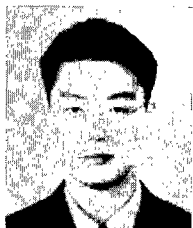
김 학 일

1983 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업
 1985 (미) Purdue Univ. 전기/컴퓨터공학과 석사 학위 취득
 1990 (미) Purdue Univ. 전기/컴퓨터공학과 박사 학위 취득
 1990~현재 인하대학교 정보통신공학부 부교수
 현 통신정보보호학회 생체인증기술연구회 회장
 관심분야: 생체인식, 영상처리, 로봇비전
 E-mail: hikim@inha.ac.kr



류 춘 우

1996 인하대학교 자동화공학과(학사)
 1998 인하대학교 자동화공학과(석사)
 1998~현재 인하대학교 자동화공학과 박사과정
 관심분야: 지문인식, 생체인식, 패턴인식, 정보보호
 E-mail: cwryu@email.com



이 응 봉

2001 자동화공학과 졸
 2001 인하대 정보통신 전문대학원 입학
 관심분야: 생체인식(지문인식)
 E-mail: atropiny@dreamwiz.com



전 성 옥

2001 인하대 자동화공학과 졸
 2001 인하대 정보통신전문대학원 입학
 관심분야: 생체인식, 신호처리, 영상처리
 E-mail: mistral@dreamwiz.com