

# 생체인식시스템의 환경적응력 평가를 위한 방법론

홍진혁, 윤은경, 박찬호, 조성배

연세대학교 컴퓨터과학과

{hjinh,ekfree,cpark}@candy.yonsei.ac.kr, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

## Methodology for evaluating environmental robustness of Biometrics systems

Jin-Hyuk Hong, Eun-Kyung Yun, Chan-Ho Park, Sung-Bae Cho  
Dept of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

최근 생체인식시스템의 개발에 대한 관심이 높아짐에 따라서 성능을 측정할 수 있는 적절한 평가의 필요성이 증대되고 있다. 하지만 실제 생체인식시스템의 성능평가는 매우 단순한 항목들로 구성되어 있어서 실질적으로 도움이 되지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 실제 생체인식시스템의 성능을 평가하기 위해, 환경적 요소와 사용자집단의 유형을 분석함으로써 시스템의 환경적응력을 평가할 수 있는 모형을 제안하고자 한다. 결과로 환경적 영향에 대한 정량적 측정의 가능성을 볼 수 있었다.

### 1. 서론

최근 생체인식에 관한 관심이 커지면서 생체인식 기술이 활발히 연구되고 있다. 다양한 인식기술의 연구와 제품개발이 이루어지고 있지만, 그 기술과 제품에 대한 성능평가 연구는 부족한 현실이다[1,2]. 생체인식시스템에 대한 성능평가는 사용자에게 제품선택의 가이드라인을 제공하며 개발자에게는 시스템의 취약점 등을 알려줌으로써 보다 나은 제품의 개발을 유도할 수 있다[3,4]. 국외의 경우 생체인식시스템 연구와 함께 성능평가가 진행되어 생체인식시스템 개발의 효율성을 높여주고 있지만, 국내의 경우 생체인식시스템의 개발과 평가가 기업체내에 주로 국한되어 있고 성능평가가 체계적이고 정량적이지 않다. 최근 한국정보보호진흥원과 한국생체인식협회의회를 중심으로 생체인식 기술 및 평가 연구가 수행되고 있지만 아직 미비한 실정이다. 표 1은 성능평가 방법에 대한 개발자와 사용자의 목적을 보여준다[5].

표 1. 성능평가에 대한 개발자와 사용자의 요구사항

개발자		사용자	
요구사항	초점	요구사항	초점
<ul style="list-style-type: none"> <li>장비의 개선</li> <li>마케팅</li> <li>시스템특성과야</li> <li>적용분야결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반 사용자</li> <li>일반 응용환경</li> <li>부분적인 모듈</li> <li>최상의 성능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비선택</li> <li>관리,조율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 사용자</li> <li>특정 응용환경</li> <li>전반적 시스템</li> <li>최악의 성능</li> </ul>

본 논문에서는 국내의 생체인식시스템 평가의 현황을 살펴보고 다양한 환경에 대한 시스템의 적응력을 검증하기 위한 평가방법을 제시함으로써 생체인식시스템 개발이 효율적으로 진행되는데 일조하고자 한다.

### 2. 생체인식시스템 개요

생체인식(Biometrics)이란 “개인의 신체적, 행동적 특징을 이용하여 개인을 자동으로 인식하거나 인증하는 기술”을 말한다. 보통 생체인식에 사용되는 신체적 특징으로는 지문, 얼굴, 홍채, 망막, 정맥, 손등이 있으며, 행동적 특징은 서명, 음성, 걸음걸이 등이 있다[1,2,6].

기존의 인증방법은 보통 토큰이나 개인의 지식에 기반하고 있는데, 표 2를 보면 알 수 있듯이 기존의 인증방법에는 한계가 있다. 하지만 생체인식은 개인의 고유한 특징을 이용하기 때문에 위조나 도난 등의 위험이 적으며 분실하거나 잊어버리는 일도 발생하지 않는다. 특히 생체정보의 고유한 특성으로 인해 보안성이 매우 높으며 휴대나 기억해야 할 필요가 없으므로 사용자 편리성도 뛰어나다[1,2,3].

표 2. 인증방법에 따른 특성

	토큰기반	지식기반	토큰+지식	생체인식
특징	• 개인화된 토큰 이용	• 개인만의 암호 이용	• 토큰과 암호 동시사용	• 생체정보이용
장점	• 인증단계 간단	• 복수개 암호 설정 가능	• 개선된 보안성	• 보안성 편리
단점	• 분실,도난,위조	• 도청,무작위시도,휴대불편	• 불편	• 단일교체불가능
예	• ID카드, passport	• password, PIN	• 결합된 형식	• 지문,얼굴,홍채 등

3. 성능평가현황

3. 1 국외 연구동향

독일의 Fraunhofer 대학 IGD에서 1999년에 진행된 생체인식장비 성능평가 연구인 BioIS는 실험할 생체인식장비에 따른 테스트 절차를 정의한 표준을 제시했다. 테스트는 그 목적에 따라 일반적인 평가(General assessment), 획득의 신빙성에 대한 평가(Reliability of acquisition), 보안 측면에서의 평가(Security/Dupability) 등으로 나누어 이루어졌다. 평가 항목은 표 3과 같다[7].

표 3. BioIS의 평가 항목

운영시간	각 장비를 운영하는 데 필요한 시간 (setup/acquisition/recognition time)
시도 회수	각 시스템에 대해 사용자가 최대 5번까지 시도할 수 있는데 회수마다 결과를 그래프로 나타내었음
FER(Failed Enrollment Rate)	등록 실패율
FAR(False Acceptance Rate) & FRR(False Rejection Rate)	오승인율 & 오거부율
Rate of Failed Attempts	시도 회수마다의 FRR

FRVT2000(Facial Recognition Vendor Test 2000)은 미국에서 시행된 프로그램으로, 상용화된 얼굴인식 시스템들을 평가하였다. 목적은 얼굴인식 기술의 동향을 파악하고 1999년 FERET 프로그램 이후의 기술발전 정도를 확인하고자 함이었다. 평가 방식은 FERET프로그램에서의 방식을 대부분 수용했으며, ROC, CMC 등의 차트를 이용하여 결과를 보여주었다. 전체 테스트는 기술평가와 시나리오평가로 나뉘어 수행했는데 다른 프로젝트들에 비해 다양한 파라미터를 이용해 매우 구체적인 실험을 실시하였다[8].

FVC2000(Fingerprint Verification Competition 2000)은 이탈리아의 볼로냐 대학과 미국의 미시간 주립 대학이 주관하여 지문인식 알고리즘의 성능을 평가한 것이다. 사용된 지문 DB는 네 가지로, 각기 다른 세 가지 센서로부터 입력 받은 이미지와 지문 이미지 생성 알고리즘을 이용한 생성기로 수집하였다. 평가 결과는 ROC 곡선과 평균 등록거부율, 등록시간, 정합시간 등으로 표현했다[9].

Biometric Product Testing은 2000년 NPL에서 시행되었으며 7개의 생체인식시스템의 성능을 평가하였다. 사용자를 나이, 성별로 구분하여 분석하였고 실험환경을 설정해 놓고, 그 환경에 얼마나 강한가를 평가하였다. 평가 항목은 등록 실패율, 획득 실패율, 매칭 실패율, 인증 실패율, 다시도 실패율이며, 기타 사용자 효율(처리시간), 매칭 알고리즘 효율(매칭 속도, 시스템사양), 사용자에 따른 성능 분석들로 이루어져 있다[10].

이 외에도 많은 생체인식 기술관련 단체들이 활발한 연구를 진행하고 있다. 생체인식 표준화기관으로 유럽의 AfB(Association for Biometrics), 미국의 Biometric Consortium 등이 있으며, International Biometric Group 역시 생체 인식에 있어서 주도적

인 기관으로 많은 기여를 하고 있다[1,12].

3. 2 국내 연구동향

미국과 유럽을 중심으로 다양한 생체인식 프로젝트 결과들이 나오고 있는 반면 우리나라는 아직 특별한 결과물을 갖고 있지 않다. 다행히도 최근 생체인식 분야의 기술개발, 표준화, 시장활성화 등의 문제를 협의하고 생체인식산업의 경쟁력을 강화하기 위해 학계, 산업체, 연구기관이 공동으로 참여하는 생체인식협회(Korea Biometrics Association)가 본격적인 활동을 시작하였다. 한국정보보호센터(KISA) 주관으로 정보보호산업 지원센터 내에 생체인식 기술평가 실험실이 설치되어 제품개발 후의 성능평가가 가능하게 되었고, 국책과제인 “생체인식시스템 보안기능평가기술 개발” 등을 추진함으로써 지속적인 성능평가연구가 이루어질 것으로 보인다[1,2].

4. 생체인식시스템 성능평가 방법론

4. 1 기존의 평가방법

생체인식시스템에 대한 기존의 성능평가는 단순히 FMR/FNMR 등을 사용하였고 테스트 DB도 특별한 기준과 목적없이 단순하게 구축되었다. 따라서 평가 결과를 분석하여 시스템 개발의 효율을 높이는 것이 기대할 수 없었다. 최근 진행된 국외 평가프로젝트에서는 FAR/FRR 및 FTE/FTA 등의 다양한 항목들을 추가하여 평가수준을 높였다. 많은 평가프로젝트에서 표 4에 정의된 평가항목을 이용하여 시스템의 각 모듈의 성능을 정량적으로 표현한다[7,8,9,10,11].

표 4. 성능측정을 위한 평가항목

항목	내용
FAR	시스템에서 타인 허용 오류 (False Accept Rate)
FRR	시스템에서 본인 거부 오류 (False Reject Rate)
FMR	매칭 알고리즘에서의 타인 허용 오류 (False Match Rate)
FNMR	매칭 알고리즘에서의 본인 거부 오류 (False Non-Match Rate)
FTE	등록 실패율(Failure To Enroll)
FTA	획득 실패율(Failure To Acquire)
처리속도	데이터수집시간 + 계산시간
분할 에러	템플릿의 데이터베이스 구축 시 여러 개의 파티션으로 분할할 때 발생하는 에러율
관통률	평관적으로 검색되는 데이터베이스 비율
템플릿평가	템플릿 크기 및 차별성

하지만 많은 성능평가가 시스템이 환경에 적용될 때의 성능을 말해주지는 않는다. 그 이유는 시스템이 적용될 환경적 요소들에 대한 고려와 평가가 제대로 수행되지 않기 때문이다.

4. 2 환경적응력 평가방법

이상적인 성능평가는 실제계에서 시스템이 적용되었을 때의 성능을 평가하는 것으로 다양한 적용환경과 대상 집단에 대한 시스템의 성능평가가 필요하고, 평가의 신뢰성을 확보하기 위해서는 대규모의 평가집단이 요구된다. 또한 성능이 등록과 평가 사이의 시간에 의존적이기 때문에, 장기간에 걸친 평가가 필요

하다[13]. 결국 그러한 평가는 상당한 비용과 기간을 요구하며 보통의 기업체는 수행하기가 어렵고, 해외에서도 몇몇 정부기관들에 의해서만 진행되어 왔다. 대부분 생체인식시스템의 성능평가는 기업 내부에서만 이루어져 실제 성과는 거리가 먼, 신뢰성이 없는 결과만이 전부였다. 단순한 오류율에만 국한되어 사용자는 장비선택에 있어서 기업체 광고에 의존할 수밖에 없었고, 개발자들도 특별한 평가기준과 검증 없는 개발들로 어려움을 겪어왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 생체인식시스템의 평가를 위한 DB를 효과적으로 구축하여야 하며, 구축 시 환경적 요소와 사용자집단의 특성을 고려해야 한다.

생체인식시스템의 성능은 물리적인 환경조건에 의존적이다[13,14]. 따라서 다양한 환경요소에 대한 적응력을 평가하는 실험이 필요하다. 각 생체특징에 따라 영향을 받는 환경요소는 표 5에 정의되어 있다.

표 5. 각 생체인식시스템의 환경요소 분류

환경조건	지문인식		얼굴	홍채	망막	손	음성
	광학식	접촉식					
빛	강도	○	○	○	○	○	
	색	○	○	○	○		
	방향	○	○	○	○		
공기(날씨)	온도	○	○			○	○
	습도	○	○			○	○
	이물질	○	○	○	○	○	
기타	진자기	○	○	○	○	○	○
	소음	○					○
	진동	○	○	○	○	○	○
	물체		○				

사용자집단의 특성 또한 생체인식시스템의 성능에 영향을 미친다. 생체정보를 제공하는 사용자상태는 매 인증 시 변하기 때문에, 이에 대한 시스템의 적응력을 평가할 필요가 있다. 표 6은 생체인식시스템에 영향을 줄 수 있는 사용자상태를 정리한 것이다. 보통 특징 수집단계에 특징 절차와 제한을 줌으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있지만, 사용자 편의성은 낮아지게 된다[13,14].

표 6. 생체정보에 영향을 미치는 사용자요소

	지문	얼굴	홍채	망막	손	음성
착용물	반지	안경, 귀걸이, 목걸이, 스카프, 넥타이, 스, 마스크, 모자	안경, 선글라스	안경, 선글라스	반지, 시계, 팔찌, 장갑	마스크
신체특성	습기, 화장품	대머리, 수염, 머리모양, 머리색깔, 피부색깔(썬탠)	눈색깔	눈색깔	습기, 화장품	
기분		표정				음성, 본
질병	물집		안구질환	안구질환		감기
입력상태	입력 장치와의 상태(손가락의 위치, 각도, 압력)	입력 장치(포즈), 입력 장치와의 상태(거리, 높이, 좌우방향, 각도), 움직임			손 위치, 방향	입력 장치와의 상태(거리)
기타		인종				사투리, 인종
특징		나이, 성별 등등				

본 연구에서는 환경요소와 사용자집단에 대한 시스템의 성능을 평가하기 위해 그림 1과 같은 구조로 생체DB를 구축한다. 각 환경요소를 조합한 환경클래스와 사용자요소를 조합한 사용자클래스를 정의하여 환경적응력 평가를 위한 생체DB를 구축한다. 각 클래스는 생체인식시스템이 적용되는 환경과 사용자집단유형을 대표하며, 각 조건에서의 성능을 평가하는 기준이 된다. 각 클래스에서 포함하는 요소들은 생체인식시스템의 종류와 적용환경의 상태에 따라서 결정된다.

그림 1은 환경적응력 평가를 위한 DB 구조를 보여준다. 상단에 'Database'가 위치하며, 그 아래로 '환경 요소별 데이터 (Environmental Data)'와 '사용자 집단별 데이터 (Populational Data)'가 나뉘어 있다. '환경 요소별 데이터'에는 '환경 클래스'와 '환경 요소(E1, E2, ..., En)'가 연결되어 있으며, '사용자 집단별 데이터'에는 '사용자 클래스'와 '사용자 요소(P1, P2, ..., Pm)'가 연결되어 있다. 'E'는 환경 요소를, 'P'는 사용자 요소를 나타낸다.

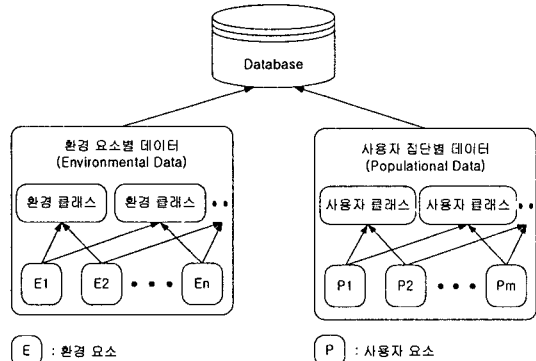


그림 1. 환경적응력 평가를 위한 DB 구조

환경요소에 대한 평가에서, 생체인식시스템 적용환경은 여러 환경요소들이 결합되어 있기 때문에 요소를 개별적으로 평가하는 것은 그다지 의미가 없다. 각 요소별로 평가를 한다면 많은 양의 생체DB가 구축되어야 하며 중복되는 자원의 낭비를 피할 수 없다. 각 요소들에 대한 생체인식시스템의 평가를 진행한다면 원래 의도하였던 저비용의 평가가 어렵게 된다. 그리고 개별적 결과의 결합이 실제 환경에서의 성능이라고 보기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 각 환경요소들이 결합된 시스템의 적용환경을 대표하는 클래스들을 정의하여 이를 위한 생체DB를 구축함으로써 자원의 불필요한 낭비를 줄이고 생체인식시스템의 적용분야에 대한 정확한 평가가 가능하도록 한다. 환경클래스는 생체특징기술의 종류와 시스템 적용환경에 따라 다르게 정의된다. 내부 평가를 위해서 생체인식시스템의 적용분야를 한정하여 따로 환경클래스를 정의함으로써 시스템의 환경적응력을 평가, 분석하고 시스템의 문제점 등을 파악할 수 있다. 표 7은 한 예로서, 접촉식 지문인식의 환경클래스 중 몇 가지를 정의한 모습이다.

표 7. 접촉식 지문인식을 위한 환경클래스

클래스번호	환경조건	환경요소	
		조건	범위
1	보편적 사무실내 환경	온도	20° C - 25° C
		습도	50% - 70%
		이물질	小
		진자기	小
		진동	무감 이하
2	보편적 사무실외 환경	온도	15° C - 30° C
		습도	30% - 100%
		이물질	中
		전자기	小
		진동	무감

보편적인 환경적응력 평가를 위해서는 주요한 환경들에 대한 조사와 분석을 통한 환경클래스의 정의가 필요하다. 환경클래스를 이용한 성능평가를 통해서 얻어진 결과를 이용해 시스템의 적용분야를 한정시킬 수 있게 되며, 각 환경에서의 시스템의 성능을 확인하여 성능향상을 위한 개발을 진행할 수 있다.

#### 4. 3 기타 평가항목

기타 평가항목으로는 사용 편의성, 경제성, 보안성 등이 있으며, 이들은 시스템의 인식성능에는 크게 영향을 미치지 않지만 실제 생체인식시스템이 환경에서 적용될 때 발생하는 부가적인 면을 평가한다.

- **사용 편의성** : 시스템의 관리자 편의성과 사용자 편의성으로 구분할 수 있는데, 관리자 편의성의 측정 항목으로는 1) 시스템 설정의 편의성 2) 사용자 분석 지표제공 3) 문제발생시 시스템의 대처능력 등을 생각할 수 있다. 사용자 편의성으로는 장비의 인터페이스와 입력장치에 대한 사용자 수용성, 사용난이도 등이 평가 가능하다[1,3,4,5].
- **경제성** : 아무리 좋은 성능을 지닌다하더라도 장비가 대규모이고 고가라면 반드시 좋은 시스템이라고 말할 수 없다. 따라서 장비의 규모와 비용에 대한 적절한 평가가 필요하다. 제조비용, 구축비용, 유지비용, 인증 실패시 손해비용, 장치수명 등을 평가 항목으로 고려할 수 있다[3,11,12].
- **보안성** : 생체인식의 성능이 뛰어난 시스템도 기타 침입에 약하다면 문제가 있다. 전송 중 정보의 도청이 가능하다면 제아무리 인식성능이 뛰어나더라도 아무 소용이 없게 된다[13,14].

#### 5. 결론 및 향후 연구

생체인식시스템 성능평가의 주된 목적은 현재성과 미래성으로 나누어 생각해 볼 수 있다. 첫째, 현재 시스템의 성능을 평가함으로써 현실적 적용이 가능한지 여부를 판별하는 것이고 둘째, 더 나은 성능의 시스템 개발을 위해 취약점이나 성능의 제한요인 등을 분석하는 것이다. 현재 생체인식시스템의 평가는 국외 몇몇 주요기관을 중심으로 진행되고 있으며, 그 외 평가관련업체들이 제품구매를 위한 조연과 상담을 하고 있다.

기존의 생체인식시스템 성능평가는 주로 FAR/FRR, FMR/FNMR로 이루어져 있으며, 그 외 FTE, FTA 등의 평가항목이 있다. 이들 항목을 통해 시스템의 매칭성능 등을 확인해 볼 수 있지만, 단순한 동작의 우위를 평가하는 것이 아닌, 시스템의 설계자와 사용자가 동시에 적절한 분석을 할 수 있는 평가방법론이 필요하다. 이를 위해서 환경요인과 사용자 집단에 대한 분류 및 분석을 시도하였다. 몇몇 평가 프로젝트에서는 이미 이런 환경적 변수를 도입하고 있지만 이들의 환경요인 분류수준은 아직까지 체계적이지 못하고 단순하다. 또한 효과적인 분석지표로서의 역할을 하기에는 한계가 있다.

향후 연구에서는 각 생체특징 인식을 위한 분석과 세부적인 적용 환경클래스 및 사용자집단유형의 설

정을 통한 평가방법론을 정의하고 평가절차를 마련함으로써 효과적인 생체인식시스템의 평가가 가능하도록 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 문지현, 김학일, 류춘우, 이용봉, 전성욱, "생체인식시스템 성능평가를 위한 연구," *정보과학회지*, 제19권, 제7호, pp. 60-70, 2001 7월.
- [2] 김재희, "생체인식 기술의 현황과 응용," *시큐리티 월드*, 2001년 1월.
- [3] A. Jain, R. Bolle and S. Pankanti, *Biometrics - Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic Publisher, 1999.
- [4] P. J. Philips, A. Martin, C. L. Wilson, and M. Przybocki, "An Introduction to Evaluating Biometric Systems," *National Institute of Standards and Technology(NIST)*, IEEE Computer, pp. 56-63, February 2000.
- [5] J. L. Wayman, "Fundamentals of Biometric Authentication Technologies," *International Journal of Image and Graphics*, vol. 1, no. 1, pp. 93-113, 2001.
- [6] J. L. Wayman, "National Biometric Test Center Collected Works 1997-2000," *Research at San Jose State University*, ver 1.3, August 2000.
- [7] BIOIS Study, "Comparative Study of Biometric Identification Systems," *Public Final Report, Technical Study*, May 2000.
- [8] D. M. Blackburn, J. M. Bone, and P. J. Phillips, "Facial Recognition Vendor Test 2000 Evaluation Report," *Facial Recognition Vendor Test 2000 Documents*, February 2001.
- [9] D. Maio, D. Maltoni, R. Cappelli, J. L. Wayman, and A. K. Jain, "FVC2000: Fingerprint Verification Competition," *BIOLAB, University of Bologna in Italy*, 2000.
- [10] T. Mansfield, G. Kelly, D. Chandler, and J. Kane, "Biometric Product Testing Final Report," *Centre for Mathematics and Scientific Computing National Physical Laboratory Queen's Road, CESG/BWG Biometric Test Programme CESG contract X92A/4009309*, March 2001.
- [11] Biometrics Working Group(UK), "Best Practices in Testing and Reporting Performance of Biometric Devices," Version 1.0, January 2000.
- [12] International Biometric Group, "Comparative Biometric Testing - Official Test Plan 2.0," ver 2.0, 2002.
- [13] NTL Group, "Technical Evaluation Criteria for the Assessment and Classification of Biometric Systems," August 2000.
- [14] Common Criteria Biometric Evaluation Methodology Working Group, "Biometric Evaluation Methodology Supplement(BEM)," Common Criteria Project, ver 1.0, August 2002.