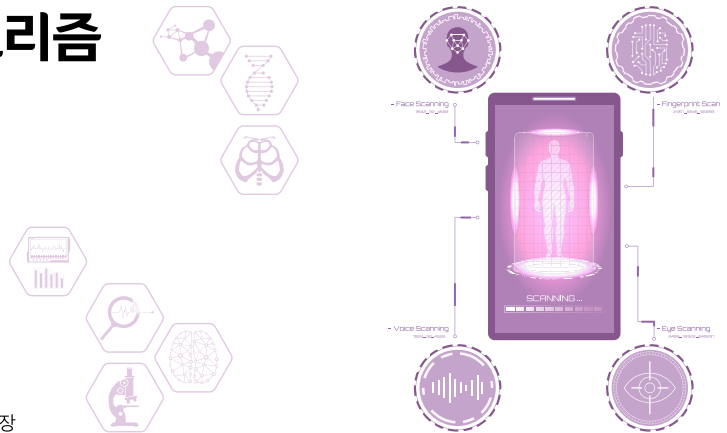


생체신호 인증 알고리즘 성능시험 지침



김재성_ TTA 바이오인식 프로젝트그룹(PG505) 의장,
한국인터넷진흥원(KISA) 강원정보보호지원센터장

1. 머리말

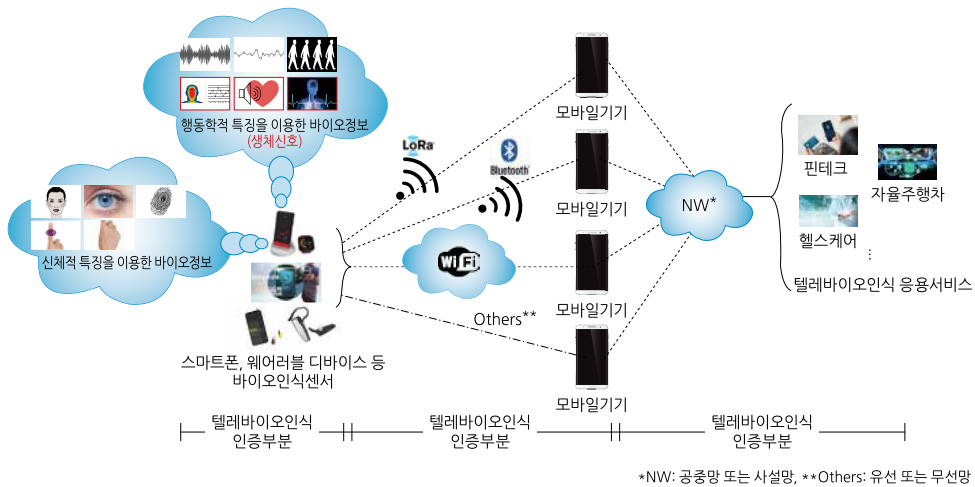
바이오인식기술은 사람의 지문·얼굴·홍채·정맥 등 신체적 특징(Physiological characteristics) 또는 음성·서명·생체신호·걸음걸이 등 행동적 특징(Behavioral characteristics)을 자동화된 IT 기술로 추출·저장하여 다양한 IT 기기로 개인의 신원을 확인하는 사용자 인증기술이다. 최근 들어 스마트폰·태블릿 PC 등 모바일기기에 지문·얼굴·홍채·정맥 등 바이오정보를 탑재하여 모바일 지급결제 등 다양한 모바일 바이오인식 응용기술이 전 세계적으로 개발 보급되었으나, 가짜지문 등 스마트폰에서 신체외부의 특징을 이용한 바이오정보에 대한 위변조 위협 또한 급증하고 있는 추세이다. 이에 따라, 주요 선진국에서는 살아있는 신체내부에 있는 근전도·뇌파·심전도·광용적맥파(심박수) 등 행동학적 특징을 이용하는 생체신호 인증기술이 주목을 받아 영국의 Halifax 은행, 캐나다 왕립은행 등 금융권을 중심으로 심전도를 이용한 고객에 대한 신원확인 시범서비스를 운영 중에 있다. 이러한 생체신호 인증기술은 신체외부의 특징을 이용한 바이오인식기술에 비하여 상대

적으로 위변조가 어려우며, 스마트워치, 스마트밴드 등 웨어러블 디바이스를 통하여 지속적으로 생체신호정보를 취득 및 인식이 가능하여 편의성과 보안성이 우수한 반면, 신체·감정변화 등에 민감하여 정확도는 상대적으로 취약한 면이 있다. 이에 따라 본고에서는 심전도, 광용적맥파 등 생체신호를 이용한 개인인증에 대해서 성능평가 지침을 기술하고, 구체적으로 기술평가에 대해서 정하고자 한다. 이를 위하여, 평가용 생체신호 데이터 베이스의 구축 방법을 기술하고 성능 평가에 사용되는 지표에 대해서 소개하고자 한다.

[그림 1]은 생체신호정보를 웨어러블 디바이스에서 취득하여 유무선 통신망을 통하여 모바일 지급결제(핀테크), 원격의료(의료복지), 자율주행(스마트카) 등의 텔레바이오인식 응용서비스에서 생체신호를 이용하는 텔레바이오인식기술 개념도를 설명하고 있다.

2. 표준의 목적 및 주요내용

본 표준은 생체신호 인증 알고리즘 및 상용제품의 인증 성능을 평가하기 위하여 실시하는 기술평가를



[그림 1] 생체신호를 이용한 텔레바이오인식 프레임워크

수행함에 있어, 다음과 같은 제반 절차들의 평가 기준을 제시한다.

- 평가용 생체신호 인증 알고리즘 데이터베이스 구축에 필요한 최소 요구사항
- 성능 평가지표 정의
- 평가결과 보고 내용 및 절차

본 표준의 적용범위는 생체신호 인증 알고리즘 성능 시험을 수행하기 위한 기술평가에 대한 평가지표 및 평가용 생체신호 데이터베이스의 규격 등 제반 절차들의 지침을 제공한다. 대상으로 하는 생체신호는 ECG(ECG, Electrocardiography, 심전도) 및 PPG(Photoplethysmography, 광용적맥파) 신호에 국한하여 기술하고자 한다.

3. 기술평가 시험절차

3.1 생체신호 데이터베이스 구성

본 표준에서 필요로 하는 생체신호 데이터베이스의 구성은 "TTAK.KO-12.0303: 개인인증을 위한 생체신호 정보 시험용 DB 구축 지침"을 따른다.

3.2 시험 수행절차

생체신호 인증 알고리즘에 대한 기술평가는 이미 수집된 생체신호 샘플들로 구성된 평가용 데이터베이스를 대상으로, 알고리즘의 인식성과 함께 처리 속도를 반복적으로 평가하는 오프라인 평가이며, 동일한 컴퓨터 플랫폼에서 표준화된 데이터베이스를 사용하기 때문에 여러 알고리즘들의 성능을 비교할 수 있다. 이러한 생체신호를 획득하는 물리적 환경조건이나, 생체신호 제공자의 행동조건, 본인과 타인을 구별하는 ID 등의 정확한 기록이 요구된다.

본 표준에서는 기술평가를 위한 생체신호 데이터베이스가 '개인인증을 위한 생체신호 정보 시험용 DB 구축 지침' 표준에 따라 구축되어 있다고 가정하고, 하나의 샘플에 의한 등록 생체신호를 이용한 1대 1 본인인증에 대한 성능만을 평가한다.

3.2.1 등록 및 시험용 샘플 결정

평가용 데이터베이스를 구성하고 있는 전체 N명의 사용자에게 대해, 무작위로 선택된 생체신호를 등록용 샘플 E로 지정하고, 나머지 신호를 가운데서 또다시 무작위로 선택된 신호를 시험용 샘플 U로 지정한다.

3.2.2 등록 템플릿 생성

모든 등록용 샘플들에 대해 평가 대상 알고리즘을 적용하여 등록 템플릿 T_E 를 생성하여 저장하고, 소요된 시간 t_E , 템플릿 생성에 실패한 샘플들의 개수 n_{FTE} 와 각각의 ID를 기록한다.

3.2.3 시험 템플릿 생성

모든 시험용 샘플들에 대해 평가 대상 알고리즘을 적용하여 시험 템플릿 T_U 를 생성하여 저장하고, 소요된 시간 t_U , 템플릿 생성에 실패한 샘플들의 개수 n_{FTA} 와 각각의 ID를 기록한다.

3.2.4 본인비교

등록 및 시험용 템플릿이 모두 성공적으로 생성된 사용자에게 대하여, 그 수 n 을 기록하고, 동일한 ID의 등록 템플릿과 시험용 템플릿 쌍에 대해, 평가 대상 알고리즘을 적용한 비교점수와 소요된 시간 t_{GC} 를 기록한다. 본인 비교 총 횟수는 n 이 된다.

3.2.5 타인비교

평가 대상 알고리즘을 이용하여 각각의 등록용 템플릿에 대해 ID가 다른 $(n-1)$ 개의 시험용 템플릿들과 1 대 1 비교를 실시하고, 비교점수와 소요된 시간 t_C 를 기록한다. 타인비교 총 횟수는 $n(n-1)/2$ 가 된다.

3.3 기술 평가항목

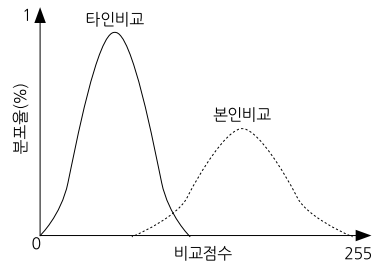
3.3.1 등록 실패율(FTE): n_{FTE}/N (%)으로 계산

3.3.2 획득 실패율(FTA): n_{FTA}/N (%)으로 계산

3.3.3 비교점수 분포곡선

n 번의 본인비교와 $n(n-1)/2$ 번의 타인비교에서 얻어진 점수들을 이용하여 0~255 사이의 비교점수에

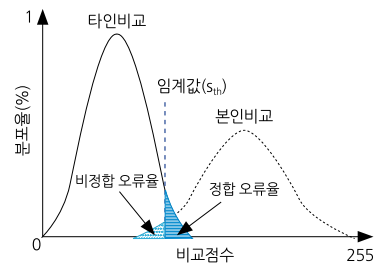
대한 빈도수를 구하여 [그림 2]와 같은 각각의 분포곡선을 그린다. 각 곡선은 각각의 총 비교횟수로 정규화되어 각 곡선의 내부 면적은 1인 확률 분포곡선과 같다. 여기서 평가 대상 생체신호 인증 알고리즘이 제시하는 비교점수는 0부터 255 사이의 정수이며, 본인일수록 높고 타인일수록 낮은 점수라고 가정한다. 이러한 가정에 부합하지 못하는 알고리즘은 간단한 매핑 함수에 의해 변환될 수 있다.



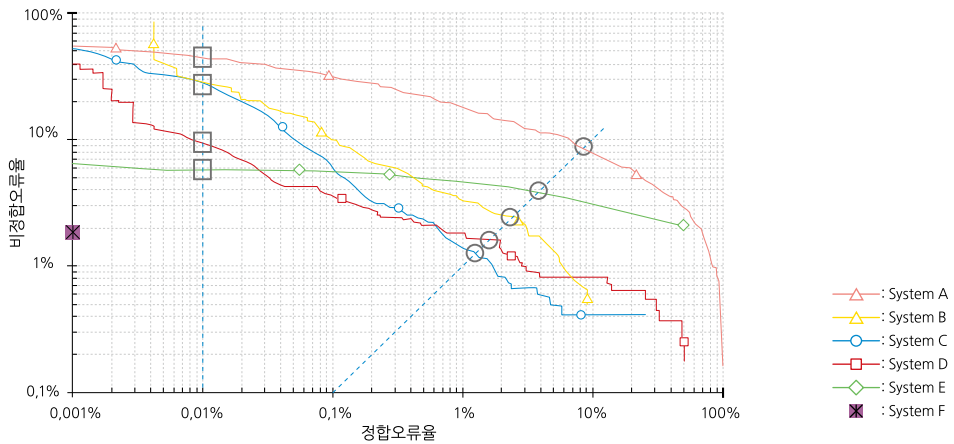
[그림 2] 비교점수 분포 곡선

3.3.4 비정합 오류율(FNMR)과 정합 오류율(FMR)

비정합 오류율은 n 번의 본인비교 가운데, 비교점수가 특정 임계값 S_{th} 보다 낮아서 거부되는 횟수 n_{FNMR} 을 세서, n_{FNMR}/n (%)으로 계산한다. 정합 오류율은 $n(n-1)/2$ 번의 타인비교 가운데, 비교점수가 특정 임계값 S_{th} 보다 높아서 본인으로 잘못 인식되는 횟수 n_{FMR} 을 세서, $n_{FMR}/(n(n-1)/2)$ (%)으로 계산한다. [그림 3]은 비정합 오류율과 정합 오류율의 정의를 보여준다.



[그림 3] 비정합 오류율과 정합 오류율



[그림 4] DET 곡선의 예

3.3.5 DET 곡선

비정합오류율과 정합오류율은 임계값 S_{th} 가 이동함에 따라서 변화한다. 즉, 임계값이 점차 낮아지면 비정합오류율은 감소하는 대신 정합오류율은 증가하고, 임계값이 높아지면 그 반대 현상이 발생한다. 이러한 원리에 따라 [그림 4]와 같이 임계값의 변화에 따른 정합오류율과 비정합오류율의 궤적을 DET(Detection Error Trade-off) 곡선이라 하고, 각각의 값을 로그 눈금으로 표현한다.

3.3.6 등가오류율(EER)

등가오류율은 비정합오류율과 정합오류율이 같은 값을 가질 때의 오류율이며, [그림 4]에서 보는 바와 같이 $y = x$ 직선과 DET 커브가 만나는 점(○ 표시)으로 결정된다.

실제 평가에서는 두 오류율 값들이 정확히 일치하지 않을 수 있기 때문에 매우 적은 오차 범위 내에서 일치하는 값을 찾아야 하며, 알고리즘의 성능에 따라 등가오류율이 존재하지 않을 수도 있다.

3.3.7 정합오류율 0.01%일 때 비정합오류율

정합오류율이 0.01%(= 1/10,000)일 때 비정합오류율은 EAL(Evaluation Assurance Level) 2에 해당하는 보안 수준을 의미하며, [그림 4]에서와 같이 $x = 0.01\%$ 직선과 DET 곡선이 만나는 점(□ 표시)으로 결정된다. 실제 평가에서는 정합오류율이 정확히 0.01이 되지 않을 수 있기 때문에 매우 적은 오차 범위 내에서 0.01에 가까울 때의 비정합오류율을 찾는다.

3.3.8 정합오류율 0.0001%일 때 비정합오류율

정합오류율이 0.0001%(= 1/1,000,000)일 때 비정합오류율은 EAL(Evaluation Assurance Level) 4에 해당하는 보안 수준을 의미하며, $x = 0.0001\%$ 직선과 DET 곡선이 만나는 점으로 결정된다. 실제 평가에서는 정합오류율이 정확히 0.0001이 되지 않을 수 있기 때문에 매우 적은 오차 범위 내에서 0.0001에 가까울 때의 비정합오류율을 찾는다.

3.3.9 등록 템플릿 생성 평균시간

성공적으로 생성된 $(N - n_{FTE})$ 개의 등록용 샘플들 각각의 생성 소요시간을 더한 후, 총 소요시간을 N

- n_{FTE})로 나누어 평균 시간 \bar{t}_E 를 계산한다.

3.3.10 시험 템플릿 생성 평균시간

성공적으로 생성된 시험용 샘플들의 각각의 생성 소요시간을 더한 후, 총 소요시간을 $(N - n_{FTA})$ 로 나누어 평균 시간 \bar{t}_A 를 계산한다.

3.3.11 본인비교 평균시간

n 번의 본인비교 소요시간을 모두 더한 후, 총 소요시간을 n 으로 나누어 평균시간 \bar{t}_{GC} 를 계산한다.

3.3.12 타인비교 평균시간


$n(n-1)/2$ 번의 타인비교 소요시간을 모두 더한 후, 총 소요시간을 $n(n-1)/2$ 로 나누어 평균시간 \bar{t}_C 를 계산한다.

3.4 평가결과 보고

기술평가 시험에 대한 보고는 다음과 같은 설명들을 포함하여야 한다.

- **평가대상 기술 소개:** 평가하려는 생체신호 인증 알고리즘과 그 알고리즘이 적용되는 제품에 대한 간략한 설명, 모델명, 특성 등을 간략히 설명한다.
- **평가 환경:** 평가에 사용된 컴퓨터 플랫폼의 상세한 사양을 설명한다.
- **평가용 생체신호 DB:** 평가에 사용된 생체신호 데이터베이스에 대한 상세한 설명 - 생체신호센서의 규격, 생체신호 제공자의 인구통계학적 정보(연령, 성별, 직업, 인종 등), 생체신호 획득 공간의 환경, 생체신호 DB의 크기 - 등을 제시한다.
- **생체신호 DB의 품질:** 평가용 생체신호 DB의 인식 난이도를 평가할 수 있도록 각 생체신호의 품질을 정량적으로 측정하는 데 사용된 방법과 이를 이용하여 측정된 값들의 분포를 제시한다.
- **평가 절차:** 기술평가 시험 절차는 일반적으로 동일한 절차로 수행되지만 확인 차원에서 평가 절차를 정리하고 제시한다.

4. 맺음말

본 표준은 스마트밴드 등과 같은 웨어러블 디바이스에서 심전도·광용적맥파 등의 생체신호를 취득하여 유무선 통신망을 통하여 스마트폰으로 생체신호를 이용한 개인식별 하는 인증 알고리즘에 대한 성능시험 기준에 필수적인 표준규격으로 자체 개발한 국내표준으로서 ITU-T SG17에서 우리나라가 개발한 생체신호를 이용한 텔레바이오인식기술(X.1094, Telebiometric Authentication using Biosignals) 국제표준 권고문에 주요 내용이 반영되었다. 향후에는 본 표준을 활용하여 생체신호를 이용하여 부정맥·심정지 등 살아있는 사람의 건강상태 정보를 분석하는 생체신호 인증기반의 헬스 모니터링 분석기술 개발 및 국내의 표준화를 추진하여 노령화 사회에서 1인 가구의 증가와 독거노인 등 취약계층의 고독사 예방을 위한 의료·복지·재난방지 공공서비스에 활용할 필요가 있겠다. 

※ 본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행됨(No.2016-0-00417, 심전도를 이용한 텔레바이오인식 인증기술 개발).

[참고문헌]

- [1] 박광석, '국내외 생체신호 개인식별 기술분석 및 연구용 DB 구축', 한국인터넷진흥원 용역과제 연구보고서, 2016. 1.
- [2] 과기정통부 정보통신기술진흥센터, '심전도를 이용한 텔레바이오인식 인증기술 개발 2017년도 연차보고서', 한국인터넷진흥원, 2017. 11.
- [3] 과기정통부 정보통신기술진흥센터, '스마트 융합보안서비스를 위한 텔레바이오인식기술 표준개발 2018년도 최종연구보고서', 한국인터넷진흥원, 2018. 4.
- [4] ISO/IEC 19795-5, 'Information technology - Biometric performance testing and reporting - Part 5: Grading scheme for access control scenario evaluation', 2012. 9.
- [5] ISO/IEC TR 29198, 'Information technology - Characterization and measurement of difficulty for fingerprint databases for technology evaluation', 2016. 9.