

# 생체신호 기반 바이오인식 시스템 기술 동향

최규호\*, 문해민\*\*, 반성범\*\*\*

조선대학교 제어계측공학과\*, 송실대학교\*\*, 조선대학교 전자공학과\*\*\*

## Biometrics System Technology Trends Based on Biosignal

Gyu-Ho Choi\*, Hae-Min Moon\*\*, Sung-Bum Pan\*\*\*

Dept. of Control & Measurement Eng., Chosun University\*

Soongsil University\*\*

Dept. of Electronics Eng., Chosun University\*\*\*

요 약 바이오인식 기술은 개인의 고유한 특성인 신체적 또는 행동적 특징을 이용해 사용자를 인증하는 기술이다. 현재 금융, 보안, 출입관리, 의료복지, 공공, 검역, 엔터테인먼트 등 광범위하게 그 필요성 및 효용성으로 서비스 범위가 확대되고 있는 추세이다. 지문, 얼굴과 같은 생체정보를 이용한 바이오인식은 위조, 변장 위협에 노출되어 사회적 문제가 되었다. 최근 신체 외부의 생체정보가 아닌 신체 내부의 생체신호를 이용한 연구가 진행되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 생체신호인 심전도, 심장음, 뇌전도, 근전도를 이용한 바이오인식 시스템의 최근 연구 및 기술들을 분석하고 발전 방향을 위해 필요한 기술들을 제시하고자 한다. 향후에는 개개인의 복합적 상태에서 생체신호 기반 빅 데이터를 관리하는 데이터베이스 구축, 빅 데이터를 분석하는 딥러닝을 이용하여 실시간 환경에 적합한 바이오인식 시스템 기술들이 연구될 것으로 예상된다.

주제어 : 바이오인식, 생체신호, 심전도, 심장음, 뇌전도, 근전도, 빅 데이터, 딥러닝

**Abstract** Biometric technology is a technology for authenticating a user using the physical or behavioral features of the inherent characteristics of the individual. With the necessity and efficiency of the technology in the fields of finance, security, access control, medical welfare, inspection, and entertainment, the service range has been expanding. Biometrics using biometric information such as fingerprints and faces have been exposed to counterfeit and disguised threats and become a social problem. Recent studies using a bio-signal from the inside of the body other than the bio-information of the external body are being developed. This paper analyzes the recent research and technology of biometric systems using bio-signals, ECG, heart sounds, EEG, and EMG to present the skills needed for the development direction. In the future, utilizing the deep learning to build and analyze database to manage bio-signal based big data for the complex condition of individuals, biometrics technologies suitable for real time environment are expected to be researched.

**Key Words** : Biometrics, Bio-signal, ECG, Heart beat, EEG, EMG, Big data, Deep learning

\* 이 논문은 2016학년도 조선대학교 학술연구비와 2016년도 정부(미래창조과학부)의 지원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. B0190-15-2030, 웹 서비스 사용자 계정 정보 관리 및 유출/악용 탐지 기술 개발)

Received 28 October 2016, Revised 15 December 2016 © The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. Accepted 20 January 2017, Published 28 January 2017 This is an open-access article distributed under the terms of the

Corresponding Author: Sung Bum Pan(Department of Electronics Engineering, Chosun University)

Email: sbpan@chosun.ac.kr

ISSN: 1738-1916

Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

개인 신분을 증명하는 분야에서 가장 유망한 미래 기술 중 하나인 바이오인식 기술은 전 세계적으로 전자금융(온라인 뱅킹, ATM 현금인출)[1] · 정보통신(휴대폰인증, PC·인터넷 로그인)[2] · 의료(원격의료, 의료진·환자 신원확인)[3] · 사회복지(미아찾기, 복지기금관리)[4] · 행정(무인민원발급, 전자조달)[5] · 출입 통제(도어락, 출입·근태관리)[6] · 출입국심사(전자여권, 승무원·승객 신원확인)[7] · 엔터테인먼트 [8]등의 분야에서 사용되고 있다. 바이오인식 기술은 개인 고유의 생체정보 및 신호를 이용하여 실시간 분석으로 등록, 저장하여 제시한 생체정보 및 신호와 비교, 판단하는 기술이다[9,10]. 바이오인식에 사용되는 정보는 생체정보와 생체신호로 나눌 수 있다. 신체 외부 및 표면에서 취득할 수 있는 생체정보는 개개인의 평생불변의 신체적 특징과 행동학적 특징으로 얻을 수 있다. 신체적 특징으로 얻을 수 있는 생체정보는 지문, 얼굴, 홍채, 망막, 정맥 등이며 행동학적 특징으로 얻을 수 있는 생체정보는 서명, 음성, 걸음걸이 등이 있다. 신체 내부에 존재하는 생체신호는 대표적으로 행동학적(신체 기능적) 특징으로 심전도, 심장음, 뇌전도, 근전도이다.

생체정보를 이용한 바이오인식은 위조지문 제작, 변장된 얼굴 제작, 위조 홍채 제작 등 위조, 변장 위협에 늘 노출되어 왔다. 이는 국내에서 3D프린터로 실리콘 위조지문을 제작하여 금융 위변조사고, 일본 국제공항에서의 위조지문에 의한 전자여권 위변조사고, 독일 해커단체가 러시아 대통령 사진으로 홍채 복제에 의한 해킹사고 등이 바이오인식에 대한 부정적인 측면과 함께 사회적인 문제가 되었다. 이에 따라 미국, 유럽, 일본 등 주요 선진국은 생체신호를 이용하여 바이오인식 시스템에 대한 연구개발 중이다. 생체신호는 신체 외부에 노출되어 있는 생체정보인 지문, 홍채, 얼굴과 달리 신체 내부에 존재하는 심전도뿐만 아니라 심장음, 뇌전도, 근전도 등으로 바이오인식 시 사용 거부감 및 불편함이 없는 비대면 인증 기술로 활용될 수 있다.

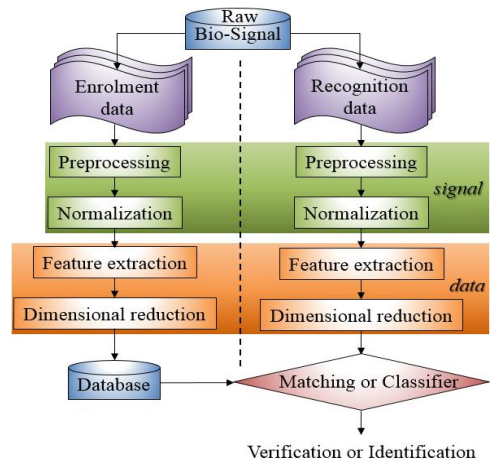
생체신호를 이용한 바이오인식 기술은 다양한 연구들이 진행되고 있다. 심전도(electrocardiogram, ECG)를 이용한 바이오인식은 개인인증, 식별 및 질병식별이 있으며[11,12,13], 심장음(heart sound)을 이용한 바이오인식

은 개인인증 및 식별[14,15], 뇌전도(electroencephalogram, EEG)를 이용한 바이오인식은 개인인증, 상황식별[16,17], 근전도(electromyogram, EMG)를 이용한 바이오인식은 개인 및 상황식별이 있다[18,19].

본 논문에서는 바이오인식 시스템과 관련된 세부적인 기술을 분석하고 향후 발전 방향에 관한 내용을 다룬다. 2장은 생체신호 기반 바이오인식 시스템에 대해서 설명하고 3장은 생체신호 기반 바이오인식 기술에 발전방향을 논하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 생체신호 기반 바이오인식 시스템

바이오인식 시스템 기술적 구조는 [Fig. 1]과 같다. 1 단계는 생체신호 데이터를 취득하여 등록과 인식 데이터로 나누는 과정, 2단계는 신호처리를 기반으로 전처리 과정, 정규화 과정으로 신호를 분석하는 과정, 3단계는 생체신호에 적합한 특징추출 및 특징 벡터의 차원을 축소하여 실시간 데이터를 분석하는 과정, 4단계는 최종 분류 기인 기계학습을 통해 개인인증, 식별 및 상황식별하는 과정이다.



[Fig. 1] Biometrics system structure

바이오인식에서 가장 먼저 수행되어야 하는 과정은 생체신호를 취득하는 것이다. 생체신호는 공식적인 데이터베이스인 physionet에서 얻거나 각종 의료장비를 통해서 직접 취득한다[20]. 데이터베이스인 physionet은 심전

도, 심장음, 뇌전도, 근전도 등을 비롯해서 일반적인 상황, 일반적이지 않는 상황에 대해 각 종류에 따른 생체신호로 구성되어 있다. 직접 데이터를 취득하는 장비는 의료장비로 각 상황에 맞게 이용된다.

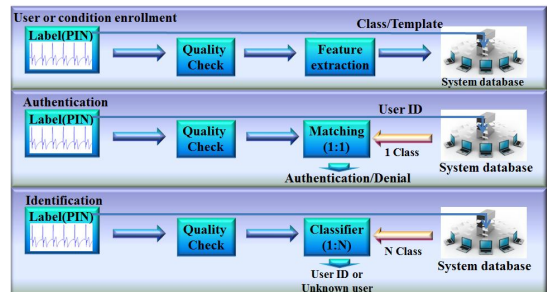
데이터베이스에서 취득 및 직접 측정된 생체신호는 장비에 의해 측정되어 잡음이 섞여있기 때문에 신호처리를 해야 한다. 측정 장비에서 발생하는 전원 라인에서 60Hz 대역의 변조파와 광대역 백색 잡음(전력선 잡음), 주변장치의 영향이나 측정자의 움직임에 의한 근잡음, 측정자의 호흡에 의한 기저선 변동 잡음 등이 있다. 이러한 잡음들을 제거하기 위해 전처리과정과 정규화과정이 필요하다. 전처리과정은 주파수 필터, 웨이블릿 분해를 통해 잡음을 제거한다. 주파수 필터는 고역통과 필터, 저역통과 필터, 대역통과 필터 기반 버터워스, 체비셰프, 노치 필터 등이 있다[21,22,23]. 웨이블릿 분해는 웨이블릿 변환함수를 통해 변환 후 잡음요소를 제거하기 위해 단계마다 나누어지며 잡음요소는 나누어진 단계에서 잡음요소 계수를 제외하면 제거된다[24,25]. 정규화과정은 대체로 연구에서 제안하는 임계값을 이용하여 리 샘플링 기반 업 샘플링, 다운 샘플링, 오버 샘플링을 통해 이루어진다[26]. 결국 가공되지 않는 측정된 생체신호를 이용하여 일정하면서 깔끔한 신호로 출력하게 된다.

바이오인식에서 데이터분석은 신호 처리된 생체신호를 이용하여 특징추출과정과 판별분석에 의한 차원축소로 구성된다. 특징추출은 시간영역, 주파수영역, 위상계적 공간 등에서 제안하는 알고리즘에 의해 선택적으로 특징들이 추출된다. 추출된 특징들을 이용하여 차원을 축소하는 방법은 판별분석이다. 대표적으로 주성분분석과 선형판별분석이 있다[27,28]. 주성분분석은 다차원 공간에 데이터가 분포되어 있을 때 가장 효율적으로 차원을 축소할 수 있는 축을 찾아 그 축으로 차원을 축소하는 방법이다. 선형판별분석은 차원의 데이터를 보호하면서 내 분산 데이터들은 모으고 외 분산 데이터들은 멀어지는 축을 찾아 축소하는 방법이다.

바이오인식을 하는 개인인증, 식별 및 상황식별을 위해 사용되는 기계학습은 지도학습방법과 비 지도학습방법이 있다. 지도학습은 정답 셋(클래스)이 존재하고 이를 이용하여 학습을 시켜서 예측해 나가는 방법이며 비 지도학습은 정답 셋(클래스)이 존재하지 않고 유사한 패턴을 갖는 것을 군집하는 방법이다. 비 지도학습은 모수적

방법과 비모수적방법으로 구성된다. 대표적 지도학습인 SVM(support vector machine)은 새로운 데이터가 어느 카테고리에 속할지 판단하여 사상의 공간에서 경계로 표현하는 분류모델링 방법이다[29]. 그 외에는 결정 트리 학습법, k-최근접 이웃 알고리즘, 랜덤 포레스트 등이 있다 [30,31,32]. 모수적방법인 GMM(Gaussian mixture model)은 데이터의 분포를 모델링하여 확인데이터가 어떤 가우시안에 선택될 확률을 알게되는 방법이다[33]. 비모수적 방법인 k-평균 알고리즘은 k개의 평균 벡터를 이용한 클러스터링(군집화) 알고리즘으로 분류하는 방법이다[34].

생체신호를 이용한 바이오인식 시스템은 [Fig. 2]와 같다. 사용자 및 상황을 등록하는 과정(Enrollment), 현재를 인식하는 과정(Recognition)으로 이루어진다. 인식하는 과정은 사용자 자신이 자신임을 확인받는 인증(verification, 1:1), 사용자를 찾아내는 식별(Identification, 1:N), 현재 상황을 식별하는 정도로 나뉜다. 인증과 식별은 생체신호의 응용영역에 따라 선택적으로 이용된다.



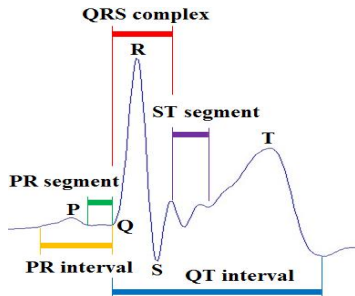
[Fig. 2] User, condition recognition and authentication, identification

### 2.1 심전도를 이용한 바이오인식 기술

심전도를 이용한 바이오인식은 개인인증, 식별 및 질병식별 등에 대해 국내외에서 연구가 활발히 진행되고 있다. <Table 1>은 심전도 기반 바이오인식 국내외 기술 동향으로 신호처리, 데이터분석, 기계학습 및 성능에 따라 분류된 것이다. <Table 1>은 저자의 주관적 판단에 의해 분류되었고, 분류된 내용은 다음과 같다. 국내에는 개인인증 및 식별에 관한 연구가 주로 진행되고 있으며 국외에는 개인인증, 식별 및 질병식별에 관한 확장된 연구가 진행되고 있다.

<Table 1> Biometrics technology using ECG

References	Input Signal	Signal Processing	Data analysis	Machine Learning and Performance
[36]	ECG	Filter (Butterworth)	Features: Features on the time axis Analysis: None	Personal identification rate using the SVM, 98.59%
[37]	ECG	Filter (Butterworth)	Features: Features on the time axis Analysis: None	Personal identification rate using the SVM, 93.89%
[13]	ECG	none	Features: Lyapunov exponent Analysis: None	Disease identification rate using ANFIS, 95%
[26]	ECG	Wavelet transform	Features:EEMD(Ensemble empirical mode decomposition) Analysis: PCA	Personal identification rate using the k-NN, 95.56%
[38]	ECG	Filter (Butterworth)	Features: AC(autocorrelation)/DCT, MFCC(Mel-frequency cepstrum coefficients) Analysis: LDA	Personal identification rate using the SVM, 98.7%
[11]	ECG	Wavelet transform	Features: DWT Analysis: PCA	Personal identification rate using the Euclidean distance, 98.7%
[39]	ECG	Filter(FIR)	Features: CWT Analysis: LDA	Personal identification rate using the Euclidean distance, 98.7%
[40]	ECG	Filter (Butterworth)	Features: DWT, CWT Analysis: PCA	Personal authentication using the RMSE
[12]	ECG	None	Features: Sparse coefficients Analysis: None	Personal identification rate using the k-NN, 99.48%
[41]	ECG	Target heart rate defined	Features: Lyapunov exponent, the correlation dimension, RMS Analysis: None	Personal identification rate using the SVM, 81.73%



[Fig. 3] ECG lead-I structure

심전도 데이터는 국내외 모두 표준 12유도법에 의해 측정되는 lead-I 을 사용하며 공식적인 데이터베이스인 physionet에서 MIT-BH의 데이터베이스를 이용한다 [35]. 차이점은 국내에선 직접 개발하여 취득하여 사용하지만 국외는 의료장비를 많이 사용한다. 심전도 신호 처리는 국내에서 주파수를 이용한 필터위주로 사용하지만 국외는 주파수 필터, 웨이블릿 변환 및 목표 심박율 정의로 분석된다.

데이터분석을 위한 특징은 국내에선 시간영역의 특징을 주로 이용하지만 국외에서는 시간영역, 주파수영역 및 필요에 의한 위상공간에서 특징을 추출하여 이용한다. ECG lead-I 은 [Fig. 3]과 같이 P파, Q파, R파, S파, T파,

PR부분, PR구간, QRS컴플렉스, ST부분, QT구간으로 구성된다. 이를 이용하여 국내는 구간 설정 후 평균 및 미분 특징 등으로 추출된다[42]. 국외는 임의로 구간 설정[43], 형태학적으로 이용[44], 자기상관[45], 심박변이도 특징 등이 사용되고 있다[46]. 주파수 영역에서의 특징은 국내에서 이산 웨이블릿 변환[47] 등이 이용되며 국외에서 웨이블릿 변환[11,39], 멜 주파수 캡스트럼 계수[38], 앙상블 경험적 모드 분해법 등을 이용하여 추출된다[26]. 위상공간 영역에서의 특징은 국내에 관련된 연구가 없으며 국외에서 로렌츠 끌개를 이용하여 추출된다[41]. 데이터 분석의 핵심요소인 판별분석은 주성분 분석과 선형판별분석 등이 가장 많이 사용된다.

최종 개인인증 및 식별 성능분석을 위해 많이 사용되는 기계학습은 SVM, 종종 개인 식별을 위해 k-최근접 이웃, 가끔 상황 식별하는 질병식별을 위해 퍼지이론 등이 사용된다. 심전도를 이용한 개인인증의 우수한 성능은 웨이블릿 변환 신호처리, DWT 특징추출, PCA 차원 축소, SVM을 이용해 18명의 개인 인증을 98.7%, 개인 식별의 우수한 성능은 드문 계수들 특징추출, k-NN을 이용해 100명의 개인 식별을 99.48%, 질병식별의 우수한 성능은 라프노프의 지수 특징추출, ANFIS를 이용해 4가지 질병 식별을 95%이다.

2.2 심장음을 이용한 바이오인식 기술

심장음은 박동하는 심장과 그로 인한 혈류가 만들어 내는 소리다. 청진법 위치에 따른 심장음을 측정하며 이는 대동맥, 폐동맥, 삼첨판, 승모판에서 측정되며 각각 제1심음과 제2심음으로 신호를 분석할 수 있다. 심장음을 이용한 바이오인식은 개인인증 및 식별 등 국외에서 연구가 <Table 2>와 같이 진행되고 있다. 각 연구에서 바이오인식을 위해 사용한 심장음은 데이터베이스를 사용하지 않고 각각 의료장비를 이용하여 취득된다. 편안한 상태에서 취득된 심장음을 이용한 신호처리는 웨이블릿 변환 및 주파수 필터인 버터워스 필터를 이용하여 잡음이 감소된다.

데이터분석을 위한 시간영역에서 특징은 제1심음에 대한 제2심음의 비율을 이용하여 추출된다. 주파수영역에서 특징들을 추출하기 위한 알고리즘은 멜 주파수 캡스트럼 계수들, 선형 주파수 캡스트럼 계수들, 선형 주파수 대역 캡스트럼 및 연속 웨이블릿 변환 등이 사용된다.

개인인증 및 식별의 성능은 기계학습인 유클리디언 거리, SVM, GMM 등을 이용하여 분석하였다. 의료장비

에 의해 취득한 심장음을 이용한 개인인증의 우수한 성능은 MFCC, LFCC 특징추출, SVM을 이용해 ROC곡선에 의해 실험자 52명의 동일 오류율 7.8%이며 개인식별의 우수한 성능은 LBFC 특징추출, GMM을 이용해 실험자 7명의 개인 식별율 96.01%이다.

2.3 뇌전도를 이용한 바이오인식 기술

뇌전도를 이용한 바이오인식 기술은 <Table 2>와 같이 국제에서 상황식별인 두 단어, 두 사진 및 두 상황식별과 국내에서 개인인증에 대한 연구이다. 두 단어식별은 특정 두 단어를 상상하며 이에 따라 반응하는 뇌전도를 이용하여 식별, 두 상황식별은 예를 들어 눈을 감으라고 지시하거나 눈을 뜨라고 지시했을 때 반응하는 뇌전도를 이용하여 식별한다. 각각의 상황에 따라 반응하는 뇌전도는 대뇌에서 유도되는 전위변동에 의해 주파수와 진폭이 각각 다른  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\theta$ ,  $\delta$ 파의 5가지로 [Fig. 6]과 같다.  $\gamma$ 파는 30Hz이상의 파형으로 극도의 각성과 흥분시 발행,  $\beta$ 파는 14~30Hz, 5~10uV의 파형으로 깨어 있는 상태로 정신적인 활동이나 긴장할 때 발생,  $\alpha$ 파는 8~

<Table 2> Biometrics technology using Heart sound, EEG, EMG

Reference	Input Signal	Signal Processing	Data analysis	Machine Learning and Performance
[14]	Heart sound	Wavelet transform	Features:CWT(Continuous wavelet transformation) Analysis: None	Personal identification rate using the Euclidean, 71.06%
[48]	Heart sound	Filter (Butterworth)	Features:MFCCs(Mel-frequency cepstral coefficients), FSR(The First-to-Second Ratio) Analysis: None	Personal identification rate using the Euclidean, EER 8.7%
[49]	Heart sound	None	Features:MFCCs(Mel-frequency cepstral coefficients), LFCC(Linear frequency Cepstral Coefficients) Analysis: None	Personal identification rate using the SVM, EER 7.8%
[15]	Heart sound	None	Features:LBFC(linear frequency band cepstra) Analysis: None	Personal identification rate using GMM, 96.01%
[17]	EEG	Filter (Butterworth)	Features:AR(Autoregressive) coefficients Analysis:LDA	Two words identification rate using the SVM 98.96%
[50]	EEG	Filter (Laplacian)	Features: $\gamma$ -band Analysis:LDA	Two photo identification rate using the SVM, 94.08%
[51]	EEG	Filter (FIR)	Features:AR(Autoregressive) coefficients Analysis: None	Both situations identification rate using the MMSE, 100%
[16]	EEG	Filter (Butterworth)	Features:Point-biserial correlation coefficient Analysis:LDA	Personal identification rate using the SVM, 86.1%
[52]	EMG	Filter (RMS, Median)	Features:None Analysis:PCA	Two status data analysis using the PCA
[18]	EMG	None	Features:Non-uniform filter bank Analysis:PCA	Personal identification rate using GMM, 81.73%
[19]	EMG	Filter (RMS), Wavelet transform	Features:MAV(mean absolute value) Analysis: None	Four behavior identification rate using the SVM, 99%
[53]	EMG	Filter (Norch)	Features:FFT(Fast fourier transform) Analysis:PCA	Four behavior identification rate using the PCA, 85%

13Hz, 50 $\mu$ V의 파형으로 눈을 감고 쉬고 있을 때 발생,  $\theta$ 파는 4~7Hz, 불규칙적인 진폭의 파형으로 어린아이에게서 발생,  $\delta$ 파는 0.3~3Hz, 20~200 $\mu$ V의 파형으로 수면 중에 발생한다. 이러한 뇌전도는 의료장비에서 상태에 따라 취득되며 데이터로 사용된다. 바이오인식을 위해 취득된 데이터를 이용하여 사용된 신호처리는 주파수를 이용한 필터이며 버터워스, 라플라시안 및 FIR으로 잡음이 제거된다.

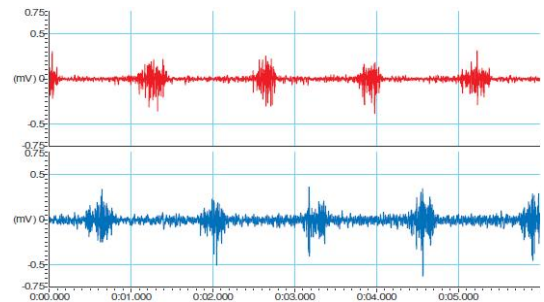
데이터분석을 위한 특징추출 알고리즘은 시간영역에서 자기회귀인 0으로 수렴하여 나타나는 자기상관에 의해 검출되는 계수와 이분변수와 양적변수 간의 상관인 점이연상관에 의해 검출되는 계수가 사용된다. 주파수영역에서 특징은 30Hz이상 존재하는  $\gamma$ 파를 추출하였다. 추출된 특징들의 데이터분석을 위한 판별분석은 대부분 선형판별분석이 사용된다.

최종 성능분석을 위해 사용한 기계학습은 SVM와 변수에 대해 최적의 추정치를 얻기 위해 평균제곱오차(MSE)를 사용하여 최소화시키는 최소 평균제곱오차(MMSE)가 사용된다. 뇌전도를 이용한 상황식별의 우수한 성능은 FIR필터 신호처리, 자기회귀 계수 특징추출, MMSE를 이용해 100%, 개인인증의 우수한 성능은 버터워스필터 신호처리, 점이연상관 계수 특징추출, SVM을 이용해 10명의 개인 인증율 86.1%이다.

### 2.4 근전도를 이용한 바이오인식 기술

근전도를 이용한 바이오인식 기술은 <Table 2>와 같다. 개인식별 및 상황식별인 네 동작식별과 동작에 따른 데이터 분석 등이 있다. 각 근전도 신호가 취득되는 네 동작은 각 연구에서 제안하는 동작을 정의하여 측정된다. 이러한 근전도는 의료장비나 개발 장비에 의해서 측정되는데 편의를 위해 표면 도출 법으로 측정된다. 측정된 근전도는 5~10,000Hz의 넓은 주파수 대역과 mV의 전압값을 갖는다. 측정된 근전도는 [Fig. 4]과 같다. [Fig. 4]의 위는 오른쪽 장딴지근 그래프, 아래는 왼쪽 장딴지근 그래프로 각각 개발 장비에서 측정된 것이다. 추가적으로 팔꿈치의 굴곡, 늘림과 팔뚝의 내전, 외전과 손목 등에서 측정하여 근전도 신호는 취득된다. 취득된 근전도를 이용한 신호처리 기술은 RMS, 중간, 노치필터 및 웨이블릿 변환이며 이를 통해 잡음이 감소 및 제거된다. 신호처리된 근전도를 이용하여 데이터분석을 위한 특징추출 알고

리즘은 시간영역에서 구간영역을 설정 후 MAV특징, 주파수영역에서 FFT, 비 균일필터대역 등이며 추출된 특징들의 데이터분석을 위한 판별분석은 대부분 주성분 분석이 사용된다. 최종 성능분석을 위해 사용한 기계학습은 SVM과 GMM이다. 근전도를 이용한 상황식별의 우수한 성능은 RMS필터, 웨이블릿 변환 신호처리, MAV 특징추출, SVM을 이용해 네 동작식별을 99%이며 개인식별의 우수한 성능은 비 균일필터대역 특징추출, GMM을 이용해 49명의 개인식별을 81.73%이다.



[Fig. 4] EMG Waveform acquired at the gastrocnemius

### 3. 생체신호 기반 바이오인식 기술 발전방향

기존 생체신호 기반 바이오인식 시스템은 100명 이하의 생체신호와 단편적인 상태에서 개인인증, 식별 및 상황식별을 해왔다. 향후에는 스마트기기, 컴퓨터 등 급속한 성능향상과 관련 기반 기술들의 발전으로 인식 범위가 100명 이상의 생체신호와 복합적인 상태로 확대되면서 개인인증, 식별 및 상황식별을 해야 한다. 이에 따른 고성능 알고리즘이 사용자 요구 충족 등과 강화된 바이오인식 시스템을 위한 연구가 요구된다[54]. 보다 강화된 생체신호 기반 바이오인식 시스템에 필요한 기술은 복합적 상태의 생체신호 기반 빅 데이터와 빅 데이터를 분석하는 고성능 알고리즘이다.

#### 3.1 생체신호 기반 빅 데이터

현재 공식적인 physionet 생체신호 데이터베이스, 의료장비, 개발 장비 등을 사용하여 생체신호 기반 바이오인식이 연구되는 중이지만 단편적인 상황만을 고려하여 진행되는 한계로 남아있다. 향후 개개인의 복합적 상태

인 편안, 운동, 음주, 흡연, 숙면, 아픈 상태 등 다양한 생체신호를 데이터베이스화하고 이를 이용하여 다 기능적 바이오인식 시스템은 사용자 충족을 만족시킨다. 이를 위해 개인의 복합적 상태인 생체신호의 빅 데이터가 요구되며 그에 맞는 데이터베이스를 구축해야한다.

### 3.2 빅 데이터 분석 및 기계학습

개개인의 복합적 상태에서도 취득된 생체신호를 이용하여 바이오인식 시스템 기술이 필요하다. 복합적 상태인 생체신호의 빅 데이터를 분석하기 위해 고성능 알고리즘이 요구된다. 현재 기계학습 기술을 이용하여 빅 데이터 분석 및 처리하는데 한계가 있으며 시간적으로 지연되는 문제점이 있다. 새로운 기계학습으로 주목받고 있는 딥러닝은 컴퓨터가 여러 데이터를 이용해 마치 사람처럼 스스로 학습할 수 있게 인공 신경망(ANN: artificial neural network)기반 기계 학습 기술이다[55]. 딥러닝은 인간의 두뇌가 수많은 데이터 속에서 패턴을 발견한 뒤 사물을 구분하는 정보처리 방식을 모방해 컴퓨터가 사물을 분별하도록 기계를 학습시킨다. 딥러닝 기술을 적용하면 사람이 모든 판단 기준을 정해주지 않아도 컴퓨터가 스스로 인지·추론·판단할 수 있게 된다.

층계 구조를 가진 다층 퍼셉트론 방식인 딥러닝은 심층신경망(Deep Neural Network)의 한 종류인 나선형 신경망(Convolutional Neural Network- CNN)기반의 심층 학습(Deep Learning)이다[56,57]. 향후 딥러닝 기반 생체신호를 이용한 바이오인식은 생체신호의 빅 데이터를 처리하며 광범위하게 활용할 것으로 기대된다.

## 4. 결론

바이오인식 기술은 지속적으로 연구, 발전되고 있으며 최근에는 실시간 환경에 적합한 바이오인식 시스템으로 진화되고 있다. 따라서 본 논문에서는 바이오인식시스템의 핵심적인 기술인 신호처리, 데이터분석, 성능분석 등에 대하여 기술을 분석하였다. 또한 바이오인식 시스템에서 최근 이슈가 되고 있는 개개인의 복합적 상태의 생체신호로 구성된 빅 데이터와 빅 데이터를 분석하는 딥러닝 알고리즘 등을 검토하여 바이오인식 시스템이 향후 발전해 나가야할 방향을 제시하였다. 이와 같은 상황을

고려해나간다면 향후 착용형 바이오인식 시스템의 성장에 도움이 될 것이라 예상된다.

현재 지문 및 얼굴의 생체정보를 이용한 바이오인식으로 개인인증 후 다양한 서비스를 사용되고 있다[58]. 향후 착용형 바이오인식을 위한 웨어러블 디바이스는 헬스케어 기능뿐만 아니라 그 이상의 기술을 위해 발전 중에 있다[59,60,61]. 또한, 생체신호를 이용한 바이오인식 시스템을 이용하여 적용되는 다양한 기술들은 금융, 보안, 출입관리, 의료복지, 공공, 마케팅에 이르기까지 다양한 산업과 연관이 있으므로 그 성장 가능성이 매우 높은 연구 분야라고 생각된다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This paper is supported by the research fund of Chosun University in 2016. This project was funded by the government (Future Creation Science Department) in 2015 and supported by the Information and Communication Technology Promotion Center (No. B0190-15-2030, Web service user account information management and leakage / exploitation detection technology development)

## REFERENCES

- [1] P. D. Lapsley, M. Kleeman, and P. J. Gioia, "Biometric financial transaction system and method." U.S. Patent and trademark office, No. 8,630,933, Jan. 2014.
- [2] C. K. Dimitriadis and D. Polemi, "Biometric-enabled authentication in 3G/WLAN systems." Proceedings 39th annual 2005 international carnahan conference on security technology, PP. 164-167, Oct. 2005.
- [3] C. C. Poon, Y. T. Zhang, and S. D. Bao, "A novel biometrics method to secure wireless body area sensor networks for telemedicine and m-health." Communications magazine IEEE, Vol. 44, Issue 4, PP. 73-81, Apr. 2006.
- [4] J. D. Woodward, N. M. Orleans, and P. T. Higgins, "Biometrics:[Identity assurance in the information

- age].” New York: McGraw-Hill/Osborne, 2003.
- [5] S. Davies, “Biometrics: A civil liberties and privacy perspective.” Information security technical report, Vol. 3, Issue 1, PP. 90-94, 1998.
- [6] J. Pathuel, “Biometric control systems and associated methods of use.” U.S. Patent application, No. 11/159,814, 2005.
- [7] J. Morton and A. Secretary, “US immigration and customs enforcement.” US Immigration and customs enforcement, Jul. 2012.
- [8] J. M. Gatto, T. B. Decourssou, and P. J. Beney, “Modular entertainment and gaming system configured for processing raw biometric data and multimedia response by a remote server.” DC: U.S. Patent and trademark office, No. 6,945,870, Sep. 2005.
- [9] J. L. Wayman, “Technical testing and evaluation of biometric identification devices.” Biometrics. Springer US, PP. 345-368, 1996.
- [10] R. De Luis-Garcia, C. Alberola-lopez, O. Aghzout, and J. Ruiz-Alzola, “Biometric identification systems.” Signal processing, Vol. 83, Issue 12, PP. 2539-2557, Dec. 2003.
- [11] A. Kaveh and W. H. Chung, “Temporal and spectral features of single lead ECG for human identification.” Biometric Measurements and Systems for Security and Medical Applications (BIOMS), 2013 IEEE Workshop on IEEE, PP. 17-21, Sep. 2013.
- [12] J. Wang, M. She, S. Nahavandi, and A. Kouzani, “Human identification from ECG signals via sparse representation of local segments.” Signal processing letters IEEE, Vol. 20, Issue 10, PP. 937-940, Jun. 2013.
- [13] T. M. Nazmy, H. El-messiry, and B. Al-bokhity, “Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of ECG signals.” Informatics and systems (INFOS), 2010 The 7th international conference on IEEE, PP. 1-6, 2010.
- [14] S. D. Al-shamma and M. C. Al-noaemi, “Heart sound as a physiological biometric signature.” Biomedical Engineering Conference (CIBEC), 2010 5th Cairo International. IEEE, PP. 232-235, Dec. 2010.
- [15] K. Phua, T. H. Dat, J. Chen, and L. Shue, “Human identification using heart sound.” Second international workshop on multimodal user authentication, Vol. 227, No. 10, May. 2006.
- [16] S. K. Yeom, H. I. Suk, and S. W. Lee, “Person authentication from neural activity of face-specific visual self-representation.” Pattern recognition, Vol. 46, Issue 4, PP. 1159-1169, Apr. 2013.
- [17] K. Brigham and B. V. K. V. Kumar, “Subject identification from electroencephalogram (EEG) signals during imagined speech.” Biometrics: theory applications and systems (BTAS), 2010 Fourth IEEE international conference on. IEEE, PP. 1-8, Sep. 2010.
- [18] M. Suresh, P. G. Krishnamohan, and M. S. Holi, “GMM modeling of person information from EMG signals.” Recent advances in intelligent computational systems (RAICS) IEEE, PP. 712-717, Sep. 2011.
- [19] A. Alkan and M. Gunay, “Identification of EMG signals using discriminant analysis and SVM classifier.” Expert systems with applications, Vol. 39, Issue 1, PP. 44-47, Jan. 2012.
- [20] G. B. Moody, R. G. Mark, and A. L. Goldberger, “PhysioNet: a web-based resource for the study of physiologic signals.” IEEE Eng med biol mag, Vol. 20, Issue 3, PP. 70-75, Jun. 2001.
- [21] I. W. Selesnich and C. S. Burrus, “Generalized digital butterworth filter design.” Signal processing, IEEE Transactions on, Vol. 46, Issue 6, PP. 1688-1694, Jun. 1998.
- [22] R. J. Cameron, “Fast generation of chebyshev filter prototypes with asymmetrically-prescribed transmission zeros.” ESA Journal, Vol. 6, No. 1, PP. 83-95, 1982.
- [23] A. Nehorai, “A minimal parameter adaptive notch filter with constrained poles and zeros.” Acoustics, Speech and signal processing, IEEE Transactions on, Vol. 33, Issue 4, PP. 983-996, Aug. 1985.
- [24] M. J. Shensa, “The discrete wavelet transform: wedding the a trous and mallat algorithms.” Signal processing, IEEE transactions on, Vol. 40, Issue 10, PP. 2464-2482, Oct. 1992.
- [25] Y. Y. Tang, J. Liu, L. H. Yang, and H. Ma, “Continuous wavelet transforms.” Wavelet theory



- and its application to pattern recognition, Vol. 74, PP. 53–81, 2000.
- [26] Z. Zhao, L. Yang, D. Chen, and Y. Luo, “A human ECG identification system based on ensemble empirical mode decomposition.” *Sensors*, Vol. 13, Issue. 5, PP. 6832–6864, May. 2013.
- [27] S. Wold, K. Esbensen, and P. Geladi, “Principal component analysis.” *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, Vol. 2, Issue 1–3, PP. 37–52, Aug. 1987.
- [28] B. Scholkopf and R. K. Mullert, “Fisher discriminant analysis with kernels.” *Neural networks for signal processing IX*, Vol. 1, Issue 1, PP. 41–48, 1999.
- [29] M. A. Hearst, S. T. Dumais, E. Osman, J. Platt, and B. scholkopf, “Support vector machines,” *Intelligent Systems and their Applications IEEE*, Vol. 13, Issue 4, PP. 18–28, Aug. 1998.
- [30] M. A. Friedl and C. E. Brodley, “Decision tree classification of land cover from remotely sensed data.” *Remote sensing of environment*, Vol. 61, Issue 3, PP. 339–409, Sep. 1997.
- [31] T. Denoeux, “A k-nearest neighbor classification rule based on Dempster–Shafer theory.” *Systems, man and cybernetics, IEEE transactions on*, Vol. 25, Issue 5, PP. 804–813, May. 1995.
- [32] A. Liaw and M. Wiener, “Classification and regression by randomForest.” *R news*, Vol. 2, Issue 3, PP. 18–22, Dec. 2002.
- [33] C. E. Rasmussen, “The infinite gaussian mixture model.” *NIPS*, Vol. 12, PP. 554–560, 1999.
- [34] L. M. Sangalli, P. Secchi, S. Vantini, and V. Vitelli, “K-mean alignment for curve clustering.” *Computational statistics & data analysis*, Vol. 54, Issue 5, PP. 1219–1233, May. 2010.
- [35] L. Biel, O. Pettersson, L. Philipson, and P. Wide, “ECG analysis: a new approach in human identification.” *Instrumentation and measurement transactions on IEEE*, Vol. 50, Issue 3, PP. 808–812, Jun. 2001.
- [36] G. U. Gang, C. H. Min, and T. S. Kim, “Single channel ECG-based biometric system development.” *Korea journal of electronics engineers*, Vol. 49, No. 1, PP. 1–7, Jan. 2012.
- [37] S. J. Lee and M. H. Lee, “ECG developed face recognition algorithm using SVM classifier.” *Korea journal of electrical engineers*, Vol. 60, No. 3, PP. 654–661, Mar. 2011.
- [38] H. Gurkan, U. Guz, and B. S. Yarman, “A Novel Human Identification System based on Electrocardiogram Features.” *Signals, circuits and systems (ISSCS)*, 2013 International symposium on. *IEEE*, PP. 1–4, Jul. 2013.
- [39] S. Pathoumvanh, S. Airphaiboon, B. Prapochanung, and T. Leauhatong, “ECG analysis for person identification.” *Biomedical engineering international conference (BMEiCON) on IEEE*, PP. 1–4, Oct. 2013.
- [40] A. B. Amiruddin, O. O. Khalifa, and F. A. F. Rabih, “Performance evaluation of human identification based on ECG signal.” *Computing, control, networking, electronics and embedded systems engineering (ICCNEEE)*, International conference on. *IEEE*, PP. 479–484, Sep. 2015.
- [41] S. L. Lin, C. K. Chen, W. C. Yang, and C. T. Chiang, “Individual identification based on chaotic electrocardiogram signals during muscular exercise.” *Biometrics*, Vol. 3, Issue 4, PP. 257–266, Dec. 2014.
- [42] S. H. Im, G. R. Min, J. S. Lee, D. P. Jang, and I. Y. Kim, “Personal identification using a single lead electrocardiogram.” *Korea journal of biomedical engineering research*, Vol. 35, No. 3, PP. 42–49, Jun. 2014.
- [43] E. Rabhi and Z. Lachiri, “Biometric Personal Identification System using the ECG Signal.” *Computing in cardiology conference (CinC) on IEEE*, PP. 507–510, Sep. 2013.
- [44] A. Fratini, M. Sansone, P. Bifulco, M. Romano, A. Pepino, M. Cesarelli, and G. D’Addio, “Individual identification using electrocardiogram morphology.” *Medical measurements and applications proceedings (MeMeA)*, International symposium on. *IEEE*, PP. 107–110, May. 2013.
- [45] S. Hari, F. Agrafioti, and D. Hatzinakos, “Design of a Hamming-distance classifier for ECG biometrics.”

- Acoustics, speech and signal processing (ICASSP), International conference on. IEEE, PP. 3009-3012, May. 2013.
- [46] M. N. Dar, M. U. Akram, A. Shaukat, and M. A. Khan, "ECG based biometric identification for population with normal and cardiac anomalies using hybrid HRV and DWT features." IT convergence and security (ICITCS), 5th International conference on. IEEE, PP. 1-5, Aug. 2015.
- [47] S. J. Jang, S. J. Yoon, J. W. Lee, G. J. Kim, and C. S. Jang, "Biometrics using discrete wavelet transform based ECG." Korea electronics and telecommunications society journal proceedings, Vol. 7, No. 1, PP. 514-517, Mar. 2013.
- [48] F. Beritelli and A. Spadaccini, "Human identity verification based on mel frequency analysis of digital heart sounds." Digital signal processing, 2009 16th international conference on. IEEE, PP. 1-5, Jul. 2009.
- [49] H. D. Tran, Y. R. Leng, and H. Li, "Feature integration for heart sound biometrics." Acoustics speech and signal processing (ICASSP), international conference on. IEEE, PP. 1714-1717, Mar. 2010.
- [50] K. Das, S. Zhang, B. Giesbrecht, and M. P. Eckstein, "Using rapid visually evoked EEG activity for person identification." Engineering in medicine and biology society, Annual international conference of the IEEE, PP. 2490-2493, Sep. 2009.
- [51] D. La Roca, P. Campisi, and G. Scarano, "On the repeatability of EEG features in a biometric recognition framework using a resting state protocol." BIOSIGNALS, PP. 419-428, 2013.
- [52] N. Kunju, N. Kumar, D. Pankaj, A. Dhawan, and A. Kumar, "EMG signal analysis for identifying walking patterns of normal healthy individuals." Indian journal of biomechanics, Vol. 118, Mar. 2009.
- [53] C. H. Lee, S. I. Gang, S. H. Bea, J. W. Gwon, and D. H. Lee, "Study on the wrist direction recognition module using electromyography." Korea journal of welfare rehabilitation engineering, Vol. 7, No. 1, PP. 51-58, Jun. 2013.
- [54] L. Francioso, C. De Pascali, I. Farella, C. Martucci, P. Creti, P. Siciliano, and A. Perrone, "Flexible thermoelectric generator for ambient assisted living wearable biometric sensors." Journal of Power Sources, Vol. 196, Issue 6, PP. 3239-3243, Mar. 2011.
- [55] J. Ngiam, A. Khosla, M. Kim, J. Nam, H. Lee, and A. Y. Ng, "Multimodal deep learning." Proceedings of the 28th international conference on machine learning (ICML-11), PP. 689-696, 2011.
- [56] L. Deng, G. Hinton, and B. Kingsbury, "New types of deep neural network learning for speech recognition and related applications: An overview." Acoustics, speech and signal processing (ICASSP), International conference on. IEEE, PP. 8599-8603, 2013.
- [57] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." Advances in neural information processing systems, PP. 1097-1105, 2012.
- [58] Y. C. Hwang, H. J. Moon, and J. W. Lee, "Face Recognition System Technologies for Authentication System - A Survey", Journal of convergence society for small and medium business, Vol. 5, No. 3, PP. 9-13, 2015.
- [59] J. I. Lee, "Convergent Case Study of Research and Education: Internet of Things Based Wireless Device Forming Research." Journal of the korea convergence society, Vol. 6, No. 4, PP. 1-7, 2015.
- [60] S. H. Lee and D. W. Lee, "On Issue and Outlook of wearable Computer based on Technology in Convergence", Journal of the korea convergence society, Vol. 6, No. 3, PP. 73-78, 2015.
- [61] Y. J. Lee and Y. S. Choi, "Design and Implementation of Wearable Device using Lithium Polymer consist of Peltier", Journal of convergence society for small and medium business, Vol. 5, No. 2, PP. 15-20. 2015.

최 규 호(Choi, Gyu Ho)



- 2015년 2월 : 조선대학교 전자공학과(공학사)
- 2015년 2월 ~ 현재 : 조선대학교 제어계측공학과(공학박사 과정)
- 관심분야 : 바이오인식, 신호처리, 패턴인식, 웨어러블 디바이스
- E-Mail : choiguho@gmail.com

문 해 민(Moon, Hae Min)

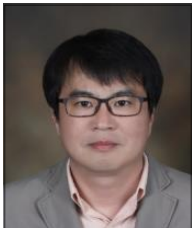


- 2009년 2월 : 조선대학교 제어계측공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 조선대학교 제어계측공학과(공학석사)
- 2015년 2월 : 조선대학교 제어계측공학과(공학박사)
- 2015년 2월 ~ 현재 : 숭실대학교
- 관심분야 : 영상압축, 영상처리, 위

터마킹

- E-Mail : bombilove@gmail.com

반 성 범(Pan, Sung Bum)



- 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학박사)
- 2005년 2월 : 한국전자통신연구원 정보보호연구단 바이오인식 기술 연구 팀 팀장
- 2005년 2월 ~ 현재 : 조선대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : 바이오인식, 영상처리

- E-Mail : sbpan@chosun.ac.kr