

심전도 신호 내 개인별 특이점 검증

이병한, 최현수, 김세정, 윤성로*
 서울대학교 전기정보공학부
 e-mail*: sryoon@snu.ac.kr

Verification of Individual Characteristic in Electrocardiogram

Byunghan Lee, Hyun-soo Choi, Saejung Kim, Sungroh Yoon*
 Department of Electrical and Computer Engineering
 Seoul National University

요 약

본 연구에서는 여러 가지 생체 신호 중 심전도 신호를 대상으로 하여 개인별 구분이 가능한 특이점이 검출 되는지 기계 학습을 통하여 검증하였다. 심장 질환이 없는 정상인을 대상으로 수집한 신호로부터 8가지 기점 특징을 추출하였으며, 동일 오류율과 AUC를 평가 척도로 하여 SVM 분류기를 이용한 경우 개인별 특이점이 효과적으로 구분됨을 확인하였다.

1. 서 론

최근 신체에 착용하는 안경, 팔찌, 목걸이, 이어셋, 의류 등 여러 가지 형태의 웨어러블 기기가 잇따라 출시됨에 따라 운동 및 건강 관리 등의 목적으로 생체 신호가 이용되고 있다. 이에 더하여 뇌파와 같은 인위적으로 발생 가능한 생체 신호를 바탕으로 한 장애인용 컴퓨터 인터페이스, 휠체어 제어 등의 기술에도 생체 신호가 이용되고 있다. 기존 조사 [1]에서는 키보드 누름, 얼굴형, 망막, 홍채, 음성, 지문, 필체, 손 등의 측정 가능한 생체 신호를 인위성, 정확성, 비용, 편의성의 관점에서 비교하였으나 모든 항목에서 우수한 성능이 발휘되는 생체 신호는 발견되지 않았으며, 이에 따라 새로운 생체 신호 중 하나로 신체 표면에서 측정되는 심전도가 제안되고 있다.

본 연구에서는 생체 신호로써 심전도 신호의 특성을 파악하기 위하여 심장 질환이 없는 정상인을 대상으로 개인별 심전도 신호를 수집하고, 수집된 심전도 신호를 대상으로 개인별 구분이 가능한 특이점이 검출 되는지 기계 학습 기법을 이용하여 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 심전도

심전도는 심박동과 관련된 전위차를 신체 표면에서 측정, 도식화 한 것으로 재현성이 있고, 쉽게 반복하여 측정할 수 있으며 개개인의 고유 정보가 포함될 수 있는 것으로 알려져 있다. 심전도는 손가락, 손목, 발, 가슴, 허리 등 다양한 신체 부위에서 나타나므로 측정이 용이하다. 정상인의 심전도 파형은 크게 P파, QRS파, T파로 특징 지어지며, 이러한 패턴이 반복되어 나타난다. 여기에서 P파는 심방 탈분극 시기, QRS파는 심실 탈분극 시기, T파는 심

실 재분극 시기에 관측된다.

2.2 심전도 기점 특징

본 연구에서는 심전도 파형으로부터 P정점, Q정점, R정점, S정점, T정점의 전위와 P-Q간격, Q-S간격, S-T간격의 시간을 특징으로 한 총 8차원 특징 벡터를 추출하였다 [그림 1]. 일반적으로 잡음이 없는 유의한 심전도 파형은 5 Hz - 15 Hz의 신호로 알려져 있으므로 저역 필터와 고역 필터를 결합하여 해당 대역의 신호를 추출하였다 [2].

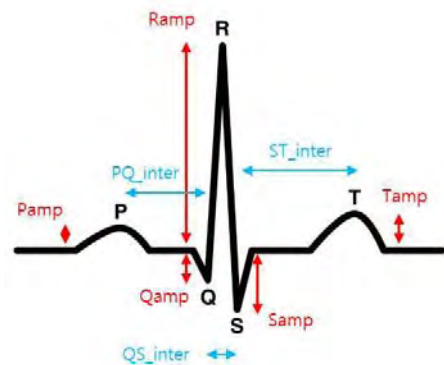


그림 1. 심전도 기점 특징

2.3 지도 학습 분류기

본 연구에서는 심전도 신호로부터 개인별 특이점이 구분 되는지 검증하는 데 이를 이분 분류기로 구현되는 지도 학습 문제로 접근하였다. 본 연구에 이용한 지도 학습 분류기는 1) SVM, 2) Simple Logistic, 3) Naïve Bayes, 4) Random Forest, 5) Adaboost, 6) Random Subspace,

7) Bagging, 8) Multi-Layer Perceptron, 9) Bayes Net, 10) RBF Network로 총 10가지이다 [표 1].

지도 학습 분류기의 학습에는 본인의 심전도 신호를 양성 객체로 하며, 그 외 타인의 심전도 신호를 음성 객체로 하는 학습 데이터를 구성하여 여러 가지 지도 학습 분류기를 학습시켰다. 각 지도 학습 분류기의 성능은 10-fold 교차 검증으로 동일 오류율 (Equal Error Rate, EER), AUC (Area Under the Curve), 민감도 (Sensitivity), 특이도 (Specificity), 위양성율 (False Positive), 위음성율 (False Negative) 총 6가지를 평가하였다. 이 중 동일 오류율은 오수락률 (FAR)과 오거부율 (FRR)이 일치하는 지점의 오인식률로, 일반적으로 생체 신호를 이용한 분류기의 성능을 평가하는 척도이다 [3]. 동일 오류율은 ROC (Receiver Operating Characteristic) 커브에서 오수락률과 오거부율이 일치하는 지점을 찾음으로써 구할 수 있다. ROC 커브에 이용될 SVM 분류기의 분류 점수는 (x) 로 정의된다 [식 1]. $g(x)$ 는 객체 x 와 분류기의 기준이 되는 초평면 사이의 거리로 이분 분류기의 분류 기준이 되며, 이 때, y 는 객체 라벨, α 는 비중, $k(\cdot)$ 는 커널 함수, b 는 바이어스를 나타낸다.

$$(x) = \sum_{i=1}^m y_i \alpha_i k(x, x_i) + b. \quad (1)$$

3. 실험 방법 및 결과

본 연구에 이용한 심전도 신호는 20대 - 30대 남녀 총 180여명으로부터 각각 1분간 측정하였으며, 측정에는 NeuroSky 사의 CardioChip이 사용되었다. CardioChip은 의료기기 보다 정밀도는 떨어지지만 웨어러블 기기 등 일상 생활에 적용될 생체 신호 센서로서는 적합하므로 이를 선택하였다. 본 연구의 의의는 의료 기기를 이용한 기존 연구와 달리 정밀도가 떨어지는 일반 상용 센서를 이용하여 사람들 사이의 특이점이 구분되는지 확인하는 데 있다.

본론 2.3에 제시한 총 10가지 지도 학습 분류기의 성능을 비교한 결과, SVM이 동일 오류율 측면에서 가장 우수한 성능을 보였으며 해당 결과는 [표 1]과 같다. 본 실험은 60초간 측정된 심전도 파형에서 50 - 100여 회의 매 박동을 대상으로 진행한 것으로 분류기의 학습에는 초반 30초간의 신호를 사용하였으며, 학습된 분류기 검증에 기준으로 이용된 SVM 분류기의 양성/음성 객체 간 점수 분포는 [그림 2]와 같이 두 객체 간 분류가 가능할 정도의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

동일 오류율이 10% 이상으로 측정된 신호에 대하여 세부 분석한 결과, 1) 피험자의 움직임으로 인한 측정 초반 및 후반부의 잡음, 2) R정점 파소 추출로 인한 양성 객체 학습/검증 데이터에서 기점 특징 벡터의 오류로 판단되었다. 이는 신호 내 특이 잡음이 특징 추출 과정에 영향을 미친 것으로 향후 연구에서 기점 특징 추출 알고리즘을 개선함으로써 해결될 것으로 보인다.

분류기	EER	AUC	민감도	특이도	위양성	위음성
1	4.460	0.996	0.915	0.972	0.028	0.085
2	8.810	0.951	0.823	0.964	0.036	0.177
3	9.510	0.981	0.889	0.908	0.092	0.111
4	6.230	0.996	0.874	0.981	0.019	0.126
5	7.160	0.995	0.833	0.973	0.027	0.167
6	6.510	0.995	0.827	0.977	0.023	0.173
7	6.720	0.994	0.858	0.969	0.031	0.142
8	8.540	0.980	0.830	0.970	0.030	0.170
9	6.100	0.993	0.884	0.969	0.031	0.116
10	9.300	0.987	0.844	0.967	0.033	0.156

표 1. 이분 분류기 성능

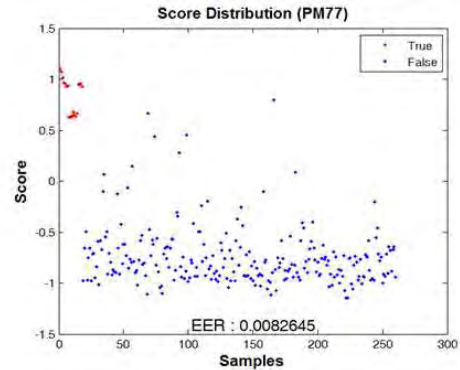


그림 2. SVM 분류기 점수 분포

4. 결 론

본 연구에서는 일반 상용 센서를 이용하여 심전도 신호를 수집하고, 이로부터 개인별 8가지 기점 특징을 추출한 후 지도 학습 알고리즘을 기반으로 개인별 특이점이 구분되는지 확인하였다. 그 결과 일반 상용 센서로 측정된 심전도 신호로도 특이점 구분이 가능함을 확인하였고, 향후에는 추가적인 전처리 알고리즘 제안, 기점 특징 추출 알고리즘 개선 등의 연구를 목표로 하고 있다.

사 사

이 논문은 2014년도 정부 (미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 (No. NRF-2011-0009963, No. NRF-2012R1A2A4A01), 바이오.의료기술개발사업 (No. 2012M3A9D1054622), 두뇌한국21플러스사업 및 LG전자의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] <http://www.ibia.org/applications/>.
 [2] Pan, Jiapu, and Willis J. Tompkins. "A real-time QRS detection algorithm." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on 3 (1985): 230-236.
 [3] Odinaoka, Ikenna, et al. "ECG biometric recognition: A comparative analysis." Information Forensics and Security, IEEE Transactions on 7.6 (2012): 1812-1824.