

# AI 기술을 이용한 PPG 기반 원격의료 데이터의 신뢰성 평가

김지운\*<sup>†</sup> · 박성민\*\* · 최성욱\*

\*강원대학교 기계의용공학과, \*\*강원대학교 의학전문대학원

## Reliability Assessment of PPG-based Telemedicine Data Using AI Technology

Ji Woon Kim\*<sup>†</sup>, Sung Min Park\*\*, Sung Wook Choi\*

\*Dept. of Mechanical & Biomedical Eng., Kangwon National Univ., Chuncheon, Korea

\*\*Dept. of Thoracic and Cardiovascular Surgery school of Medicine, Kangwon National Univ, Chuncheon, Korea

Key Words: 심층신경망 필터(DNN Filter), 광용적맥파(Photoplethysmography, PPG), Pulse Waveform Analysis (PWA), 원격의료(Telemedicine), 신뢰성(Reliability)

### Abstract

Although limited telemedicine has been attempted for patients living in remote areas with low medical access or having difficulty moving around, the recent spread of COVID-19 has raised the need for telemedicine. Among the medical data that allows direct measurement of patients, Photoplethysmogram(PPG) contains a variety of information about heart rate and blood flow circulation, which can be used to make a useful assessment of the reliability of patient data. In this study, we succeeded in finding the 6 singular point necessary for PPG analysis using deep neural network filters, and we extracted 13 PWA parameters of PPG stably by processing them. The reliability of the measured parameters and the rate of change of parameters were used to evaluate the re-measurement due to noise, the accuracy of personal identification, the change of blood pressure, the accuracy of exercise and meal records, and all of the above data were collected to determine the actual changes in other biological data.

## 1. 서 론

의료취약지구에서 거주하거나 병원 방문이 어려운 만성질환자를 대상으로 원격의료 사업이 점차 확대되고 있으며 전염력이 강한 COVID-19가 장기화됨에 따라 의사와 환자 간 전염을 방지하기 위한 원격의료 서비스의 필요성이 강조되고 있다.

하지만 의료진의 보조가 없는 상황에서 환자가 측정 장비를 잘못된 방법으로 사용하거나 부적절한 상황에서 생체데이터를 측정할 경우 환자의 건강상태와 무관하게 비정상 데이터가 출력될 수 있으며 이로 인해 오진이 발생할 수 있다. 또한 다수의 환자들에게서 측정되는 방대한 양의 데이터를 관리하는 것은 의료진에게 과중한 부담을 줄 수 있기 때문에 데이터의 효과적인 관리를 위한 방법이 요구되고 있다.

광용적맥파(Photoplethysmography, PPG)는 손가락 끝에 센서를 장착하여 광학적 방법을 통해 측정되는 데이터로써 다른 생체데이터에 비해 측정방법이 단순하며, 심박 수, 산소포화도 등의 생체 정보를 확인할 수 있다.

그러나 광용적맥파는 동잡음에 취약하며 환자, 질환, 측정기기에 따라 데이터의 형태가 크게 달라지기 때문에 PPG를 자동으로 진단하기 위한 알고리즘을 구성하는 것은 한계가 있다.

이를 해결하기 위해 신호처리방법을 이용하여 시

계열 특성 혹은 주파수 특성을 계산함으로써 심혈관 정보를 추론한 연구가 있었으나 다양한 환경에서 발생할 수 있는 잡음을 제거하기 어려웠으며 환자의 신원정보나 데이터의 신뢰성을 판단할 수 없었다.

최근 CNN 혹은 LSTM 등의 기술을 이용하여 의료진이 PPG 데이터를 보고 판단하는 과정을 모사하기 위한 연구가 진행되었지만 박동 단위로 신원확인 및 비정상 유무를 판단하는 CNN, LSTM 기반 알고리즘은 학습데이터를 확보하기 어려울 뿐만 아니라 많은 양의 연산량으로 인해 고성능 하드웨어를 요구했다.

본 연구에서는 DNN 필터를 활용하여 환자, 질환, 측정방법과 무관하게 PPG 데이터에서 공통적으로 나타나는 특이점을 탐색하였으며, 특이점을 기반으로 PWA를 계산함으로써 측정 환자의 신원확인 및 재판정 유무를 판단하였다.

## 2. 이론 및 실험

### 2.1 학습데이터

본 연구를 진행하기 위해 Physionet에서 BIDMC PPG and Respiration Dataset(BIDMC)와 MIMIC Dataset(mimicdb)를 사용하였으며, (주)바이오닉스 환자감시장치를 이용하여 자체 측정한 Dataset을 사용하였다.(1)

위 데이터를 모두 취합하여 100명의 중환자 데이터와 6명의 건강한 사람의 데이터를 확보한 뒤, 서로 다른 Sampling rate에 대해 62.5 Hz로 일괄 다

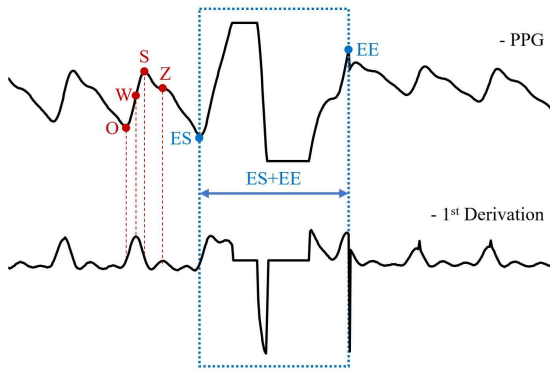


Fig. 1 Singular points determined by DNN Filters

운-샘플링하였다.

## 2.2 심층신경망 필터

심층신경망 필터는 신호처리필터와 유사하게 고정된 크기의 윈도우를 통과하는 데이터에 대해 특이점을 판단하는 역할을 수행하였으며, 이로 인해 특이점 판단이 누적됨으로써 인식률이 계산되었다.

Fig 1과 같이 심층신경망 필터가 판정하는 특이점은 PPG 상의 Pulse Onset(O), Systolic Peak(S), Maximum rising slope before Systolic Peak(W), Maximum rising slope before Diastolic Peak(Z) 그리고 Error Start(ES), Error End(EE)이다.

심층신경망 필터는 입력층, 2개의 은닉층, 출력층으로 구성되었으며 Adam\_Optimizer를 통해 학습되었다.

## 2.3 PWA 기반 신원확인 및 재측정 판정

PWA 파라미터는 [T1, Tmax, PPT, T2, Tn, ST, DT, amp1, amp2, ampN, dpdmax, WW, HR] 13개로 구성되었으며, 심층신경망 필터의 인식률이 80 이상인 심장 박동을 분류한 뒤 환자별/일자별 평균을 계산하였다.(2)

Fig 2와 같이 만약 인식률이 80 이상인 심장 박동 수가 30개 이하인 경우 신뢰성 있는 데이터의 불충분으로 인한 재측정 요구를 진행하였고, 측정된 PWA의 평균값이 과거에 계산된 PWA의 95% 신뢰구간에 포함되는지 여부를 판단함으로써 신원확인을 진행하였다.

이 후 현재 측정된 의료기록(HR, HRV, SPO2, NIBP, 혈당, 운동/식사 기록, 그 외 증상)과 이전에 측정된 의료기록의 변화율을 계산하여 문진표에 대

한 신뢰도를 판정함으로써 데이터 변화가 환자로 인한 것인지 혹은 장비로 인한 것인지 실시간으로 판단하였다.

## 2.4 심층신경망 필터의 학습결과

특이점을 판정하는 심층신경망 필터의 훈련을 위해 32명의 중환자 데이터와 1명의 정상인 데이터가 학습데이터로 사용되었으며, 훈련데이터에 대한 정확도는 1,000 Epoch일 때에 O, S, W1, W2, ES, EE 각각 93.4%, 97.5%, 95.2%, 96.5%, 98.9%, 98.2% 였다.

## 2.5 신원확인 및 문진표

신원확인 및 재측정 판정은 (주)바이오닉스 장비를 통해 측정된 정상인 6명과 BIDMC 및 MIMIC 데이터를 비교함으로써 정상인과 중환자를 구분하였으며, 측정된 PWA 파라미터별 평균값 중 95% 신뢰구간에 포함되지 않는 경우가 3건 이상일 때 신원확인을 재요청하였다. 정상인과 중환자에 대한 신원불일치 정확도는 최대 91.85%, 최소 83%였다.

Table 1과 같이 PWA 파라미터의 변화율을 통해 피험자의 상태를 문진표와 비교하였으며, PWA 파라미터 중 기준치 이상 변화한 값이 5건 이상인 경우 재측정을 요청하였다. 실제 PWA 변화율이 5건 이상인 경우 운동을 하거나 흡연 직후에 측정한 경우였으며 운동 강도가 높을수록 기준치 이상 변화한 PWA 파라미터 수가 증가하였다.

## 3. 결 론

본 연구에서 제안한 DNN Filter는 특이점에 대한 판정 누적을 통해 적은 뉴런과 연산량에도 불구하고 높은 정확도를 나타내었기 때문에 비교적 저성능 하드웨어에서도 빠른 구현이 가능하였으며, 기존의 신호처리 필터와 같이 실시간 처리가 가능했다.

또한 DNN Filter로 구한 특이점 기반 PWA 파라미터와 의료기록의 변화율을 활용하여 신원 확인 및 재측정 유무를 판정하는 알고리즘을 통해 신뢰성 있는 의료데이터를 구분할 뿐만 아니라 신뢰성이 낮은 원인도 확인할 수 있었다.

추후 연구를 통해 신규증상에 대한 사례를 확보하여 예외상황에 대한 세부적인 판단을 진행할 계획이다.

Table 1 Example of a PWA-based remeasurement decision

|           | 0918 | 0919 | 0920 | 0921 | 0922 | 0923 | 0924 | 0925 | 0926 | 0927 | Re-measure |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Subject 1 | 0    | 0    | 0    | 2    | 5    | 0    | 5    | 0    | 0    | 0    | 2          |
| Subject 2 | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 7    | 0    | 0    | 0    | 1          |
| Subject 3 | 6    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1          |
| Subject 4 | 0    | 0    | 0    | 0    | 8    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1          |
| Subject 5 | 0    | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 1          |
| Subject 6 | 2    | 1    | 0    | 0    | 6    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1          |

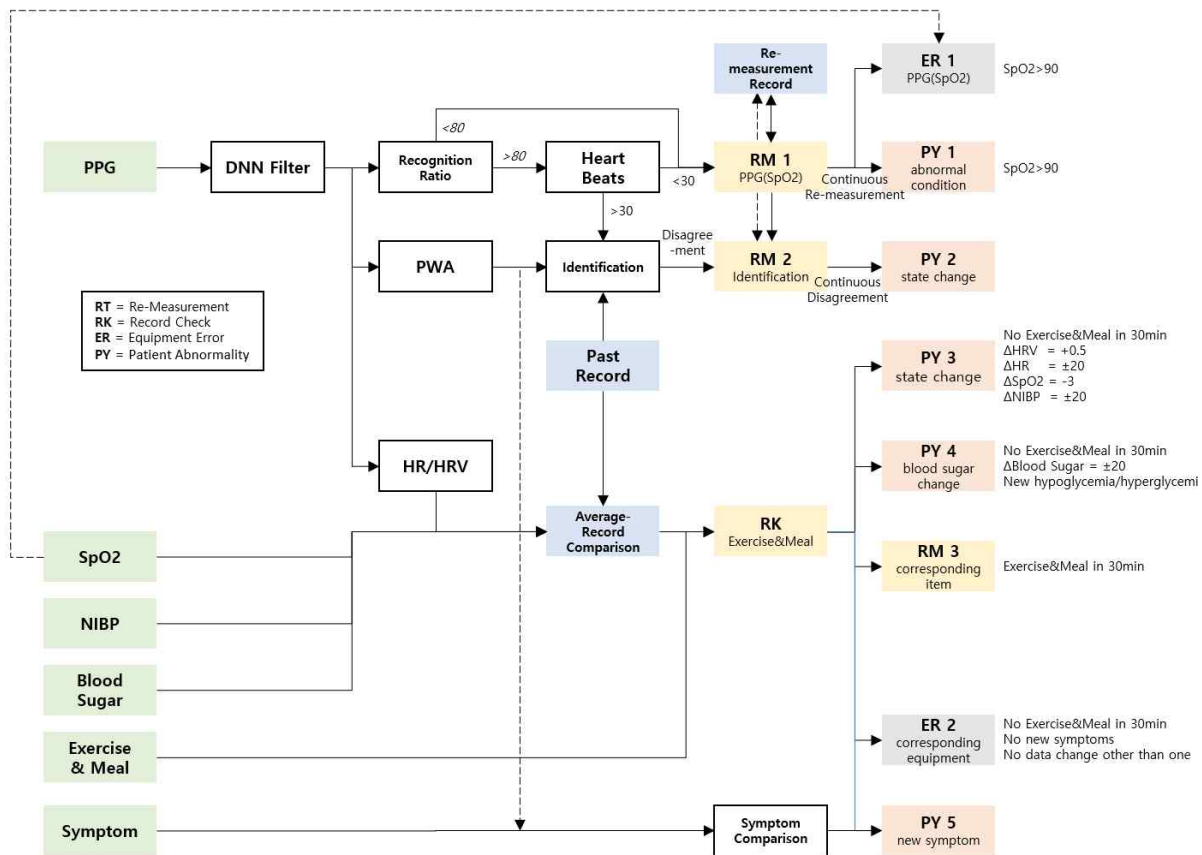


Fig. 2 PWA-based identification and remeasurement Algorithm

## 후 기

본 연구는 중소벤처기업부의 기술개발사업의 지원으로 수행되었음. (No.S2591576)

## 참고문헌

- (1) Marco, A. F., Alistair, E. W. and David A., 2016, "Towards a Robust Estimation of Respiratory Rate from Pulse Oximeters," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 64, No. 8, pp. 1914~1923
- (2) Yoon, Y. Z., Kang, J. and Hwang S. W., 2017, "Cuff-less blood pressure estimation using pulse waveform analysis and pulse arrival time," IEEE journal of biomedical and health informatics 22.4, pp. 1068~1074