

Neural Network 기반의 PPG 신호 검출 시스템

*김치성 **한동석

경북대학교

**dshan@knu.ac.kr

Detecting PPG signal using Neural Network

*Kim, Chisung **Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

최근 웨어러블 장치의 개발로 인하여 다양하게 생체 신호를 측정하는 방법이 많아지고 있다. 이와 관련하여 대표적으로 측정하는 신호가 PPG(plethysmography) 신호이다. PPG 신호를 이용하여 맥박수, 혈박출량, SpO2 등의 값들을 추정할 수 있다. 그러나 웨어러블 장치의 특성상 동적잡음이 많이 발생하게 된다. 동적잡음을 제거하기 위한 방법들은 가속도 센서를 사용하는 방법, 칼만필터(Kalman filter)를 이용하는 방법 등 다양한 방법들이 존재한다. 그러나 여전히 범용으로 사용하기에는 한계가 있다. 본 논문은 Neural Network를 사용하여 개인별로 PPG 신호를 학습하여 PPG 신호의 이상 유무를 판단하고 이전 신호의 평균 맥박수를 사용하여 효과적으로 PPG 신호의 정확한 맥박수를 검출하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근 헬스케어 산업의 중요성이 커짐에 따라 실시간으로 건강 상태를 측정하는 방법의 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 그중 하나로 맥박수를 측정하는 것은 헬스케어 분야에서의 기반 기술이다. 맥박수는 PPG(plethysmography) 신호를 이용하여 측정 할 수 있다. PPG 신호는 손가락에 빛을 통과시키거나 반사시켜 빛의 세기가 감소한 정도를 측정하여 혈류량의 변화를 측정하는 방식으로 검출한다. 그림 1에서 PPG 신호를 검출하고 맥박수를 추정하는 방법을 나타내었다[1]. PPG 신호를 사용하여 맥박수, 혈박출량 등을 측정하는 것은 이미 병원 등에서 널리 사용되고 있다. 병원에서 측정하는 방법은 정적인 상태에서 측정하며 실시간 측정 방법이라 할 수 없다. 실시간으로 측정하기 위해서 최근에는 웨어러블(wearable) 장치가 많이 개발 되고 있다[2]. 웨어러블 장치를 사용하여 PPG 신호를 측정 할 때 가장 고려되어야 할 부분은 잡음을 처리하는 부분이다. PPG 신호에서 잡음은 주로 0Hz에서 60Hz 사이의 주파수 대역의 잡음이다. 생체 잡음, 열 잡음 등이 주된 잡음이다. PPG 신호는 일반적으로 0.5Hz에서 4Hz 사이에서 나타난다[3]. PPG 신호에 비해 상대적으로 고주파 영역의 잡음들은 기존의 미러 필터, 평균 이동필터, 대역 통과필터 등을 이용하는 방법으로 제거될 수 있다. 고주파 대역

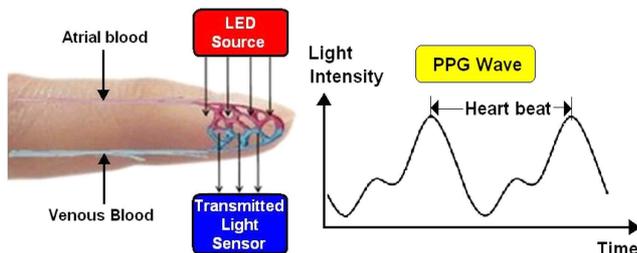


그림 1. PPG 신호 측정 방법과 맥박수 측정 개념도.

의 잡음은 효과적으로 제거할 수 있지만, PPG 신호와 비슷한 주파수 대역에서 발생하는 잡음을 제거하는 것은 여전히 큰 어려움으로 남아있다 [4]. 최근에 이를 극복하고자 많은 연구들이 진행되고 있다. 가속도 센서를 사용하는 방법과 칼만필터(Kalman filter)를 사용하는 방법들이 그 중 한 방법인데, 여전히 잡음을 제거하기에는 충분하지 않다. 특히 호흡 등의 낮은 주파수 잡음이나 갑작스런 팔의 움직임 등의 비 주기적 잡음에 대하여 검출이 용이하지 않다[5]. 본 논문에서는 이를 극복하기 위하여 Neural Network를 사용하여 이상 잡음이 발생하는 것을 검출하고, 해당 구간에서 적응적으로 이전 평균 맥박수를 고려하여 효과적으로 정확한 맥박수를 검출하는 알고리즘을 제안하였다.

2. PPG 측정 시 잡음으로 인한 문제

그림 2 는 10초 동안의 ECG(electrocardiography)신호와 PPG 신호를 함께 측정한 결과 이다. 그림 2에서 ECG 신호의 주기와 비슷한 주기로 PPG 신호가 검출되는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 4초에서 6초 사이에서 PPG 신호가 제대로 측정 되지 않았음을 확인 할 수 있다. 이 때, 맥박수를 검출 할 경우 제대로 측정 되지 않는다.

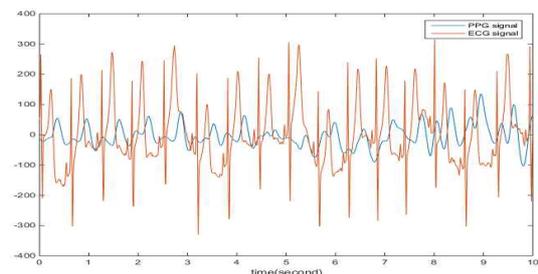


그림 2. PPG 신호와 ECG 신호

3. Neural Network를 사용한 제안 방법

잡음 때문에 측정이 되지 않은 PPG 신호를 검출하기 위하여 Neural Network를 사용하였다. 사용한 모델은 MLP(Multi Layer Perceptron)를 사용하였다. 그림 3에서 단일 층(layer)에서 하나의 노드(perceptron)의 개념도를 나타내었다. MLP는 2개 이상의 층으로 이루어져 있고, 한 층에 여러 개의 노드로 구성되어 있다. 노드는 일정 크기 이상의 자극을 받으면 반응을 하는데, 이때 반응의 크기는 입력 값과 노드의 계수(weight)를 곱한 값들의 합이고, 반응을 할지 결정하는 함수는 활성화함수(activation function)라 한다. 입력 값이 MLP를 통과하여 최종 출력된 값을 토대로 PPG 신호에 이상이 있는지 여부를 판단한다. 만일 이상이 있게 된다면, 맥박수를 검출 할 때 이전의 맥박수의 평균을 고려하여 적응적으로 정확한 맥박수를 검출하게 된다.

적응적으로 정확한 맥박수를 검출하는 방법은 다음과 같다. 우선, 이상이 있는 구간의 주파수 영역에서 침두치 값들을 찾는다. 이때 잡음들이 섞여 있기 때문에 맥박수의 주파수 범위(0.5Hz - 4Hz)내에 여러 개의 침두치 값들이 존재한다. 이 후, 침두치 값들 중 이전 맥박수의 평균과 가장 가까운 침두치 값을 찾으면 비교적 정확한 맥박수를 검출할 수 있다.

4. 실험결과

실험에서 총 12명의 잡음이 없는 PPG 신호를 Neural Network의 훈련신호로 사용하였고, 1명의 40초의 PPG 신호를 검증 신호로 사용하였다. 맥박수는 5초 간격으로 측정하였고, 대역 통과필터와 평균 이동필터를 사용하여 잡음을 제거한 방법과 제안 방법의 맥박수 측정 결과를 비교하였다. 맥박수의 정답은 PPG 신호를 측정할 때, 동 시간에 측정된 ECG 신호의 주기를 바탕으로 설정하였다. 그림 4, 그림 5에서 기존방법의 맥박수 검출 결과의 오차와, 제안방법의 맥박수 검출 결과의 오차를 각각 주파수 단위로 나타내었다. 결과를 보면 제안 방법의 오차가 최대 0.06 으로 줄어들음을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 Neural Network를 이용하여 PPG 신호의 이상 유무를 판단하고 이에 따라 적응적으로 이전 맥박수의 평균을 사용하여 주파수 영역에서 정확한 맥박수를 측정하였다. 결과적으로 단순히 대역 통과 필터와 평균 이동필터를 사용 하여 동적 잡음을 제거한 방법 보다 맥박수를 검출함에 있어 오차가 현저하게 줄어든다.

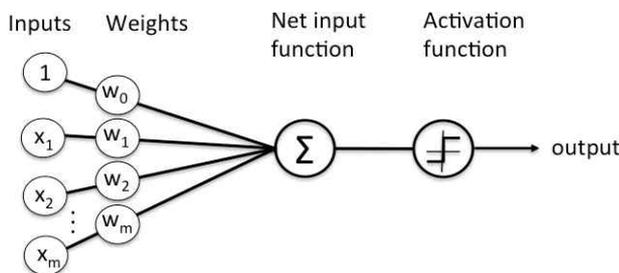


그림 3. 단일 층과 하나의 노드 개념도.

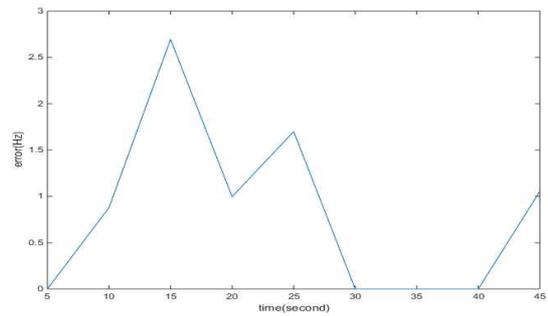


그림 4. 기존 방법으로 맥박수 검출 후 정답 맥박수와 비교하였을 때 오차를 주파수 단위로 나타낸 결과.

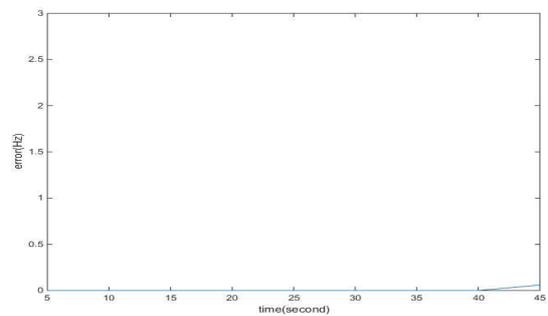


그림 5. 제안 방법으로 맥박수 검출 후 정답 맥박수와 비교하였을 때 오차를 주파수 단위로 나타낸 결과.

감사의글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2016-H8601-16-1002)

참고문헌

- [1] D. H. Lee, Y. S. Hong, and S. S. Lee, "홀센서 집게형 맥박기와 심전도-용적맥파계를 이용한 한양방 융합용 환자감시장치 연구," *Journal of Korean Magnetics Society*, vol. 23, no. 4, pp. 135-143, Mar. 2013.
- [2] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine, and M. Yoshida, "Wearable Photoplethysmographic Sensors - Past and Present," *Electronics*, vol. 3, pp. 282-302, Apr. 2014.
- [3] Z. Zhang, Z. Pi, and B. Liu, "TROIKA: A General Framework for Heart Rate Monitoring Using Wrist-Type Photoplethysmographic Signals During Intensive Physical Exercise," *IEEE Tran. Biomedical Engineering*, vol. 62, no. 2, pp. 522-531, Feb. 2015.
- [4] M. Kim, T. Kim, S. Jang, D. Ban, B. Min, and S. Kwon, "Noise-Robust Algorithm for PPG Signal Measurement," *J-KICS*, vol. 38, no. 12, pp. 1085-1094, Dec. 2013.
- [5] 이근상, "PPG 기반 맥박수 추정 알고리즘," *석사학위논문*, 전산학과, 연세대학교, 2009.