

PPG 센서를 이용한 심박 및 호흡 신호의 무구속적 검출에 대한 연구

차지영¹, 최현석¹, 신재연¹, 이경중¹

Unconstrained detection of Heart Rate and Respiration using PPG sensor

Ji-Young Cha¹, Hyun-Seok Choi¹, Jae-Yeon Shin¹, Kyoung-Joung Lee¹
¹Department of Biomedical Engineering, Yonsei University

Abstract - 본 연구는 수면 중 무구속적 방식으로 에어 베개에 부착한 PPG 센서에서 호흡 및 심박을 검출하는 방법을 제안하였다. 본 연구에서 사용된 반사형 PPG 센서는 광원이 피부로 투과되어 혈관의 이완 및 수축 정도를 측정할 수 있다. 반사형 PPG 센서로부터 하드웨어 모듈을 통과한 생체 신호는 AD 변환되어 PC로 전송된다. PPG에서 검출된 분당 심박 수는 전송된 신호의 밸리점간의 시간 간격을 이용하여 추출하며 호흡 신호는 밸리점의 크기를 연결하여 추출하였다. 검출된 호흡 신호와 기준 호흡 신호간의 상관성을 확인하기 위해 기준신호로 호흡과 심박을 동시에 측정하여 그 결과를 분석하였다. PPG 센서로부터 획득한 심박 및 호흡 신호는 기준 신호들과 높은 상관성을 가지며 호흡시 발생하는 움직임과 호흡 속도에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

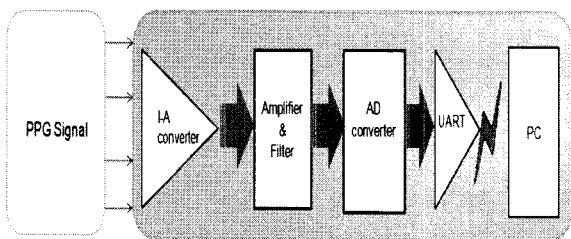
1. 서 론

수면 중에 심박과 호흡을 측정하는 것은 수면무호흡증과 같은 수면 장애 진단 및 치료의 중요한 방법으로 사용되고 있다. 현재 심박 및 호흡을 측정하는 몸에 전극을 부착하는 접촉식 방법이 사용되고 있다. 이는 장기간 사용이 어렵고 수면중 움직임에 제약을 받으며 피부에 직접 접촉하는 전극의 탈부착시 고통을 유발시킨다. 따라서 수면 중 불편함을 주지 않고 지속적인 생체 신호를 모니터링할 수 있는 무구속적인 방식이 필요하다.[1],[2] 기존의 연구방법에는 용량성 전극을 에어 매트리스[3]에 부착하거나 청각 센서[4]를 이용해 호흡 및 심박 수를 검출하는 방법이 있다. 또 다른 방법 중의 하나인 혈관의 수축 및 이완에 따른 혈관의 변화를 측정하는 PPG 센서[5],[6]를 이용한 측정 방법이 있지만 손가락이나 귓볼에 프로브를 물려야 하므로 활동성에 제약을 받는 단점이 있다. 본 논문에서는 PPG 센서를 사용하여 수면 중에 무구속적으로 심박 및 호흡을 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 이를 위해 에어 베개에 누운 피검자의 목 뒷부분에 PPG 센서를 부착하여 설계된 하드웨어 모듈을 통해 호흡 및 심박 신호를 추출하는 알고리즘을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 하드웨어 모듈

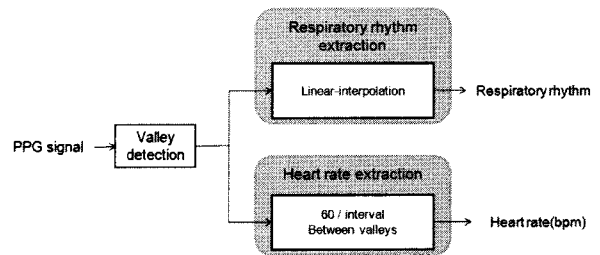
그림 1은 무구속적 방식으로 심박 및 호흡 신호를 검출을 위해 반사형 PPG 센서를 사용해 생체 신호를 획득하는 하드웨어 모듈을 나타낸다. 반사형 PPG 센서는 950nm 파장의 적외선을 이용해 목 뒤에서 측정하며 광선을 조직에 입사시킨 후 반사되는 광도를 측정하여 인체에 흐르는 혈류량의 변화를 측정하였다. 하드웨어 모듈은 I-V 변환기와 고역 통과 필터, 증폭단, 저역 통과 필터로 구성된다. 하드웨어 모듈의 대역폭은 0.15~20Hz로 설정하였고 데이터의 유효성 검증을 위해 기준 신호인 심전도에서 검출된 심박 신호와 벨트 타입의 스트레인 게이지를 이용해 측정된 호흡신호 및 PPG 센서에서 검출된 신호를 동시에 측정하였다. 즉 호흡신호와 심전도의 2채널, PPG 센서에서 측정된 신호의 채널을 포함한 3채널의 생체 신호를 10bit 해상도의 성능을 포함한 AD 컨버터가 내장된 PIC15F4523(Microchip, USA)을 사용하여 480Hz 샘플링으로 PC에 전송하였다. 전송된 신호는 PC에서 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하였다.



<그림 1> 하드웨어 모듈 블록 다이어그램

2.2 호흡 및 심박 수를 검출하는 알고리즘

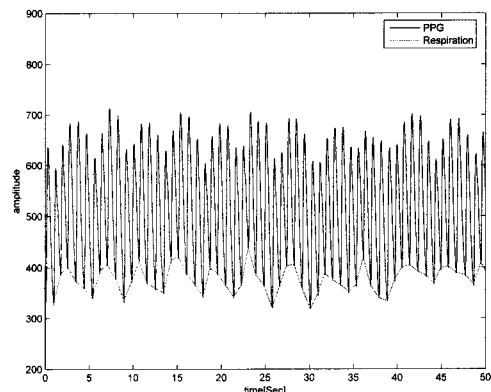
호흡 및 심박 수를 검출하는 알고리즘은 호흡 추출 알고리즘과 분당 심박 수 추출 알고리즘으로 구성된다. 호흡신호는 PPG 센서에서 수신된 원신호의 각 밸리점을 연결하여 검출하며 분당 심박 수는 PPG 신호의 밸리점간의 시간 간격을 이용하여 검출하였다. 모든 알고리즘은 신호분석을 위해 MATLAB(Mathworks, USA)와 LABVIEW(National Instrument, USA)를 이용하였다.



<그림 2> 호흡 및 심박 수를 검출하는 블록 다이어그램

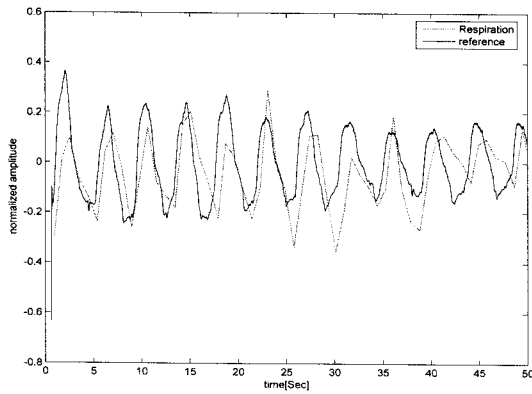
3. 결 과

그림 3은 PPG 센서의 하드웨어 모듈을 통과하여 호흡 및 심박을 검출하기 전의 신호이며 호흡 신호를 검출하기 위해 신호 하단의 밸리점들을 점선으로 연결하였다. PPG 센서에서 검출된 신호와 기준신호에서 검출된 호흡 신호들의 상관성을 확인하기 위해 호흡량을 분당 12회로 제한하여 실험을 하였다. 호흡을 크게 쉬었을 경우 호흡 알고리즘을 통과한 신호의 크기가 커지며 호흡의 크기를 변화시키는 경우에 검출되는 신호의 크기가 달라지는 것을 확인하였다. 호흡 신호의 SNR은 호흡 중 생기는 미세한 움직임에 따라 발생하는 동잡음에 영향을 받으며 분당 호흡 수를 증가시키는 경우에는 정확한 호흡신호의 검출이 어려웠다.



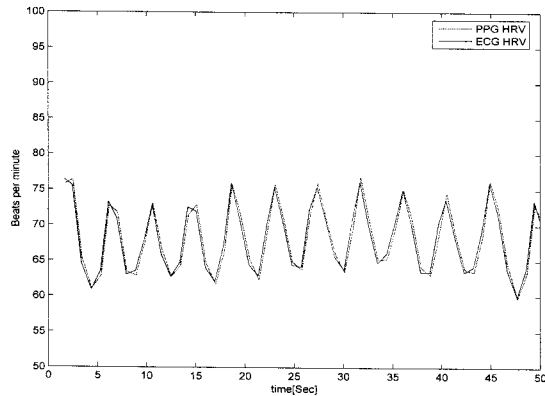
<그림 3> 추출된 호흡 신호

그림 4는 호흡 추출 알고리즘을 적용한 PPG 신호와 벨트 타입의 센서에서 측정된 호흡 신호를 실시간으로 모니터링하여 비교하였다. PPG 센서에서 검출된 신호는 기준신호와 위상이 일치하는 것을 확인하였다. 신호 크기는 차이가 있지만 동일한 주기로 분당 12회의 호흡 신호를 검출하였다.



〈그림 4〉 추출된 호흡 신호와 기준 신호의 비교

그림 5는 기준 심전도에서 획득한 심박 신호와 심박 검출 알고리즘을 적용하여 획득한 신호 사이의 상관성을 나타낸다. 검출된 심박 신호는 피검자와 건강 상태에 따른 차이는 있지만 기준 신호와 동일한 주기성을 가지며 분당 심박 수의 크기와 위상이 100%에 가까운 정확성을 보였다. 그러나 심박 신호의 경우 호흡 속도에 영향을 받으므로 분당 12회 이상으로 호흡 횟수를 증가시켰을 경우에는 심박 추출 알고리즘을 적용하여 획득한 심박 수 변이도의 크기가 커지는 것을 확인 할 수 있었다.



〈그림 5〉 추출된 심박 신호와 기준 신호의 비교

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 PPG 센서를 이용하여 수면 중에 무구속적으로 호흡 및 심박을 추출하는 방법을 제안하였다. PPG 센서에서 획득한 생체 신호를 획득하여 심박 및 호흡의 변화를 측정할 결과 호흡의 세기와 호흡 횟수에 영향을 받는다는 것을 확인 할 수 있었다. PPG 센서의 신호는 호흡을 측정할 기준 신호의 위상과 유사하지만 크기에 있어서는 차이를 보였다. 신호의 크기는 호흡 속도에 따라 흡기량과 호기량이 다름으로 인해 영향을 받기 때문에 신호의 호흡량과 관련하여 PPG 신호로 부터 호흡신호 추출시 보완이 필요하며 심박의 심박 수 변이도의 경우 피검자에 따라 약간의 차이가 있으므로 많은 데이터를 이용한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 사람의 움직임으로 인한 동잡음의 영향을 받기 때문에 이러한 문제를 고려한 최적의 잡음 제거 방법이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 중기거점기술개발 사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(10030045).

[참고 문헌]

[1] W. B. Spillman Jr, M. Mayerl, J. Bennett, J. Gong, K. E. Meissner, B. Davisl, R. O. Claus, A. A. Muelenaer Jr and X. Xu, "A 'smart' bed for non-intrusive monitoring of patient physiological factors" Meas. Sci. Technol., vol. 15, pp. 1614-1620, July, 2004.
 [2] Y. J. Chee, J. M. Han, J. W. Youn and K. S. Park, "Air mattress sensor system with balancing tube for unconstrained

measurement of respiration and heart beat movements", *physiol. meas.*, vol. 26, pp. 413-422, 2005

[3] Watanabe K and Watanabe H, "Study on the nonrestrictive vital biomeasurement by air mattress methods", *Trans. SICE.*, vol. 36, pp. 894-900, 2000
 [4] X. Zhu, W. Chen, T. Nemoto, Y. Kanemitsu, K. I. Kitamura, K. I. Yamakoshi, and D. Wei, "Real-Time Monitoring of Respiration Rhythm and Pulse Rate During Sleep," in *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 53, pp. 2553-2563, December, 2006.
 [5] K. Nakajima, "Monitoring of heart and respiratory rates by photoplethysmography using a digital filtering technique," in *Med. Eng. Phys.*, vol. 18, pp. 365-372, July, 1996
 [6] G. S. Lee and K. S. Park "Resonant plethysmography for unconstrained monitoring of respiration" *Electronics Letters*, Vol. 44, pp. 89-90, January 2008