

## Photo-plethysmography를 이용한 호흡신호 추출 방법

### Detection of respiratory signal from photo-plethysmography

이종연, 윤길원

삼성종합기술원 메디컬응용팀

miai@samsung.co.kr

Photo-plethysmography(PPG)는 특정 파장대역의 빛을 인체에 조사하고 반사 또는 투과된 광을 검출한 신호로서 심장박동 시 발생하는 맥동 성분을 검출하고 산소 포화도를 측정하는 유용한 신호이다. PPG는 비교적 간단하고 비침습적인 측정 방법 때문에 임상적으로 심장 박동 수와 산소포화도를 측정하는데 널리 이용되고 있다.<sup>(1)</sup> PPG의 파형은 크게 심장박동에 의한 동맥 혈류의 변화를 반영하는 AC 성분과 뼈와 다른 생체조직 정맥 혈류 그리고 심장박동에 의하여 변화하지 않는 동맥 혈류에 의한 DC 성분으로 나누어진다.<sup>(2)</sup> PPG의 AC 성분은 심장의 박동과 동기하는 것에 부가하여 호흡신호와도 동기한다. 이러한 호흡신호 동기의 기전은 호흡에 의하여 혈류량의 변화가 발생하고 이것이 PPG에 반영되기 때문이다.<sup>(3)</sup> 연속적인 호흡의 감시는 중환자실의 환자나 신생아 그리고 수면 무호흡증 환자에게 주로 실시된다. 기존의 호흡을 감시하기 위한 장치로는 심전도 신호에서 흉부 임피던스 변화에 의한 전위의 변화를 측정하는 방법과 흉부 체적의 변화를 측정하는 방법, 그리고 콧구멍 주위에 온도센서를 부착하여 들숨과 날숨에 의한 온도변화를 측정하는 방법이 있다.<sup>(4)</sup> 이러한 방법들은 피검자의 신체에 전극을 부착하거나 흉부에 스트레인 게이지를 감아야 하는 불편함을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 보다 피검자가 편리하게 사용할 수 있는 PPG를 이용한 호흡신호 추출 방법을 제안하고 그 결과를 온도센서를 이용한 방법과 비교하였다.

실험 데이터의 수집을 위하여 27세에서 33세 연령을 가진 성인 남성 5명의 PPG와 호흡신호를 수집하였다. PPG는 생체 내 혈액 농도의 변화를 감지하기 위하여 적외선 대역 860nm 파장의 빛을 방출하는 LED를 손가락 끝에 부착하고 반사된 광을 photo-diode에서 측정하여 사용하였다.(TSD100B, Biopac, USA) 호흡 신호의 수집을 위하여 온도센서(SS6, Biopac, USA)를 사용하였으며 피검자는 침대에 누워 있는 안정 상태에서 PPG와 호흡신호를 동시에 128Hz의 샘플링 주파수에서 2분 단위로 5회씩 데이터를 수집하였다. 상용 데이터 수집 장비(MP100, Biopac, USA)를 이용하여 수집된 데이터는 PC에 저장하고 off-line으로 신호처리를 하기 위하여 파일 포맷을 텍스트 형태로 변환하였다.

본 연구에서는 PPG 신호에서 호흡 신호를 추출하기 위하여 디지털 필터를 이용하여 호흡신호 대역의 주파수 성분을 분류하는 방법을 사용하였다. 정상인의 경우 안정상태에서 약 10~20회의 호흡을 하며 운동 중에는 45회까지 증가한다. 기존의 연구를 바탕으로 호흡신호의 주파수 대역을 포함하는 0.13~0.48Hz의 차단 주파수를 갖는 대역통과필터를 설계하였다. 디지털 필터는 상용 필터 설계 도구를 이용하여 4차의 Butterworth 필터를 사용하였다.<sup>(3)</sup>(Matlab 6.1, Mathwork, USA) Butterworth 필터는 통과 대역에서 ripple이 없으며 DC의 이득이 평탄한 특성을 가지는 Infinite Impulse Response 필터로 생체신호의 분석에 널리 사용되는 필터 중의 하나이다.

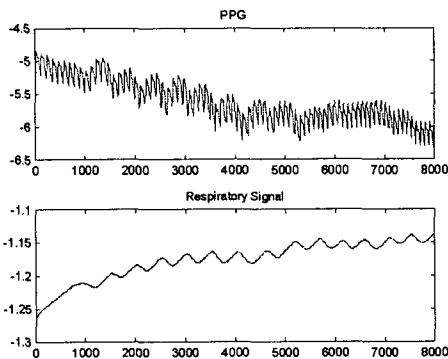


그림 1 PPG와 호흡 신호

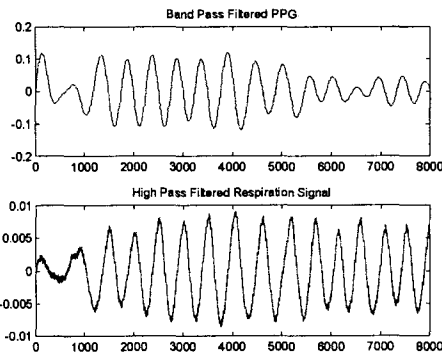


그림 2 대역통과 필터를 거친 PPG와 DC 성분을 제거한 호흡신호

이상은 분석 절차에 따른 PPG 신호와 호흡신호를 나타낸 것으로 그림 1의 상단 파형은 PPG이고 하단의 파형은 호흡신호이며 그림 2의 상단은 대역통과 필터를 거친 PPG 파형이고 하단은 호흡신호 만을 나타내기 위하여 저주파수 성분을 제거한 파형이다. 대역 통과된 PPG와 호흡신호는 깊은 상관관계가 있음을 그림 2에서 확인 할 수 있다. 수집된 전체 데이터를 대상으로 이 방법을 적용하여 디지털 필터에 의한 호흡 측정 방법을 정량적으로 분석하면 약 97%의 sensitivity를 얻을 수 있었다. 여기서 sensitivity는 제안된 방법에 의하여 호흡으로 인식된 신호가 실제로 reference로 측정한 호흡 신호인 확률을 의미한다.

본 연구를 통하여 PPG에서 대역통과필터를 사용한 호흡신호의 추출이 매우 유용한 방법임을 실험적으로 입증하였다. 이를 현재 본 연구팀에서 개발중인 비채혈식 헤모글로빈 진단기에 적용하면 하나의 PPG 모듈에서 헤모글로빈, 산소포화도, 맥박, 호흡을 동시에 측정하는 다기능 복합 진단기의 구현이 가능하게 된다. 이를 위하여 PPG를 이용한 호흡 측정에 관한 연구에서 생체신호 계측의 가장 큰 잡음 요인이 되는 동 잡음의 영향을 최소화하는 자동화된 알고리즘의 구현이 선결해야 할 과제라고 생각된다.

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실(2000년 생체분광학연구실)에 의해 지원되었음.

1. 김수진, 황돈연, 전계진, 이종연, 정성규, 윤길원 "산소포화도 측정을 위한 신호처리방법 및 계산 알고리즘" 한국광학회지, 11, 452-456, (2000)
2. J. G. Webster "Design of Pulse Oximeters" Institute of Physics Publishing, Charters 4, (1997)
3. L. Nilsson, A. Johansson, S. Kalman "Monitoring of respiratory rate in postoperative care using a new photoplethysmographic technique" J. Clin. Monit. 16, 309-315, (2000)
4. M. Vegfors, H. Ugnell, B. Hok, P. A. Oberg, C. Lennmarken "Experimental evaluation of two new sensors for respiratory rate monitoring" Physiol. Meas., 14, 171-181, (1993)