

광학기술을 이용한 생리상태 측정 Physiological Measurement based on Optics

윤길원, 이종연, 박건국, 전계진, 김홍식, 이정환
삼성종합기술원
gyoon@sait.samsung.co.kr

광학기술의 의학적 응용은 1960년 루비레이저가 개발되고 이어서 다양한 레이저가 개발되면서부터다. 레이저를 이용하면서 최소침습적 수술이 가능해졌고, 내시경을 사용하여 체내 부분에 대한 시술도 가능해졌다. 최근에는 레이저, 발광다이오드, 램프 같은 광원을 소스로 하고 광검출기를 센서로 하는 광학 기술을 이용한 생리상태 측정에 대한 연구가 진행되고 있다.

광학적 검출은 기존의 전극 같은 접촉식 센서에 비하여 장점이 있다. 비접촉식이나 무구속 측정이 가능하여 피측정자에게 주는 불편을 최소화할 수 있다. 최근 인터넷이나 무선통신과 같은 정보기술의 발달로 재택진단(또는 electronic Health, e-Health라고 불림)에 대한 관심이 고조되고 있다. e-Health란 시계나, 화장실 또는 침대에 부착된 기기에 의하여 건강상태를 측정하고 이 정보를 통신망을 이용하여 병원에 있는 주치의나 119구조대로 연결되어 의료서비스를 받는 것이 포함된다. 재택진단을 위해서는 무엇보다도 피측정자가 사용하기에 편해야 한다. 그러나 심전도나 맥박을 측정하기 위하여 옷을 벗고 전극을 부착하는 것은 번거롭고 사용이 불편하게 된다. 따라서 광학기술을 이용한 비침습적, 무구속적 측정이 중요하게 된다.

본 연구에서는 하나의 어레이 발광다이오드(LED)를 이용하여 여러 생리상태 (맥박, 호흡, 산소포화도, 빈혈, 스트레스의 정도, 혈압-혈압은 별도로 손가락용 air cuff와 압력센서를 사용하여 측정)를 측정하였다. 광원으로는 그림 1에서는 보는 바와 같이 569, 660, 805, 940, 975nm의 파장을 조사하는 LED를 사용하였다. 손가락이 삽입되면 LED의 빛이 손톱에 조사되고 투과된 빛은 실리콘 광검출기에 의하여 측정되었다. 다섯 파장의 빛은 순차적으로 점멸이 되며 파장에 따른 흡수도를 검출하였다.

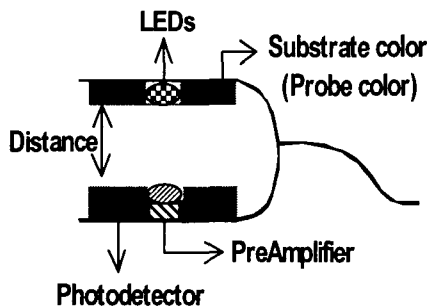


그림 1. 손가락형 光프로브

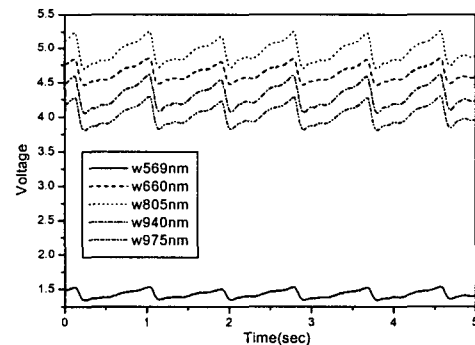


그림 2. 시간에 따른 파장 별 투과광량.

가. 맥박 측정

손가락을 투과한 빛은 심장 박동에 따라 혈류량이 달라서 교류(AC) 성분이 나타난다 (그림 2). 이런 신호를 PPG(photo-plethysmogram)이라고 한다. 맥박은 분당 PPG의 피크수를 검출하여 구하였다.

나. 호흡 측정

숨을 들이 마시면 가슴 속 압력(intra-thoracic pressure)이 감소하고 심장으로 돌아오는 혈액량이 증가한다. 따라서 심장 활동이 증가하고, 혈압이 증가하며 세동맥에 흐르는 혈류량이 증가하게 된다. 숨을 내쉬면 반대로 세동맥 혈류량이 감소한다. 호흡에 따른 혈류량은 차이는 PPG 신호의 베이스라인 변이로 형태로 나타나기 때문에 호흡신호를 찾을 수 있다. 호흡수는 PPG를 0.13~0.48Hz로 밴드패스 필터링을 하여 구하였다. 콧구멍에 온도 센서를 달아 측정된 호흡신호를 참값으로 하여 비교하였다⁽¹⁾.

다. 산소포화도 측정

혈액 속의 산소포화도는 산소와 결합한 산화헤모글로빈(HbO₂)과 산소와 결합하지 않은 헤모글로빈(Hb)의 비율, HbO₂ / (HbO₂ + Hb),을 변수로 하여 구한다. 660nm에서는 Hb의 흡수도가 HbO₂에 비하여 크며, 940nm에서는 반대로 HbO₂의 흡수도가 더 크다. 이 두 파장에 대한 투과도의 비율을 변수로 하여 산소포화도를 구하였다⁽²⁾.

라. 빈혈 측정

혈액 속의 Hb의 양이 남자의 경우 13g/dl 이하, 여자의 경우 12g/dl 이하이면 빈혈이다. 빈혈은 여러 가지 질환의 징표이며, 우리나라 성인 여자 40%, 성인 남자 5%가 빈혈로 알려져 있다. 수술실이나 응급실에서의 Hb을 모니터하며, 채혈 전에 빈혈 여부를 판단해야 한다. 기존의 방법은 채혈을 하여 Hb의 농도를 측정하였으나 통증, 감염 문제 등이 있다. 본 연구에서는 Hb을 포함하고 있는 적혈구의 산란이론에 기초하여 상기의 5파장을 이용하여 Hb의 농도를 예측하였다⁽³⁾.

마. 혈압 측정

혈압은 광학적인 방법으로 측정하지 않지만 중요한 활력징후이기 때문에 측정시스템에 넣었다. 측정 원리는 볼륨오실로메트릭방식으로 손가락형 aircuff를 사용하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 4번째 손가락을 팜프프로브에 삽입하여 측정하고, 혈압측정용 aircuff도 같은 손가락에 끼워진다 (그림 3에서의 반지 형태), 검출의 정확성을 높이기 위하여 Digital Envelop Detection Filter를 개발하였다⁽⁴⁾.

바. 스트레스 정도의 측정

스트레스는 정량적으로 측정하기 어렵지만 많은 사람들이 관심을 가지는 항목으로, PPG를 이용하는 것이 한 가지 방법이다. 스트레스를 받은 경우 cardiac output이 감소하고 모세혈관들이 수축한다. PPG AC 성분 크기가 감소하며, 맥박수가 증가하고 맥박간 간격(pulse to pulse interval)이 준다. 안정이 되었을 때는 이와 반대되는 현상이 일어난다. 본 연구에서는 심박수의 변이(heart rate variability)로부터 정상, 스트레스, 안정 등의 상태를 제시하였다.



그림 3. 개발된 소형 비침습 생리상태 측정기

측정항목	정확도
맥 박	±3%
호흡	97% sensitivity
산소포화도	±2%
헤모글로빈	±8.5%
혈압	±5mmHg
스트레스	(정상, 안정, 긴장)

그림 4. 측정항목과 정확도

Acknowledgement : 본 연구의 일부는 과학기술부 국가지정연구실(2000년 생체분광학연구실) 프로그램에 의하여 지원되었음.

1. 이종연, 윤길원, "Photo-plethysmography를 이용한 호흡신호 추출 방법", 한국광학회 2002년도 동계 학술발표대회, 2.19~2.20, 경희대학교(2002)
2. 김수진 외, "산소포화측정을 위한 신호처리방법 및 계산 알고리즘", 11:6.452-456, 한국광학회지 (2000)
3. K. J. Jeon et al., "Non-invasive total hemoglobin measurement", Journal of Biomedical Optics, 7:1.5-50 (2002)
4. J. Y. Lee et al., "A Digital Envelope Detector for Blood Pressure Measurement Using Oscillometric Method", Journal of Medical Engineering & Technology, 26:3.117-122 (2002)