

# 반사형 Pulse Oximeter를 통한 스마트 손목시계

이후석\*, 탐타른\*,문찬기\*\*, 남윤영\*\*,이진석\*  
 \*원광대학교 의과대학  
 \*\*순천향대학교 컴퓨터공학과  
 Email: \*gntjr2@naver.com

## Smart watch with reflective Pulse Oximeter

Hooseok Lee\*, Tharoeun Thap\*,Chanki Moon\*\*,Yunyoung Nam\*\*,Jinseok Lee\*  
 \*Dept. of Biomedical Engineering, Wonkwang University School of Medicine  
 \*\*Dept of Computer Science Engineering, Soonchunhyang University

### 요 약

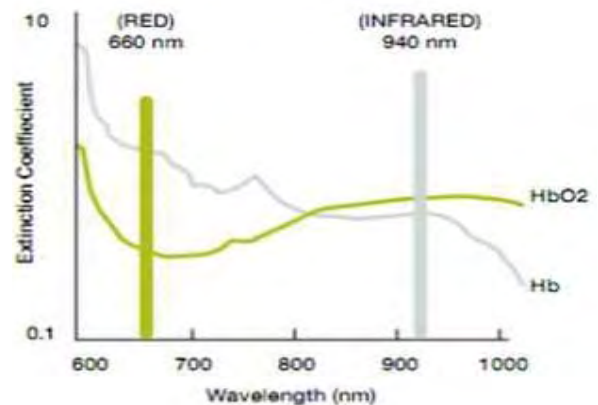
본 논문은 웨어러블 디바이스의 한 종류로써의 스마트와치에 적용할 수 있는 헬스케어 기술에 대한 제안이다. RED LED와 IR LED를 통해 얻어진 신호로부터 아날로그 필터 증폭을 통해 얻어진 PPG신호를 이용하여 생체신호인 심박수와 SpO<sub>2</sub>를 측정하여 보았다. 이 신호를 블루투스 통신을 통해 PC에서 데이터를 받아 보았고, 추후에 스마트폰과 연동하여 실용적으로 사용 될 수 있다.

### 1. 서론

스마트폰, 스마트TV, 스마트 와치 등 스마트 제품에 대한 많은 연구와 제품들이 출시되고 있다. 최근에는 스마트폰을 생산하는 주요 기업들에서 스마트 와치쪽으로 많은 관심을 보이면서 스마트 와치에 많은 기능들이 추가되고 있다. 그 기능 중 헬스케어와 관련된 부분들도 많이 연구되고 있는데, 현재 스마트와치에 LED를 부착하여 PPG(Photoplethysmography)를 이용한 심박수측정 정도만 되고 있다. PPG는 피부 혈관의 맥파형을 획득하는 비침습적 방법이다. 맥파형은 피부표면 혈관의 미세혈관 안의 혈류량의 변화상을 통해 혈관에 대한 임상 정보를 제공한다. PPG신호를 이용하면 심박수뿐만 아니라 여러 가지를 확인할 수 있는데, 그중 산소포화도(SpO<sub>2</sub>)는 제5의 생체신호라 불릴 정도로 현대 의학에서 중요한 위치를 차지하고 있다[1][2]. 본 논문에서는 PhotoDiode를 이용한 Pulse Oximeter를 구현해 보았다.

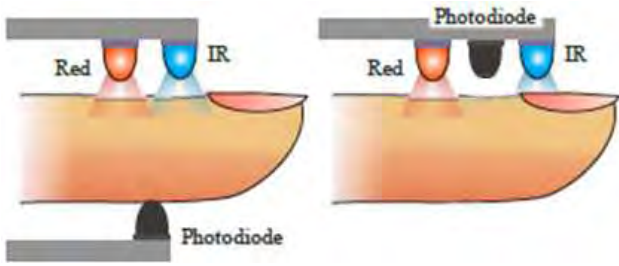
### 2. Pulse Oximeter의 SpO<sub>2</sub>측정원리

Pulse oximeter는 환자의 산소 포화도를 모니터링하는 비침습적 방법이다. 기본적으로 Lambert-Beer 법칙을 바탕으로 한 빛을 이용한 방식으로 그림 1과 같이 심장이 박동할 때 빛의 파장에 따른 산소 헤모글로빈과 헤모글로빈의 흡수계수의 차이에 비를 이용한다. 두 개의 서로 다른 파장을 가지고 있는 660nm대역의 적색광과, 940nm대역의 근적외선 광을 주로 사용하게 된다. 이는 각각 파장의 영역에서의 흡수 특성이 다른 특성을 이용하여 SpO<sub>2</sub>를 계산하기 때문이다. 다른파장을 이용하여도 SpO<sub>2</sub>를 계산할 수 있지만 일반적으로 위에 언급한 두가지 파장을 이용하여 계산하게 된다[4][5].



(그림 1) 헤모글로빈의 파장별 흡수 스펙트럼

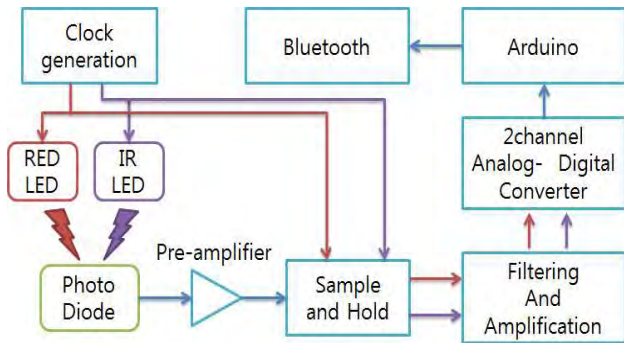
SpO<sub>2</sub>의 측정에 사용되는 광검출방법에는 일반적으로 두가지가 있다. 신체를 투과하고 나온 빛을 측정하여 계산하는 투과형과, 피부에 반사되는 빛을 측정하는 반사형이 있다. 투과형은 귓볼이나 손가락 등 두께가 얇은 부분에 적합한 방법이다. 발광부와 수광부가 서로 반대방향에 위치하기 때문에 물리적으로 크기나 모양에 제약을 받는다. 투과형은 정확도가 반사형에 비해 높기 때문에 병원에서 많이 사용되고 있다. 반사형은 신체의 모든 부위에 적용이 가능하다. 다만 반사되는 빛을 이용하기 때문에 감도나 정확도의 면에서는 좋지 않은 특성을 보인다. 대신 크기나 모양에 제약이 없어 시계나 웨어러블 디바이스에 적합한 방식이다.



(그림 2) 투과형(좌)과 반사형(우) Pulse Oximeter

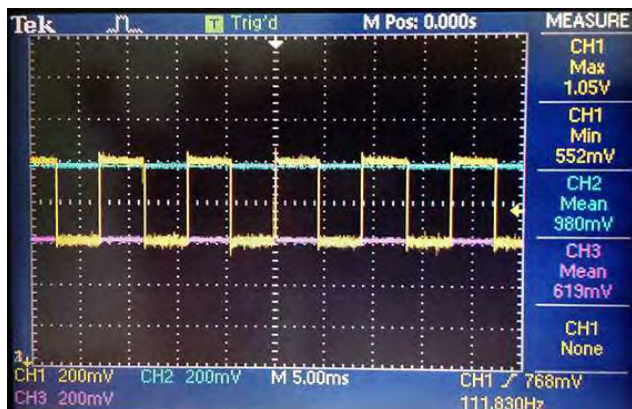
### 3. 본론

#### 3.1 손목시계형 Pulse Oximeter의 설계



(그림 3) 손목시계형 Pulse Oximeter의 블록도

하드웨어는 그림 3과 같이 구성되었다. 555Timer를 이용하여 클럭을 만들어 클럭의 상태가 High일때는 적색광 Low일때는 적외선광을 교대로 비출 수 있도록 설계하였다. 이렇게 교대로 반사된 빛을 PhotoDiode를 통해 받아들여지게 되고, PhotoDiode를 통해 나온 신호들은 전치증폭기를 통해 증폭이 되게 된다. 현재까지의 신호에는 그림 4와 같이 2가지 성분이 존재하게 되는데 클럭을 기준으로 클럭이 High상태일 때의 적색광신호, Low일때의 적외선광신호로 나타나게 된다.



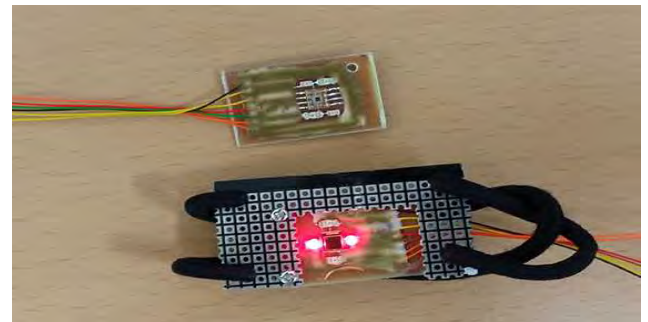
(그림 4) 혼합신호(CH1), 적색광(CH2), 적외선광(CH3)

위에 과정에서 나온 신호에서 PPG신호를 추출하기 위해서는 필터링과 증폭을 해 주어야 하는데 한 신호에 2가지 신호를 가지고 있기 때문에 분리하여 필터링을 해 주어야 한다. 이를 분리하기 위하여 555Timer 클럭을 이용한

Sample and Hold 회로를 통해 분리되어진다. 샘플만 할 경우 샘플이 되지 않는 부분에서 신호와 너무 큰 진폭차이에 의해 필터링 부분에서 파라미터의 값들이 커지기 때문에 Sample and Hold 회로를 구성하여 준다. 이렇게 분리된 신호는 그림 4의 CH2, CH3처럼 분리되어 나오게 된다. PPG신호는 0.5에서 5Hz의 주파수대역을 갖는다. 이 대역의 주파수를 얻기 위하여 차단주파수 5Hz의 저역통과필터를 통과한 후에 차단주파수 0.5Hz의 고역통과필터를 거쳐 증폭을 하게 된다. 최종적으로 나온 PPG신호들은 2 채널 ADC(Analog-Digital Converter)를 통해 디지털 신호로 바뀌게 되고 SPI통신을 통해 MCU(Micro Controller Unit)인 아두이노로 데이터가 전달되게 된다. 아두이노에서는 UART통신으로 블루투스로 데이터를 전송하고 타겟 디바이스로 전송하게 된다. 블루투스를 이용하기에 스마트폰을 이용하여 이를 모니터링 할 수도 있고 PC를 통하여 데이터 수집 및 전송, 처리를 할 수도 있게 된다.

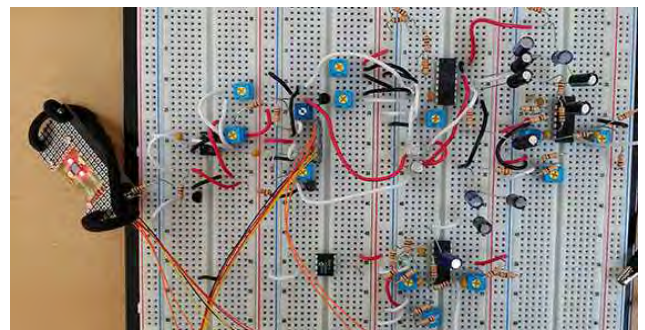
#### 3.2 실험결과

손목시계형 Pulse Oximeter를 테스트하기 위하여 PhotoDiode 주변에 2012타입의 Chip LED를 이용하여 그림 5와 같이 제작하였다.



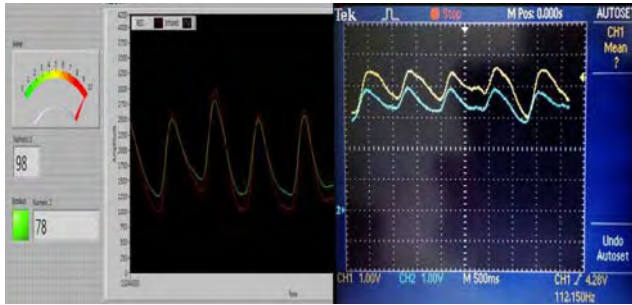
(그림 5) PDB-C171SM을 이용하여 제작된 시계모형

테스트를 위해 사용한 PhotoDiode는 PDB-C171SM을 이용하였다. 이 PhotoDiode는 400~1050nm의 파장의 빛을 받아들이는 특성을 가지고 있고 적외선 부분에서 가장 좋은 응답을 보이는 특성을 가지고 있다. 위의 모듈과 테스트를 위한 회로를 만능기판을 이용하여 그림 6과 같이 제작하여 보았다.



(그림 6) 브레드보드를 이용하여 구현된 PPG회로

제작된 회로를 이용하여 측정된 PPG 신호를 오실로스코프로 측정된 신호와 이렇게 나온 신호를 블루투스를 통해 PC로 전송하여 LabView프로그램을 이용하여 확인한 결과는 그림 7과 같다.



(그림 7) LabView(좌) 오실로스코프(우)를 이용한 PPG신호

#### 4. 결론

웨어러블 디바이스가 주목을 받으며 웨어러블 디바이스를 이용한 헬스케어로도 많은 연구되고 있는 지금 현재시점에서 시계형 Pulse Oximeter는 더욱더 연구될 만한 내용으로 보인다. 또한 시계라는 특성상 손목에 밀착 될 수 있기에 동잡음에 대한 부분이나 정확도와 같은 문제들만 해결을 할 수 있다면 충분히 좋은 결과를 보일 것으로 예상된다. 일상에서 사용됨으로써 자신의 SpO<sub>2</sub>의 값을 측정하여 건강을 진단하여 볼 수도 있고, 간질환자나 발작을 일으킬 수 있는 환자에게 부착하여 움직임에서도 분리되지 않고 지속적으로 SpO<sub>2</sub>값을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서 자세히 언급되지는 않았지만 스마트폰으로 데이터를 받아 PPG신호를 확인하게 할 수 있으면 더욱더 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로의 예정사항은 현재 설계된 회로를 이용하여 최적의 PPG신호를 얻기 위한 parameter 조정과, 동잡음 제거 알고리즘 적용 및 소형화 작업을 할 계획이다.

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2014R1A1A1004033)

#### 참고문헌

- [1] J. G. Webster, "Design of Pulse Oximeters", Institute of Physics Publishing, 1997.
- [2] L. G. Lindberg, "Pulse oximeter signal at various blood flow conditions in an in vitro model", Medical & Biological Engineering & Computing, January 1995, vol. 33, 87-91.
- [3] M. W. Wukitsch, M. T. Petterson, D. R. Tobler, J. A. Pologe, "Pulse oximetry: Analysis of theory, technology, and practice," J Clin Monit, Vol. 4. pp. 290-301, 1988.
- [4] L. A. Lyn, J. P. Curry, "Patterns of unexpected in-hospital deaths: a root cause analysis," Patient Saf Surg, doi:10.1186/1754-9493-5-3, 2011.
- [5] Han-Wook Lee, Ju-Won Lee, Jong-Hoe Lee "A Development of Pulse Oximeter module for Measurement of SpO<sub>2</sub>" 한국해양정보통신학회논문지 4,3(2000.9) pp.575-583 1226-6981
- [6] 정상중 "A Study of Ubiquitous Healthcare Monitoring System using Wearable Pulse Oximeter" 동서대학교 디자인 & IT 전문대학원, 2009.2.