

# 광보정기법을 적용한 착용형 산소포화도 모니터링 시스템 구현

김현수\*·정도운\*

\*동서대학교

## Implementation of the Wearable SpO<sub>2</sub> Monitoring System Using Optical Compensation Method

\*Hyun-Su Kim, \*Do-Un Jeong

\*Dongseo University

E-mail : zas455@naver.com, dujeong@dongseo.ac.kr

### 요 약

비침습적 맥파측정은 일상생활에서 손쉽게 활용이 가능하며 맥파신호의 계측을 통하여 건강모니터링을 함으로서 사용자의 지속적인 건강관리에 도움이 된다. 일반적인 맥파 측정을 위해선 경동맥, 대퇴골, 요골 동맥을 포함 만져서 할 수 있는 동맥에서 측정되거나 맥파 측정장비를 사용하여 측정하게 된다. 본 연구에서는 실시간 맥파측정과 병행하여 산소포화도의 모니터링을 위해 손목착용형 시스템을 구현하고 산소포화도의 추정 정확도를 높이기 위하여 광보정기법을 적용하였다. 실제 자연광 상태에서의 측정된 신호를 이용하여 광보정기법을 적용한 산소포화도 모니터링 기법을 적용하고 그 성능평가를 수행하였다.

### 키워드

산소포화도, 착용형, 맥파, 헬스케어

### I. 서 론

고령화 사회의 가속과 경제발전에 따라 유비쿼터스 헬스케어에 대한 관심이 높아지고 있으며 일상생활 중 생체신호의 계측을 통하여 건강모니터링을 수행하기 위한 다양한 형태의 연구개발이 추진되고 있다. 본 연구에서는 일상생활 중 맥파를 측정하기 위해 손목 착용형 맥파측정 장비를 개발하였으며, 광보정기법을 적용하여 맥파와 동시에 산소포화도의 모니터링이 가능한 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위해 광원모듈과 수광모듈이 일체형으로 구성된 센서시스템을 개발하고 산소포화도 계산을 위해 근적외선과 적색 광원으로 부터 반사된 맥파신호의 계측을 수행하였으며, 광 보정기법의 적용을 통해 산소포화도의 계산 정확도 향상시키고자 하였다. 이를 위해 자연광 상태에서의 맥파신호와 근적외선 및 적색광원의 차를 보정하는 기법을 적용하였으며, 실험을 통해 제시한 방법의 타당성을 평가하고자 하였다.

### II. 본 론

산소는 폐의 모세혈관을 통해 혈액내의 헤모글

로빈과 결합하여 산소를 운반한다. 산소를 운반하는 헤모글로빈은 산화 헤모글로빈(Oxy Hemoglobin, HbO<sub>2</sub>)과 환원 헤모글로빈(Deoxy Hemoglobin Hb)으로 구분된다[2].

산소포화도는 전체 헤모글로빈의 양에 대한 HbO<sub>2</sub>의 양의 백분율로 나타내며 혈액내의 산소포화도는 다음 수식과 같다.

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} \times 100\% \quad (2)$$

본 연구에서는 비침습적 SpO<sub>2</sub>를 측정하기 위해 Beer-Lambert 법칙을 바탕으로 하여 두개의 파장을 가지는 빛을 조사하여 측정 하였다. 그림 1과 같이 HbO<sub>2</sub>(산화 헤모글로빈)에 의한 흡광계수는 전체 파장대역 가운데 약 660nm의 적색광에서 최저로 나타나며, 950nm 부근의 적외선 광에선 HbO<sub>2</sub>의 흡광계수가 HB(환원 헤모글로빈)의 흡광계수보다 높게 나타난다. 따라서 SpO<sub>2</sub> 측정을 위해 660nm적색광과 950nm의 적외선광을 조직에

조사하여 HbO<sub>2</sub>와 Hb의 흡광도 차이를 이용하여 SpO<sub>2</sub>를 측정한다.

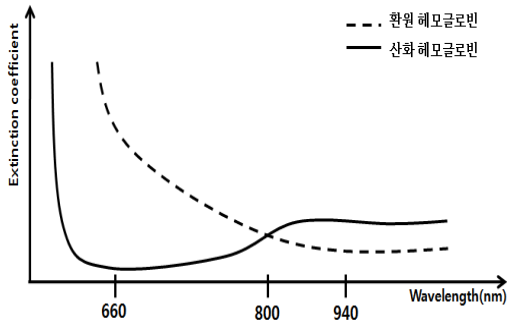


그림 1. 헤모글로빈의 흡광도.

적색광원(R LED)과 적외선광원(IR LED)을 조직에 투과하면 정맥혈, 뼈, 피부조직 등에서 일부 흡수되고 나머지는 투과되어 투과광으로 검출된다. 따라서 흡수의 변화가 있다면 반사광량 또는 투과광량의 변화로 혈액 SpO<sub>2</sub>를 검출할 수 있다 [1]. 본 연구에서는 두 개의 LED의 신호를 통해 AC성분과 DC성분을 사용하여 SpO<sub>2</sub>를 추출하고자 하였다. 맥파신호로부터 측정가능한 AC성분과 DC성분의 구성을 그림 2에 나타내었다.

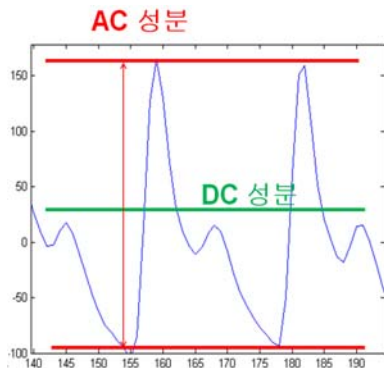


그림 2. 맥파 신호의 AC성분과 DC성분.

맥파에서 측정된 AC성분과 DC성분을 이용하여 다음 수식을 통해 SpO<sub>2</sub> 계산에 필요한 R을 얻을 수 있다.

$$R = \frac{AC_R / DC_R}{AC_{IR} / DC_{IR}} \quad (2)$$

$$\%SpO_2 = K - CR \quad (3)$$

위의 수식 (2)에서 구한 R과 상수 C, K를 사용하면 SpO<sub>2</sub>를 계산할 수 있으며 이를 수식 (3)에 나타내었다. 본 연구에서는 상수 K와 C는 110과 25를 각각 적용하였다.

### III. 실험 및 결과

본 연구에서는 적색광원과 적외선광원으로부터 반사되는 신호의 계측을 위한 시스템을 설계하였으며, 그 구성을 그림 3과 같다. 그리고 실제 구현된 산소포화도 모니터링 시스템의 구성은 그림 4와 같다.

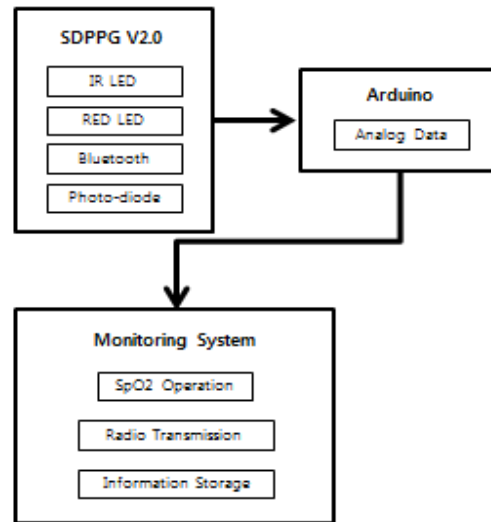


그림 3. 산소포화도 계측 시스템의 구성도.

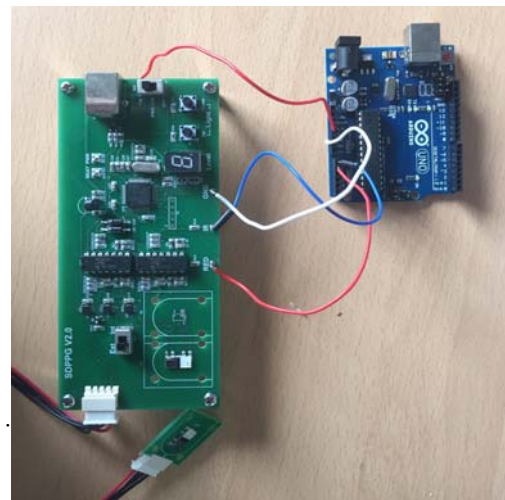
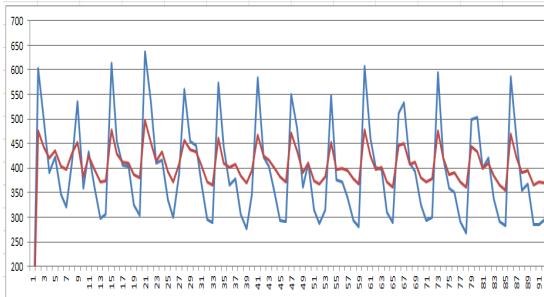
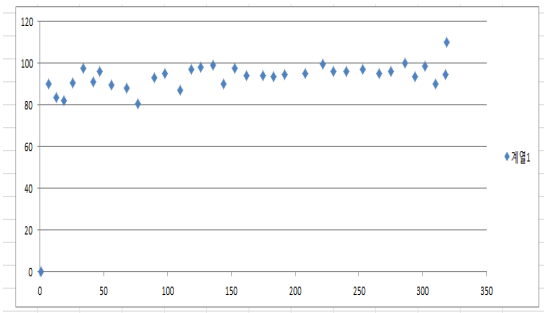


그림 4. 구현된 계측 시스템.

본 연구를 통해 구현된 시스템을 이용하여 적외선과 적색광원으로 부터 측정된 맥파신호와 이 맥파신호로부터 계산된 산소포화도 값을 그림 5의 (a)에 나타내었으며, 광 보정기법을 적용하기 위한 파라미터를 추출결과를 그림 5의 (b)에 나타내었다.



(a) 광원에 따른 맥파 계측 결과



(b) 광보정 기법 적용을 위한 파라미터 추출  
그림 5. 산소포화도 측정 결과.

본 연구에서는 산소포화도의 계측 편의성 확보를 위해 착용형 시스템으로 제작하였으며, 케이스를 사용하여 손목착용형으로 제작한 산소포화도 계측 시스템을 그림 6에 나타내었다. 그리고 스마트폰에서의 모니터링 결과를 확인할 수 있으며, 실제 산소포화도 모니터링 수행 결과를 그림 7에 나타내었다.



그림 6. 제작된 착용형 산소포화도 계측시스템.



그림 7. 산소포화도 측정 어플리케이션

#### IV. 결 론

본 연구에서는 일상생활 중 지속적으로 산소포화도의 모니터링을 위해 손목착용형 시스템을 제작하였으며, 이로부터 적외선과 적색 LED광원으로부터의 맥파신호 계측, 광보정기법을 통한 신호의 보정실험을 수행하였다. 그 결과 실제 적용가능한 수준의 착용형 맥파 및 산소포화도 모니터링이 가능함을 확인하였다. 향후 연구에서는 본 연구를 바탕으로 광보정기법의 보완 및 맥파 측정시 가해지는 압력변화를 적용한 보정기법을 개발하여 산소포화도 모니터링의 정확성을 높이는 연구를 지속하고자 한다.

#### 감사의 글

본 논문은 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터(RIC) 및 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과임을 밝힙니다.

#### 참 고 문 헌

[1] Aoyagi, Takuo, et al. "Multiwavelength pulse oximetry: theory for the future." *Anesthesia & Analgesia* 105.6 (2007): S53-S58.  
 [2] Krishnan, Rajet, Balasubramaniam Natarajan, and Steve Warren. "Two-stage approach for detection and reduction of motion artifacts in photoplethysmographic data." *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 57.8 (2010): 1867-1876.