

펄스옥시미터 시스템의 광조절 알고리즘 구성 방법

강민수[○], 이정환^{*}

[○]경북IT융합산업기술원

^{*}건국대학교 의학공학과

e-mail:mskang@gitc.or.kr[○], jwlee@kku.ac.kr^{*}

A Light Control Algorithm for Pulse Oximeter

Min-Soo Kang[○], Jeong-Whan Lee^{*}

[○]Dept. of R&D, GITC

^{*}Dept. of Biomedical Engineering, Konkuk University

● 요약 ●

본 논문에서는 펄스옥시미터 시스템의 측정 신뢰성 향상을 위해 Perfusion Index값을 이용한 광량조절의 방법을 제시한다. 본 방법은 펄스옥시미터의 광출력 값의 조정을 미약한 신호 상황에 대한 적응 가능한 광출력을 줄 수 있으며, 산소포화도 측정값의 변화율에 직접적으로 영향을 주는 광량을 보다 정확하게 조절하여 안정적인 측정이 가능하다. 또한 미약한 신호의 측정을 일괄적으로 조절 가능한 기능을 통해 다양한 사람들에게 사용되는 펄스옥시미터의 특성상 보다 정확한 값을 제공할 수 있다.

키워드: 펄스옥시미터(Pulse Oximeter), 광조절(Light control), Perfusion Index, Low Perfusion

I. 서론

펄스옥시미터는 비침습적 생체 신호 측정 방법으로 병원 및 헬스케어서비스에서 일반적으로 심혈관상태를 모니터링 하기위하여 이용되는 기기이다. 특히 펄스옥시미터는 혈중 산소포화도를 측정할 수 있는 가장 보편화된 방법으로 생명과 직접적으로 연관된 정보로서 그 가치가 증가 되고 있다. 펄스옥시미터는 생체의 광흡수도의 비를 측정하여 비관혈적으로 혈중 산소포화도를 측정 하는 방법이다[1].

기존 펄스옥시미터의 경우 광량의 판단을 측정신호의 DC의 고정된 값으로 조정하였으며 이로 인해 다수의 사용자를 측정하는 경우 신뢰성에 문제점이 발생한다[2]. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 펄스 옥시미터에서 광출력량을 조절하는 방법을 사용하였다.

II. 시스템 구성

2.1 시스템 구성

펄스옥시미터 구성은 그림 1에서와 같이 발광소자 LED, 수광소자 포토다이오드, 광조절 드라이버, 측정신호의 신호처리 부분, 증폭부분, 신호 분리부분으로 구성된다.

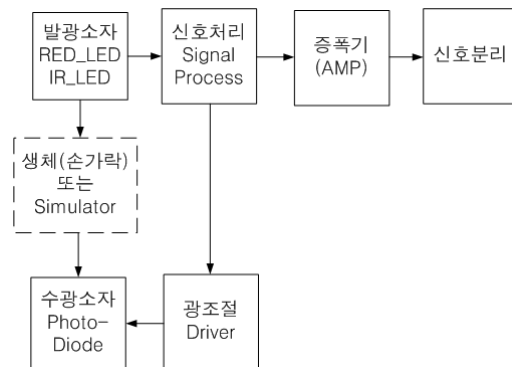


그림 1. 시스템 구성도

펄스옥시미터는 식(1)(2)와 같은 적색광과 적외선광의 입력신호의 AC, DC 성분비인 R-ratio에 의해 산소포화도 측정상관 값 (SpO2)을 측정한다[3].

$$SpO_2(\%) = 110 - 25 \times R\text{-ratio} \quad (1)$$

$$R\text{-ratio} = \frac{\frac{RED_{AC}}{RED_{DC}}}{\frac{IR_{AC}}{IR_{DC}}} \quad (2)$$

PI(Perfusion Index)는 SpO2 산출에 앞서 신호의 맥동 성분의 크기를 나타내는 정보로 미국의 펄스옥시미터 업체인 MASIMO의

경우 PI를 적외선의 AC성분과 DC성분의 비로 나타내고 있다[4].

2.2 광조절 알고리즘

본 연구에서는 펄스옥시미터의 산소포화도 측정 정확도를 향상시키기 위해 광출력을 조절할 수 있는 알고리즘을 그림 2와 같이 구성하였다.

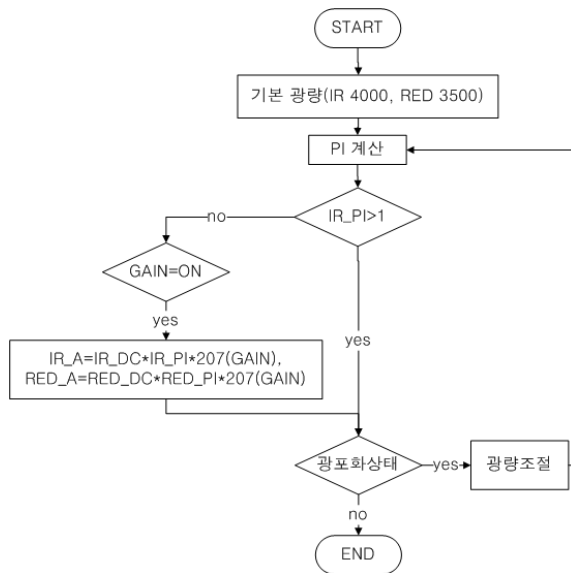


그림 2. 광조절 알고리즘

본 알고리즘은 기본광량에서 시작하여 PI를 계산, IR PI값이 1보다 작으면 증폭기를 활용하여 미세한 신호를 증폭하고 이때 광량출을 위한 측정식을 식(3)(4)와 같이 구성하였다.

$$IRA = IRDC \times IRPI \times 207 \quad (3)$$

$$REDA = REDDC \times REDPI \times 207 \quad (4)$$

IR_A값, RED_A값은 증폭된 적외선광, 적색광의 광포화 상태 값, IR_DC, RED_DC는 적외선, 적색신호의 DC성분, IR_PI, RED_PI는 적외선, 적색신호의 PI를 의미한다. 광포화상태의 판정은 RED_DC와 IR_DC값과 증폭된 RED_A와 IR_A를 근거로 광량을 근거로 광량 설정치를 조절인자로 설정 증가판단을 하도록 구성하였다.

III. 실험 결과

3.1 실험조건

제안한 알고리즘의 신뢰성을 테스트하기 위해 표1과 같은 실험환경을 설정하였으며, 시뮬레이터를 사용하여 측정신호를 PR 75, SpO2 96%를 설정한 후, PI를 1~20%, 광량을 변경하여 실험하였다.

표 1. 실험 환경

항목	값
Signal Source	Index2 Simulator(Fluke)
PI변화범위	1% ~ 20%
측정신호 특성	PR 75, SpO2 96%
광량변화	RED, IR 0 ~ 4000 (광출력 최대치 4095=4,095V)

3.2 실험 결과

실험결과 PI 20, 10, 5, 3%에서 광량에 따른 R-ratio 오차는 표2 과 같은 특성을 갖으며 최적의 값은 IR광량 4000, RED 3500으로 최적구간으로 나타났다.

표 2. R-ratio 오차분포(PI 20, 10, 5, 3%)

PI	IR광량 4000 RED광량 3500	IR광량 3500 RED광량 3500	IR광량 3000 RED광량 3500
20%	9	13	16
10%	23	20	34
5%	21	47	57
3%	50	95	71

표3과 같이 PI 1%의 미약한 신호의 실험에서는 GAIN의 작동과 미작동의 차가 크게 나타 났으며 PI 1%에서도 동일한 IR광량 4000, RED 3500으로 최적구간이 나타났다.

표 3. R-ratio 오차분포(PI 1%)

GAIN	IR광량 4000 RED광량 3500	IR광량 3500 RED광량 3500	IR광량 3000 RED광량 3500
ON	70	85	80
OFF	200	180	230

IV. 결론

PI 1%이하의 신호에 대해서는 증폭이 필요하며, 광량조절 실험을 통하여 광량의 최적구간을 찾을 수 있었다. 실험결과와 같이 최적광량이 최대 광량에 치우쳐 있는 경우에는 광입력의 포화상태(saturation)가 발생하였다. 향후 연구에서는 이를 보완하기 위한 포화상태 방지 알고리즘에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. G. Webster(ed), Design of Pulse Oximeters, Institute of Physics Publishing Ltd, London, 1997.
- [2] Chan-O Park, Woo-Sik Shin, Yong-Hwan Ji, Jung-Hyun Cho, and Gilwon Yoon, "Measurement of photo-plethysmography with feedback algorithm", IEEK Summer conference, Vol.

30, No. 1, pp. 1037-1038, 2007.

- [3] Han-Wook Lee, Ju-Won Lee, Jong-Hoe Lee, Weon-Rea Cho, Gun-Ki Lee, "A Development of Pulse Oximeter module for Measurement of SpO₂", Journal of KIICE, Vol. 4, No. 3, pp. 575-583, 2000.
- [4] MASIMO, "Technical Bulletin 3", MASIMO, Pleth Variability Index(PVI), 3/4.