

광원 스위칭을 통한 PPG출력 파형개선에 관한 연구

윤상일, 남현도, 김경호
단국대

Studies on the improvement of PPG by using swithcing device for light source.

Sang-Il Yun, Hyun-Do Nam, kyung-Ho Kim
Dankook University

Abstract - 본 연구에서는 맥박 측정에서 생기는 잡음들 중 많은 오류를 생기게 하는 동잡음 개선을 위하여 회로를 제안하고 설계하였다. 기존의 맥박추정 장비에서 가변저항, 광원 스위칭, 디지털 필터를 사용함으로써 정확도 향상을 위한 연구를 하였다. 손가락에서 광전용적맥파를 측정시 측정부의 광원을 2개를 사용하고, 이를 스위칭을 통해 파형을 측정하였다. 실험에서 PPG의 측정은 반사형 방식을 사용하고 이를 광원스위칭을 통해 신호를 받아들었다. 이를 저주파통과필터와 고주파통과필터를 사용하여 0.5~5Hz대역을 필터링 함으로써 PPG이외의 잡음을 제거하고 신호를 검출하였다. 검출된 파형을 지수가중필터로 필터링을 함으로써 정확성을 높였다. 이를 통하여 광원스위칭을 통한 PPG의 출력과 발광다이오드 한 개를 사용한 출력을 비교 분석을 보여줄 것이다.

1. 서 론

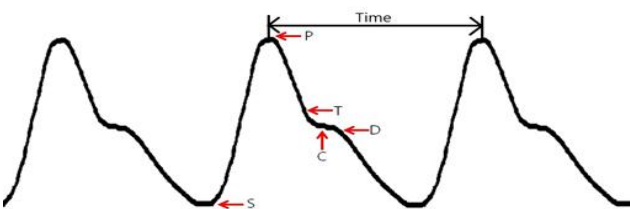
현대 사회가 들어오면서 고령화와 건강에 대한 관심과 증대, 정보통신 기술의 발전과 삶의 질이 높아지면서 U-Health 분야가 주목을 받기 시작하였다. 현대사회의 U-Health는 인체의 건강관련 정보를 시간과 공간의 제약 없이 수집, 처리, 전달, 관리 할 수 있게 되는 원격의료 서비스라 말할 수 있다. 이에 주목을 받기 시작한다는 것은 건강에 대하여 사람들이 많은 관심을 가지게 되는 것이고 웰빙음식, 운동처럼 건강에 직접적인 생각을 하기 시작했다는 것을 알 수 있다. 이처럼 사람들의 주목은 U-health시장을 지속적으로 성장하게 하고, U-health기술을 발전시켜 전통적이고 폐쇄적이고 전문적인 영역의 의료보전 부분을 개방적이고 소비자 지향적으로 바꿔 놓고 있다.

U-health의 기술은 인체에서 발생하는 생체 정보를 여러 가지 형태의 센서를 이용하고 측정하여 분석하는 것이다. 인체에서 측정할 수 있는 생체 정보는 호흡, 체온, 심전도, 혈압, 혈중산소포화도, 맥파, 움직임에 대한 신호, 근전도, 뇌파 등등 매우 다양한 형태의 신호가 있으며, 이러한 생체 정보들을 전위센서, 압력센서, 온도센서, 광센서 등을 통하여 측정 가능하다. 그 중 본 연구에서 사용된 것은 혈액의 유흡 특성을 이용하여 혈액량의 증감에 의한 광량의 변화를 측정하는 것으로서 광전용적맥파(PPG)이다. 그러나 PPG의 경우 비침습이므로 센서의 측정 시 생기는 여러 잡음에 의하여 침습적인 방법보다 정확성이 떨어진다. PPG의 측정은 대부분 손가락 끝에서 이루어지며, 이는 손가락 끝의 경우 피부와 손가락의 두께가 다른 신체부위보다 얇기 때문에 광원을 활용한 측정에서 반사형, 투과형을 모두 사용할 수 있다. 그러나 얇은 만큼 작은 움직임에서 잡음이 섞이고 혈류량의 변화가 있으므로 측정시 행동에 대한 제제가 필요하다. 또한 동일인물을 재측정 시 측정부위의 미세한 변화에도 파형의 크기가 변하게 된다.

본 연구에서는 파형의 측정을 하기 위하여 움직임을 최소한으로 하고 최대한의 동일측정부위에서 재측정이 가능하도록 하였다.

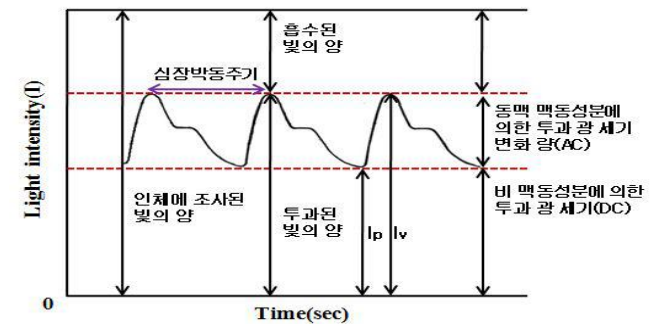
2. 본 론

혈액 내 많은 부분을 차지하는 성분 중 하나는 헤모글로빈이다. 헤모글로빈에 660nm이나 940nm대역의 광원을 보내주면 이를 흡수하거나 반사하여 맥파를 측정하는 것이 가능하다. PPG측정중 반사형이란 발광 소자에서 방출된 파장이 반사되어 수광 소자를 통해 검출되는 방식이다.



〈그림 1〉 PPG 파형 그래프

〈그림 1〉은 PPG를 사용하여 혈관의 변화를 그래프로 나타낸 파형이다. PPG에는 여러 특징점이 있으며 좌심실 수축의 시작지점부터(S), 최대 수축지점(P), 수축의 감소와 대동맥벽의 팽창지점(T)과 혈액유출의 감소 지점(C), 변박과 심근의 탄력파(D)이다. P점과 S점을 활용하여 맥박의 횡수를 측정 하는 것이 가능하고 각 P peak사이의 시간 Time을 통하여 맥박을 추정할 수 있다. 이처럼 PPG는 혈액, 심장, 혈관에 의한 심혈관계의 상태를 나타내어 심박수를 포함한 혈압 및 혈중 산소포화도와 혈관 상태와 같은 정보를 얻을 수 있다.



〈그림 2〉 PPG 파형 그래프

〈그림 2〉에서는 조직에서 흡수 및 투과된 광의 세기가 동맥혈의 맥동성분에 의한 변화 및 성분을 보여주고 있다. 맥파의 성분은 빛이 인체에 조사되어 일부 흡수되고 투과, 반사되어 나온 빛을 입사된 빛에 따라 구분된다. 구분된 빛은 혈류의 변화량에 따라 변화하는데 변화된 파형이 바로 맥파 파형이다. 맥파의 파형은 AC성분과 DC 성분으로 구분되어 있는데 AC성분은 심장 박동에 의한 혈류의 변화량을 구현한 맥파의 파형이므로 맥파의 파형과 호흡 또는 사람의 움직임에 대하여 변화하긴 하나 상대적으로 심장 박동에 대한 미약한 신호를 가진 파형으로 보며, DC 성분은 뼈, 피부와 같이 시간에 따라 변하지 않는 체내 성분에 의해 발생한다. 이 두 성분들의 차이로 맥파를 구분하는데 사용되고 이런 맥파의 주요지점의 계측을 통해 맥파의 의미를 해석하여 진단도 이끌어 낼 수 있다.

2.1 PPG측정방법

본 연구에서는 반사형 PPG측정방식을 사용하였다. 이는 반사형과 투과형의 차이가 있기 때문인데 반사형은 발광부와 수광부가 같이 있기 때문에 측정부를 만들시 사이즈를 작게 만들 수 있고 또한 수광부에서 읽히는 빛이 직접적으로 받아들여지기 때문에 투과형보다 잡음이 적고 더 광범위하게 다른 신체부위에도 측정이 가능하다.

PPG 측정에서 사용된 발광소자는 기존 PPG측정 장비 시 940nm의 파장을 가진 IR-LED를 사용하였으며, 스위칭광원을 사용한 회로는 940nm과 660nm의 파장을 가진 LED센서를 사용하였다. 또한 PPG의 주파수 성분은 0.5Hz~5Hz를 가지기 때문에 수광소자에서 잡음이 섞이기 쉽기 때문에 저주파 통과필터와 고주파통과 필터를 증폭과 같이 사용하여 아날로그 회로에서 받아들이는 PPG를 검출 시 잡음의 영향을 최소화 하였다.

2.1.1 max4614

max4614는 고속으로 광원을 스위칭하는 소자이다. 본 연구에서 아날로그회로 측정부에 광원스위칭을 부착시키고 디지털에서 스위칭 횡수를 조절하여 사용했다. 아날로그회로를 통한 max4614를 사용 시 측정대상자에 불편이 없도록 수광부의 반대편에 광원스위칭을 사용하게 하였다. 또한940nm과 660nm파장을 가진 광원에서 나오는 값을 각각의 증폭을

다르게 하지 않고 사용할 경우 파형의 일그러짐이 있으므로 처리부에서 각각 다른 증폭을 가지도록 했다.

2.2 디지털 필터

높은 주파수를 필터링했지만 미처 제거되지 못한 잡음을 필터링 못하여 포함된 파형을 디지털화하게 할 경우 Sampling Rate에 의해 파형의 방향성이 일정하게 측정 될 수 있다. 방향성이 어긋나게 될 경우 프로 그래밍으로 맥파의 Peak를 결정하는데 어려움이 있다. 이를 아날로그 회로에서 해결할 시 회로의 복잡성과 파형의 불연속성은 제대로 해결되지 않음으로 디지털 필터를 적용하여 이와 같은 문제를 다소 해결 할 수 있다.

본 연구에서는 이동평균필터 중 지수가중이동평균필터를 사용하여 정보에 따른 가중치를 따로 주어 필터의 성능을 조절 할 수 있게 하였다. 고주파의 잡음을 제거한 추세선을 얻을 수 있어 보다 유용한 정보를 얻을 수 있기 때문에 1차 저주파 통과필터라고 부르기도 한다.

가중치를 두어 필터링의 성능을 조절할 수 있으며 가중치를 높여 필터의 성능이 향상 될 경우 신호의 변화추이에 둔감해지며 시간의 지연이 커지게 되어 현재의 변화를 반영하는 속도는 느려지게 된다. 휴대용 장치로 측정이 되어 정보를 얻어야 되는 U-Health에서 커다란 약점이 된다. 반대로 가중치를 낮게 했을 경우 필터의 효과를 기대 할 수 없으므로 오류가 생길 확률이 증가하게 된다.

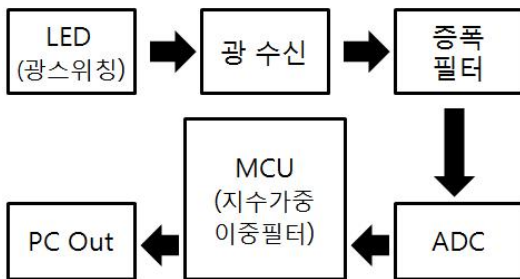
2.3 MCU

96MHz의 Clock과 32bit의 연산이 가능하고 Cortex-m3를 탑재한 Mbed LPC176모듈을 사용하고 MCU에서 디지털필터와 광원스위칭을 사용하였다.

2.4 회로설계 및 출력

PPG검출회로는 센서부와 회로부로 나누어 설계 제작하고, 센서부에서 맥파와 MAX4614를 통한 광원 스위칭을 실행하고, 회로부에서 증폭 및 필터와 광원스위칭 회수를 조절하도록 하였다.

기존의 한 개의 LED를 사용할 시 MCU에서는 필터만 가능하게 했으나 아날로그단에서 광원스위칭 사용시 MCU에서는 필터와 맥파의 Peak 검출 및 광원 스위칭을 가능 하도록 하였다. 맥박 추정 시 미세한 시간 변화에도 민감하게 반응하여 맥박이 일정한 값으로 나타나지 않게 되므로 최근 추정된 맥박 정보를 지수가중이동필터를 통해 최종 맥박을 추정 할 수 있도록 하였다.

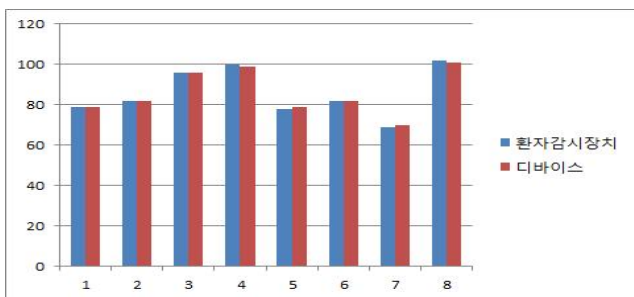


<그림 3> 블록다이어그램

2.6 실험

본 연구의 실험은 편안하고 움직임이 없는 상태에서 5분간 휴식을 취하고 광원스위칭이 없는 제작된 디바이스를 왼쪽손가락에 측정하고 오른손손가락에 환자감시장치를 측정하여 정보를 기록한다.

이후 MAX4614를 통한 광원스위칭 디바이스를 왼쪽손가락에 측정한 뒤 MCU에서 나온 파형을 광원스위칭이 없는 디바이스와 비교 분석하였다.

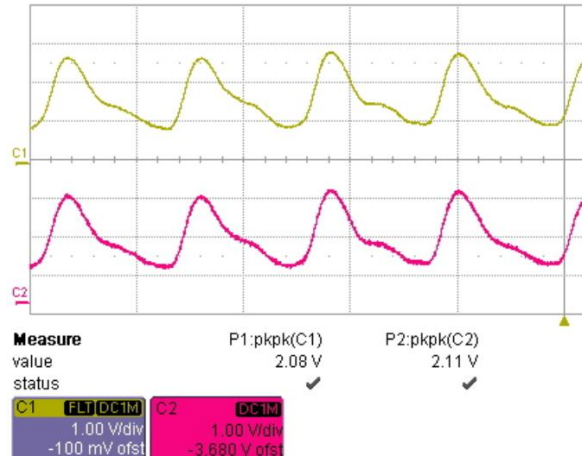


<그림 4> 환자감시장치와 기존 디바이스 비교

<그림 4>는 기존의 회로출력파형과 환자감시장치를 비교를 통해 본

장치의 정확성을 확인하기 위한 데이터이다. 결과로 오차는 1%내외이며 오차의 원인은 디지털화 하는 표본 추출비율의 Peak검출 시기가 차이가 날 수 있고, 이는 맥박 추정시 2분도의 차이가 날 수 있다. 또한 소수점 자리를 배제하는 방식이 다르므로 이에 따른 결과치의 차이가 있다고 본다.

<그림 5>는 기존회로 출력파형과 스위칭 출력파형의 나타낸 그림이다. 두 파형을 비교하여 볼 경우 잡음의 차이를 볼 수가 있다. 이는 스위칭 회로의 전형적인 단점으로 볼 수가 있다. 광원을 스위칭 할 시 빛이 사라지는 시간과 다시 생성되는 시간이 있어 이는 부정확한 출력파형을 생성 시킨다. 또한 MCU에서 디지털필터를 통한 가중치로 현재 반영값이 낮아지는 것과 광원스위칭의 처리로 기존회로보다 낮은 반영성을 가지고 있다.



<그림 5> 기존회로 출력파형(위), 스위칭 출력파형(아래)

3. 결 론

본 연구는 기존의 단일 발광다이오드가 아닌 2개의 발광다이오드를 스위칭을 통하여 맥박을 측정하는 연구를 진행하였다.

먼저 저주파 통과 필터와 고주파 통과 필터를 사용하여 원하는 주파수 대역을 잡고 이를 증폭 할 수 있는 회로를 구성하였다. 하지만 사람마다 다른 신체적 조건이 다르고 2개의 광원에서 반사되어 나오는 PPG 출력값이 다르므로 이를 동일하게 볼 수 있도록 따로 증폭을 잡았다.

순수한 파형을 증폭시 남아있던 잡음 또한 같이 증폭이 되므로 이를 필터링하기 위하여 디지털필터를 사용하였다. 다양한 디지털 필터 중 지수가중이동필터를 사용하여 가중치에 따른 필터의 성능을 조절하고 PPG의 방향성을 해결 할 수 있었다.

이를 기초로 측정부에서 고속스위칭과 기존 측정 디바이스를 설계, 제작하여 정확성을 높이는 연구를 하였으나 고속스위칭을 통한 단일 파형은 오히려 기존 회로보다 하향된 정확도를 가지게 되었다. 그러나 고속스위칭 할 경우 움직임이 가졌을 때 PPG의 파형은 기존의 파형보다 개선이 되어 나타났다.

추후 연구에서는 광원 스위칭을 통한 단일파형 대신 2개의 파형으로 분리하여 정확도에 대한 연구를 진행 할 것이며, 또한 MAX4614를 통한 아날로그가 아닌 디지털을 통한 회로 구성의 소형화를 연구 할 것이다.

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. 2010-0025109)

[참 고 문 헌]

- [1] 한국보건산업진흥원, 연도별 세계 U-Health 시장 전망, 2013
- [2] 의공학 교육연구원, “의용계측공학”, 여문각, 초판, p501~p504, 1993
- [3] 김경호, “광전용적맥파를 이용한 요골동맥 산소포화도 측정 시스템의 연구”, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 2010
- [4] 송제민, 권계환, 서성보, 방정석, 이상복, 류근호, “PPG를 이용한 심혈관 질환 예측 시스템의 설계 및 구현”, 한국방사선학회 논문지, 2010