

# 안정된 광전용적맥파(PPG) 측정을 위한 피드백 제어 연구

\*이현기, 조정현, 신우식, 윤길원  
 서울산업대 전자정보공학과 의료전자 연구소

## Feedback control for stable PPG measurement

\*Hyun-Ki Lee, Jung-hyun Jho, Woo-Sik Sin, Gilwon Yoon

Institute for Biomedical Electronics, Dept of Electronic & Information Seoul  
 National University of Technology

### Abstract

Photoplethysmogram (PPG) drifts due to the changes in respiration and blood perfusion as well as external light. This hinders a proper PPG measurement. We controlled DC drifts by controlling the signal ground of PPG signals. A microprocessor-based system successfully controlled DC drifts of PPG signals.

### 1. 서론

광전용적맥파(PPG)<sup>[1]</sup> 측정 시 일반적으로 손가락에 센서를 달아서 측정하나 본 논문에서는 몸에 부착하는 형식으로 만들어서 ubiquitous health monitoring에 사용하고자 하고자 한다. 따라서 언제 어디서나 측정 가능하도록 초소형으로 설계하였다. 그러나 사람에게 부착하여 사용할 경우 동 잡음과 외부 잡광 같은 환경적인 요인과 호흡이나 혈류량 등 생리상태의 변화로 인해 쉽게 PPG 파형이 포화되거나 차단되게 된다. 따라서 실시간 AGC (automatic gain control)로 PPG 파형을 제어하는 것이 필요하다. 이를 위한 연구로 AGC를 통한 PPG 파형을 일정한 맥파성분(AC)의 크기로 나타나게 하는 실험은<sup>[2]</sup> 있었으나 직류(DC) 베이스라인의 drift에 의한 제어는 언급되지 않았다. 또 다른 연구에서는 DC drift의 AGC를<sup>[3]</sup> 다뤘으나 PPG보다 훨씬 안정한 심전도를 대상으로 하였다. 본 연구에서는 AGC를 하기 위하여 PPG 신호의 신호 접지를 변화시켜 PPG의 DC drift를 제어하는 방법을 실험하였다.

### 2. 본론

PPG 신호는 Kodenshi社의 발광다이오드(EL23G)와 포토트랜지스터 (ST23G)를 이용하여 반사된 신호를 검출하였으며 OP amp는 Microchip社의 MCP609를 사용하였다. PPG 신호는 DC 성분을 제거하기 위한 차단주파수 0.15Hz의 2차 능동고역통과필터를 거친 뒤 전원 노이즈 및 고주파 잡음을 제거하기 위한 2차 능동저역통과필터를 거친 후 500배의 비반전증폭기를 통해서 최종 출력을 얻었다.

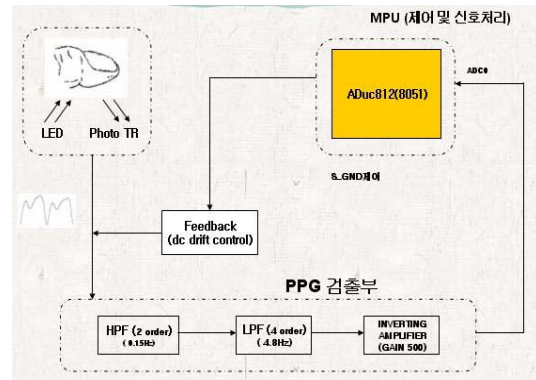


그림 1. 하드웨어 구성도

본 연구에서 피드백제어를 위해 사용한 마이크로프로세서(MPU)는 Analog Device社의 ADuC842™이다. 전원은 3V의 단일 전원을 사용하였으며 PPG 신호의 DC 조정을 위해 MPU의 DAC (digital-to-analog) 채널을 PPG 신호의 신호접지에 연결하였다.

피드백 제어를 위한 소프트웨어적 구성은 PPG신호의 최종 출력단에서 이를 ADuC842의 ADC 채널 입력으

로 인가하고 샘플링주파수는 300Hz로 설정하였다. 포화방지를 위해서 샘플링 한 신호에 일정한 윈도우를 적용, 입력신호와 기준 값을 비교하여 이보다 커질 경우와 작아질 경우 DAC값을 가변하였다. 다음의 순서도와 같이 우선 A/D의 입력값을 기준값 (상한치 = 2.2V, 하한치 = 0.7)과 비교하여 상한치를 넘어갔을 경우 DAC(Signal\_Ground)의 값을 변경하여 PPG 신호를 아래로 떨어뜨리게 된다.

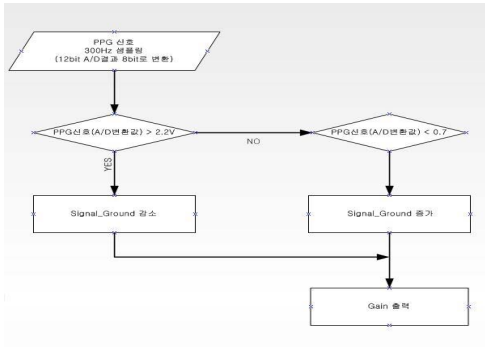


그림 2. 동작 설명도

그와는 반대로 신호가 하한치보다 내려갔을 경우 신호 접지인 DAC 값을 상향조정하여 PPG 신호를 올리게 된다. 즉 그 전 값의 PPG 신호를 이용하여 그 값이 커지거나 작아짐에 따라 DAC를 조절한 후 그 다음 나오게 되는 파형의 높낮이를 조절하게 되는 것이다. 이렇게 되면 PPG 신호가 포화 되는 것을 방지하여 항상 일정한 윈도우 안에서 PPG파형을 나타낼 수 있다. DC drift를 제어하는 것이다. 이때 Signal\_Ground를 급격히 변화시키게 되면 순간적으로 PPG 신호가 불안정하게 되는데 이를 방지하기 위해 신호접지는 완만하게 변화하도록 설정하였다. 최종 출력단에 추가한 가산기를 통해 임의로 DC drift를 가해서 AGC의 동작 여부를 확인하였다.

### 3. 결과

PPG 파형이 상승할경우를 보면 DC offset을 0V에서 1.7V까지 서서히 증가시켰는데 그에 따라 신호접지가 감소하면서 실제 PPG 파형은 침두치만 고려했을 경우 원신호는 4V까지 올라가지만 제어된 신호는 2.2V에서 2.4V사이에서 유동하는 것을 볼 수 있다.

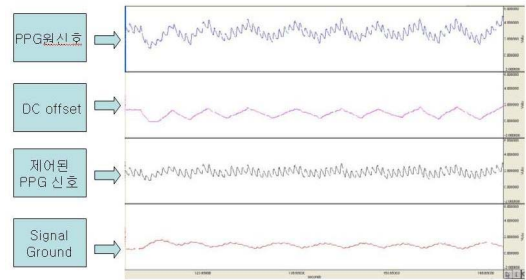


그림 3. PPG 파형의 제어1  
(DC-offset에 따른 PPG 파형의 변화)

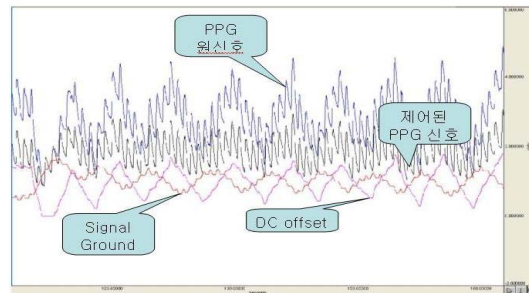


그림 4. PPG 파형의 제어2  
(DC-offset에 따른 PPG 파형의 변화)

감소하는 경우에도 그림에서 보듯 아랫부분이 신호접지가 상승하면서 정상적인 PPG 신호가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이처럼 신호접지의 제어로 인해 일정한 윈도우안에 PPG 파형이 들어 올수 있도록 하였으며, 이를 이용하여 동잡음이나 외부 빛 강도의 변화에도 안정된 PPG를 측정할 수 있게 되었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2004-000-10965-0) 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

[1] J G Webster(ed), Design of Pulse Oximeters, Institute of Physics Publishing Ltd, London, PP. 40-55 ,1997  
 [2] 장준근外, “최적 용적맥파 계측을 위한 AGC구현에 관한 연구”, 대한의용생체공학회 춘계학술대회논문집, 5월13일, 인제대학교, 2005  
 [3] Enrique, ECG Front-End Design is Simplified with Micro converter, pp1-5, Analog Dialogue 37-11, Nov. 2003