

## PPG 측정시스템 설계 및 구현

남승윤\*, 함찬영\*, 권순량\*\*, 신현순\*  
 \*한국전자통신연구원, \*\*동명대학교 전자공학과

starstar61@etri.re.kr, cyhahm@etri.re.kr, srkwon@tu.ac.kr, hsshin@etri.re.kr

## Design and Implementation of PPG Measurement System

Nam Seung Yun\*, Ham Chan Young\*, Kwon Soon Ryang\*\*, Shin Hyun Soon\*  
 \*ETRI, \*\*Dept. of Electronics Engineering, Tongmyong Univ.

## 요약

최근 웰니스 헬스케어 서비스와 관련하여 생체신호 계측을 위한 기기의 개발이 활발히 진행되고 있다. PPG에 관한 연구는 손가락 말단부분의 모세혈관을 측정하는 경우가 많고 손목의 요골맥파에서도 측정이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 광학식 소자(PPG)를 이용하여 최적의 필터 및 증폭 방법으로 손가락 끝의 맥파(PPG)를 검출하는 시스템 연구 개발 내용을 기술한다. 제안된 시스템은 전류-전압 변환기, 저역통과필터, 고역통과필터와 증폭기 회로로 구성했다. 제안된 센서모듈에 대한 성능평가는 상용 생체신호 계측장비인 BIOPAC(MP150)과 제안모듈을 동시 착용, 측정, 비교 검증을 통해 확인하였다.

## I. 서론

최근 경제성장의 영향으로 소득이 증대됨에 따라 행복한 삶에 대한 생각과 삶의 질 향상에 대한 욕구가 높아져 웰빙 문화가 사회 전반에 급속히 확산되고 있다. 이에 따라 건강에 대한 관심 증대로 인해 헬스케어 기술에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 그 대표적인 연구로서 생체신호 측정에 대한 연구가 국내외적으로 널리 수행되어 왔다. 또한, 무자각(無拘束), 무자각(無自覺)의 특징을 갖는 다양한 웨어러블 기기들도 출시되고 있다.

일반적으로 개인의 건강관리를 위해 필요한 정보는 생체신호로부터 얻을 수 있는데 이를 활용하기 위해서는 정확한 생체신호 측정 기술이 요구된다. 생체신호의 종류로는 대표적으로 심전도(ECG; Electrocardiography), 혈압, 체온, 광용적맥파(PPG; Photo-Plethysmography), 호흡 등이 있는데 건강관리 서비스를 위해 가장 많이 사용되는 신호는 ECG와 PPG 신호이다[1][2].

PPG 신호는 심박수, 혈류량, 산소포화도 등의 분석에 이용되고 있다. 최근 PPG 신호를 이용하여 개인건강 상태를 알 수 있는 모바일 서비스도 출시되었다. 또한, 중추신경계 또는 자율신경계의 반응을 통해 감성상태를 판단하기 위한 연구가 진행되고 있다[3].

최근 들어 모바일 웨어러블 기기들이 대거 출시되고 있다. 삼성전자의 갤럭시 Gear Fit, 애플의 iWatch, 나이키사의 Fuel Band, Fitbit사의 Flex Band, Jawbone사의 Up Band 등이 대표적인 제품이다. 특히 갤럭시 GearFit과 iWatch에서는 광학센서를 이용하여 맥박을 측정하는 기능을 탑재하여 사용자의 운동 가이드를 제공해 주고 손목시계 형태로 착용할 수 있도록 하였다.

본 논문은 PPG 신호를 측정할 수 있는 소형, 저가의 PPG 측정시스템을 설계 및 구현하는 것을 목적으로 한다. 이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. I 장

서론에 이어 II 장에서는 제안된 PPG 측정 시스템의 구성도를 제시하고 시스템의 구성요소들에 대해 설명한다. III 장에서는 본 논문에서 제안되어 구현된 PPG 측정 시스템의 성능을 검증하고 IV 장에서 결론을 맺는다.

## II. 제안된 PPG 측정 시스템 설계

## 1. 시스템 구성도

그림 1은 본 논문에서 제안된 PPG 신호 추출을 위한 PPG 측정 시스템 구성도로서 PPG 센서 모듈과 신호보정 모듈로 구성된다.

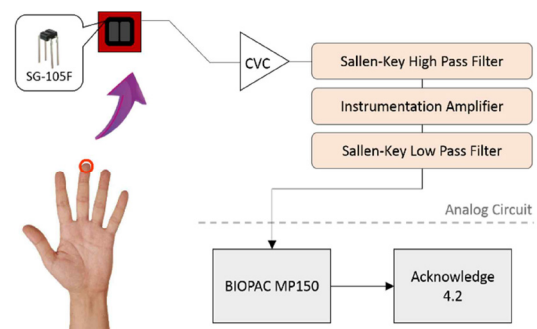


그림 1. PPG 측정 시스템 구성도

PPG 센서는 빛의 변화에 따라 전류의 양을 변화시키기 때문에 PPG 센서 출력측에 전류를 전압으로 변경하는 회로가 필요하다. 사용자의 상태와 손가락의 위치에 따라 PPG 센서 출력 파형의 차이가 매우 크기 때문에 신호의 DC 성분을 제거하고 Base Line을 항상 일정하게 출력해 줄 필요가 있다. 이러한 요구사항을 만족하기 위한 신호 보정 모듈은 전류를 전압으로 변경

해주는 CVC(Current to Voltage Converter; 전류-전압 변환기) 회로, DC 성분을 제거하고 저주파수 신호잡음을 제거하기 위한 Sallen-Key HPF(High Pass Filter; 고역통과필터)회로, 미약한 전압의 신호를 증폭하기 위한 Instrumentation Amplifier 2 차 증폭 회로, 고주파수 대역 잡음 신호 제거를 위한 Sallen-Key LPF(Low Pass Filter; 저역통과필터)회로로 구성된다.

## 2. 모듈 상세 설계

### 가. PPG 신호 측정 모듈

PPG 센서는 가로세로 3.0mm 인 SG-105F 소자이며, 940nm 파장의 GaAs IRED 와 Photo-Transistor 가 결합되어 수광부와 발광부가 하나의 소자로 구성되어 있다. 기능은 손가락 속의 모세혈관을 측정할 수 있다. 손가락에서 반사되어 수광부로 들어온 빛이 전류로 변하는 범위는 0.1mA 부터 1.5mA 까지이다. 다양한 위치에서 측정이 가능한 PPG 신호를 자유롭게 측정하기 위해서 독립적으로 센서를 구성하였다.

PPG 신호의 비교를 위해 사용된 BIOPAC 측정모듈은 TSD200 Lead 이고, 수광부, 발광부의 전용 파장은 860nm±60nm 이다.

### 나. PPG 신호 증폭 및 필터 모듈

제안된 PPG 신호 증폭 및 필터 모듈은 CVC, HPF, Amplifier, LPF 회로 순으로 구성된다. 인가 전원은 5V 어댑터를 사용하였고, LM1119 전압 레귤레이터를 통해 3.3V 으로 각 모듈에 공급된다.

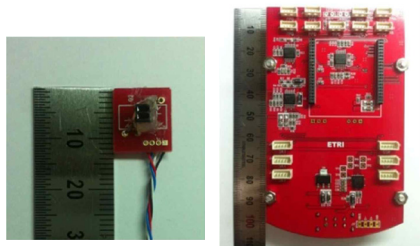
CVC 회로는 LMV324 OpAmp 를 사용하였고, 미세 전류를 전압으로 변환하고 전압의 세기를 조절하는 역할을 하고 증폭이 가능하다.

필터 회로는 Sallen-Key HPF/LPF 로 구성하였고 OpAmp 는 CVC 회로에서와 마찬가지로 LMV324 를 사용하였다.  $F_{HC} = 0.469\text{Hz}$  이고,  $F_{LC} = 5.227\text{Hz}$  이다.

Instrumentation Amplifier 회로는 이득을 240 배가 되도록 설계하였다.

## 3. 시스템 구현

그림 2 는 구현된 PPG 측정 시스템 모듈을 나타낸다.



(a) PPG 센서 모듈 (b) 신호보정 모듈  
그림 2. 구현된 PPG 측정 시스템 모듈

## III. 개발모듈 성능평가

### 1. BIOPAC 센서모듈과 개발센서모듈 비교 분석

그림 3 은 상용 계측장비 BIOPAC PPG 모듈로 측정한 PPG 신호(위쪽 파형)와 본 연구에서 개발한 모듈에서 측정한 PPG 신호(아래쪽 파형)를 비교한 그림이다.

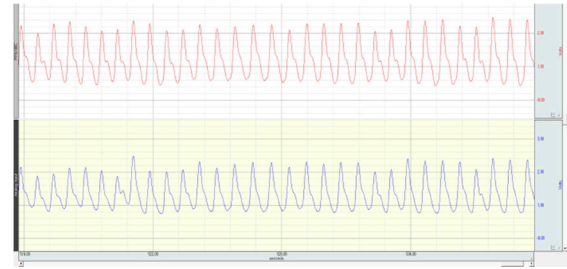


그림 3. PPG 측정 파형 비교

표 1 은 그림 3 에서 측정한 2 가지 PPG 신호에 대한 평균값, 진폭, Peak-Peak 사이의 시간을 계산한 그래프이다. P-P Interval 그래프는 신호의 Peak 점이 유사하게 검출되고 있는 것을 보여주고 있다.

표 1. PPG 신호 내용 비교 분석

종류 구분	BIOPAC PPG	제안된 모듈 PPG
평균	1.19273V	1.33354V
진폭	2.06116V	1.73798V
p-p Interval		

## IV. 결 론

본 연구에서는 PPG 신호를 측정하기 위한 센서와 신호 필터 및 증폭회로를 제안하여 PPG 측정 시스템을 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템의 성능을 검증하기 위해 상용 시스템인 BIOPAC 에서 검출한 PPG 신호와 비교해 본 결과 상용제품 수준의 성능을 유지함을 확인할 수 있었다.

향후 계획으로 웨어러블 컴퓨팅 환경에 적용 가능한 손바닥이나 팔 부분에서의 PPG 신호 검출에 관한 연구를 진행할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 MOTIE/KEIT 의 IT R&D 사업의 지원을 받아 수행한 연구임.[10041854, 안전한 주거환경을 위한 실시간 위험요소 예측/방지용 스마트 홈 서비스 플랫폼 기술 개발]

교신저자:신현순(사물감성융합연구실, 042-860-6338)

## 참고문헌

- [1] 박희정, 남재현, 이주원, “다파장 광원을 이용한 광용적 맥파의 동잡음 제거 필터 설계”한국컴퓨터정보학회, Vol.19, No.2, pp.101-107, 2014.
- [2] 김성우, 신승철, “심전도 측정을 이용한 모바일 헬스케어 시스템 개발”한국정보통신학회 논문지, Vol.18, No.8, pp. 2008-2016, 2014.
- [3] 신현순, 함찬영, 엄남경, 김미경, 이석희, 김용선, “감성 ICT 기술 및 산업 동향”2014 Electronics and Telecommunication Trends, IT 융합기술 특집, pp.30-39, 2014.