

## 심음을 이용한 실시간 심장 활동 상태 모니터링 시스템 구현

김진환<sup>1</sup>, 노윤홍<sup>2</sup>, 정도운<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>동서대학교 컴퓨터공학부, <sup>2</sup>부산디지털대학교 컴퓨터공학과

### Implementation of Real-time Heart Activity Monitoring System Using Heart Sound

Jin-Hwan Kim<sup>1</sup>, Yun-Hong Noh<sup>2</sup>, Do-Un Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Computer Engineering, Dongseo University,

<sup>2</sup>Dept. of Computer engineering, Busan Digital University

**요약** 최근 건강에 대한 관심과 욕구가 크게 증가하고 있으며, 이에 따라 스마트 헬스케어 산업이 크게 주목 받고 있다. 이로 인해 일상생활 중 자신의 건강 상태를 지속적으로 확인하기 위한 원격의료시스템뿐만 아니라, 최근에는 국내외 기업에서 언제 어디서나 신체의 활동 정보를 계속 할 수 있는 웨어러블 디바이스들을 지속적으로 연구개발 및 시장에 선보이고 있다. 특히, 맥파와 심전도는 일상생활 중 자신의 건강상태를 지속적으로 모니터링하기 위한 생체신호로 가장 많이 활용되고 있다. 본 연구에서는 마이크 센서를 활용한 심장의 소리 즉, 심음의 계측을 통해 심장 활동 상태 모니터링이 가능한 시스템을 구현하고자 하며, 상용 전자 청진기과 비교평가를 통해 일상생활 중 지속적인 모니터링이 가능함을 확인 하였다.

• 주제어 : 스마트 헬스케어, 웨어러블 디바이스, 심음, 심장 활동 상태, 모니터링 시스템

**Abstract** Recently, the smart health care industry has been rising rapidly and interest and efforts for public health have been greatly increased. As a result, the public does not visit medical specialists and medical facilities, but the desire to check their health condition in everyday life is increased. Therefore, many domestic and foreign companies continuously research and develop wearable devices that can measure body activity information anytime and anywhere And the market. Especially, it is used for heart activity measurement device using pulse wave sensor and electrocardiogram sensor. However, in this study, a monitoring system that can detect cardiac activity using cardiac sounds, heart sound measurement rather than pulse wave measurement and electrocardiogram measurement, was performed and its performance was evaluated. Experimental results confirmed the predictability of cardiac heart rate and heart valve disease during daily living.

• Key Words : Smart health care, Conditionhealth, Cardiac activity, Monitoring system, Heart sound

Received 16 December 2017, Revised 07 March 2018, Accepted 29 March 2018

\* Corresponding Author Do-Un Jeong, Division of Computer Engineering, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.  
E-mail: dujeong@dongseo.ac.kr

## I. 서론

스마트폰의 성공적인 대중화와 세계적인 고령화 현상, 의료비 급등, 치료에서 예방 중심으로의 의료 서비스의 변화, 건강한 삶의 욕구 등 다양한 원인으로 인해 국가뿐만 아니라 기업에서도 스마트 헬스케어 산업의 중요성을 인지하고 많은 정책적 변화와 관련된 새로운 서비스 모델을 개발하고자 노력하고 있다[1]. 현재 스마트 헬스케어의 대중적인 형태는 일상생활 중 편리하게 신체에 상시 부착하여 생체 신호를 측정하고 이상 신호를 감지하여 사용자에게 위험을 경고하는 웨어러블 헬스케어 디바이스들이었다. 이러한 디바이스들의 등장으로 언제 어디서나 자신의 건강상태를 확인할 수 있게 되었고 특히 세심한 관리가 필요한 만성 질환 환자들에게 효과적으로 사용되고 있다. 현재 가장 흔하게 접할 수 있는 웨어러블 헬스케어 디바이스로는 심전도 및 맥파 센서를 활용한 심장 활동 상태 모니터링 시스템을 예로 들 수 있다.

하지만 심전도와 맥파 센서는 제한적인 측정 부위와 측정 부위에 따른 한정된 디자인, 별도의 전극을 부착해야 한다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 일상생활 중 심음의 측정을 통한 실시간 심장활동상태 모니터링이 가능한 심음 모니터링 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위하여 마이크 센서와 아두이노를 활용한 심음 측정부를 구현하였으며, 심음 데이터를 모니터링하기 위한 어플리케이션을 구현하였다. 구현된 시스템의 성능 평가를 위하여 심전도 및 맥파 신호와 동시 측정을 통해 심장 활동상태 모니터링이 가능함을 확인하고자 하였으며, 상용 전자 청진기 모듈과 동시 측정을 통해 구현된 시스템의 유용성을 확인하고자 하였다.

## II. 본론

### 2.1 심음의 정의

심장의 소리 즉, 심음이란 심장 박동에 따라 심장의 수축과 이완 운동으로 인한 방실판막, 반달판막이 닫히면서 내는 소리이다[2]. 정상적인 심장은 그림 1의 S1(제 1심음)과 S2(제 2심음)만 발생하며 S1과

S2가 합쳐진 것이 한 번의 심장 박동을 의미한다. 특히, 심음에서 심잡음은 심장 내에 판막 등 여러 문제로 인한 와류가 발생하여 계속되는 신호로써, 주로 심장 관련 질환에 의해 발생하지만 특별한 경우 정상적인 사람 또한 발생 하는데 이는 생리적 잡음이라고 하며 아무런 문제가 되지 않지만 심장 관련 질환을 원인으로 발생하는 병리적 잡음은 제 1심음과 제 2심음 사이에 심잡음이 섞여 정상적인 파형이 나타나지 않게 된다.

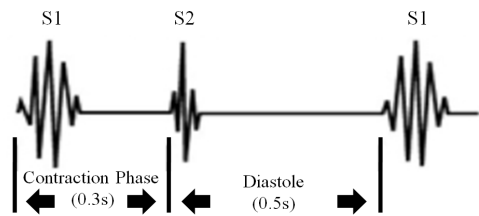


Fig. 1. Principle of heartbeat

### 2.2 심음 분석 방법

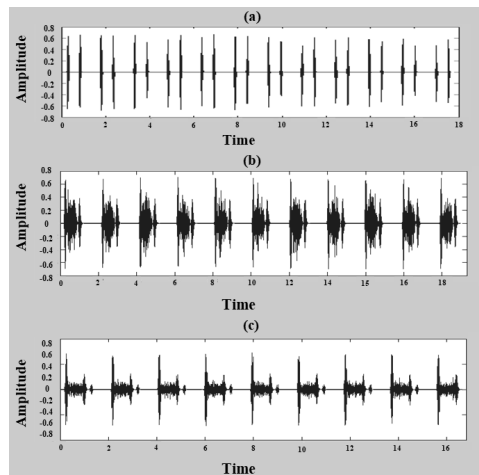


Fig. 2 Cardiac waveform of multiple heart states

그림 2의 파형은 (a) 정상 심음, (b) 대동맥 판막 협착증, (c) 승모판 폐쇄 부전증의 병적 심음을 나타낸다. 그림 2의 (b), (c)의 경우, S1과 S2의 사이에서 정상 심음(a)과 시각적으로 구별되는 심잡음을 확인할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 심음의 특징을 추출하기 하기 위하여 FFT를 이용하고자 하였으며, 그 일례를 그림 3에 나타내었다. 그림 3은 심잡음

영역을 가장 많이 포함하고 있는 주파수 영역을 도출하기 위하여 승모판 폐쇄 부전증 심잡음을 FFT 변환한 결과이며, 변환 결과 심잡음의 영역이 100 ~ 250Hz 구간에 많이 포함되어 있음을 확인하였다[3].

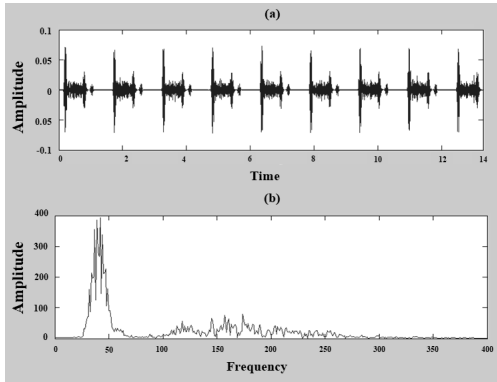


Fig. 3 Feature extraction of heart sound using FFT  
(a) Mitral insufficiency (b) FFT

그림 3에서 도출한 100~200Hz 구간으로 Band Pass Filter를 심장 승모판 폐쇄 부전증 데이터에 적용시킨 결과, 그림 4의 (b)와 같이 S1과 S2 사이의 심잡음 영역이 명확하게 남는 것을 확인할 수 있다.

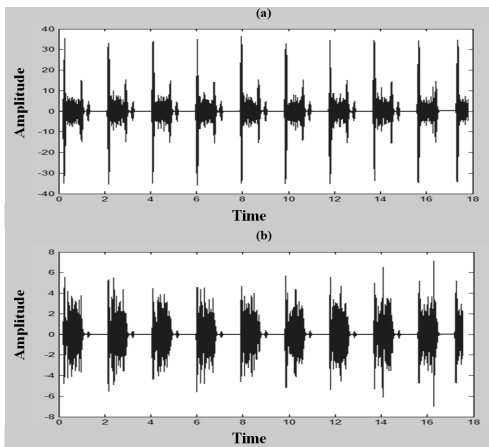


Fig. 4 The result of applying band pass filter to heart sound

### 2.3 심음 모니터링 시스템 구성

본 연구에서는 심음을 이용한 실시간 심장활동 상태 모니터링을 위하여 그림 5와 같이 전체적인 시

스템을 구성하였다. 심음 신호를 계측하기 위하여 마이크 센서를 사용하였으며, 계측된 신호는 Bluetooth와 USB Cable로 각각 전송이 가능하다.

#### 2.3.1 마이크 센서 기반 심음 측정부

본 연구에서는 일상생활 중 지속적인 심음의 측정 및 실시간 모니터링을 위하여 스마트폰과 자유로운 연동이 필수적이라고 판단하였고, 이를 위하여 그림 6과 같이 마이크 센서를 이용한 청진기 형태의 센서를 활용하였다.

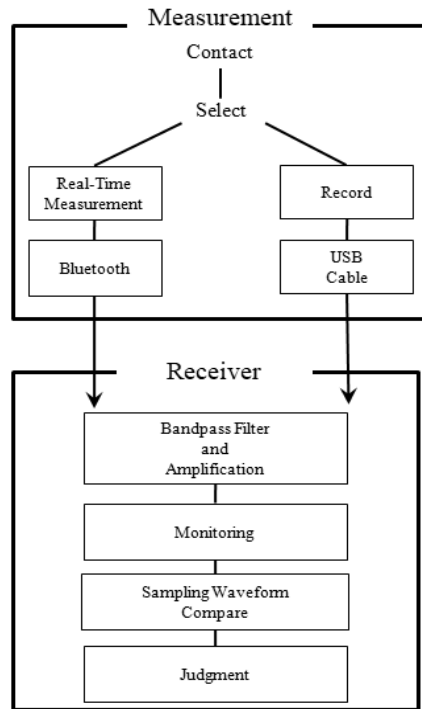


Fig. 5 The configuration of allover system



Fig. 6 Stethoscope Type Microphone Sensor

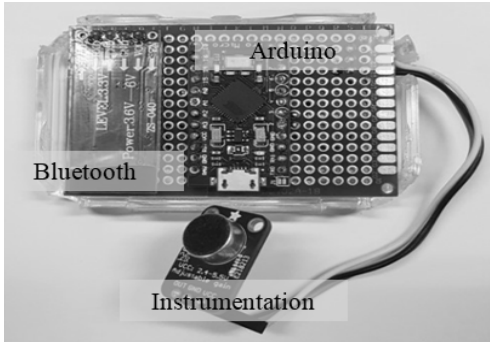


Fig. 7 The control system using Aduino

또한 그림 7과 같이 신호의 증폭 및 ADC를 위하여 아두이노 기반의 제어부를 구성함으로써, 상용 전자 청진기보다 스마트폰에 최적화된 시스템을 구현하고자 하였다.

### 2.3.2 실시간 모니터링 어플리케이션

스마트폰으로 전송된 심음데이터를 모니터링하기 위하여 그림 8과 같이 실시간 모니터링 어플리케이션을 구현하였다. 구현된 시스템은 시간 파형 표시뿐만 아니라 심음 데이터를 저장할 수 있는 기능과 저장된 데이터를 확인할 수 있는 기능을 구현하였다.



Fig. 8 The real-time monitoring application

## 2.4 전자 청진기 실험 모듈

본 연구에서는 구현된 시스템의 성능평가를 위하여 실시간으로 신체 부위에 접촉면을 통해 신체 내부의 소리를 녹음 및 청취할 수 있는 전자 청진기 모듈을 활용하였다. 계측된 신호는 실시간으로 Bell (50~250Hz), Diaphragm(100~250Hz), Wide(50 ~750Hz)의 단계로 필터를 변경 가능하며 측정 부위에 계측이 용이하게 필터를 다르게 적용시킬 수 있으며,

계측된 데이터는 전송 동글을 통해 무선 전송이 가능하다.



Fig. 9 Electronic Stethoscope

또한 전자 청진기 모듈에서 계측된 심음 데이터의 파형과 심음정보를 확인하기 위하여 전용 PC Program을 활용하였다. 주요 기능으로는 측정부에서 계측되는 실시간 파형과 녹음 파일 PC로 저장, 데이터 값 증폭, 데이터 추출 등 다양한 기능들을 지원한다.

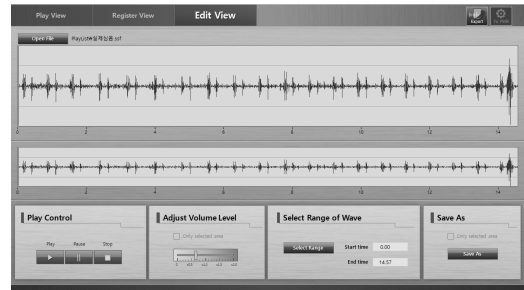


Fig. 10 PC Monitoring Program

## Ⅲ. 실험 및 결과

### 3.1 심전도 및 맥파와 동시 계측 실험

구현된 시스템의 유용성을 판단하기 위하여 먼저, 그림 11과 같이 실제 실험자 1의 심전도 계측과 심음 계측을 동시에 실시하였다. 실험간 최대한 주변 잡음을 최소화하고 실험자 또한 평온한 상태에서 측정하였다. 그 결과 심음의 S1과 S2가 발생할 때 심전도 또한 동시에 P,Q,R,S,T파가 발생하여 심음의

S1, S2와 심전도의 P,Q,R,S,T파는 동일한 시간에 발생하는 것을 확인하였다. 실험을 통해 심음 계측 또한 심장의 실시간 활동 상태 계측에 사용이 용이할 것으로 판단하였다.

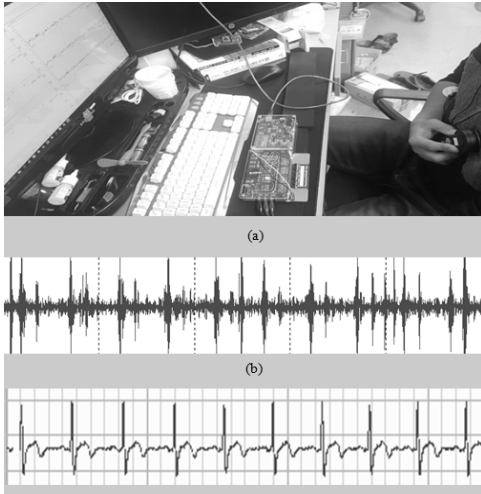


Fig. 11 The result of simultaneous measurement with ECG (a) Heart Sound (b) ECG

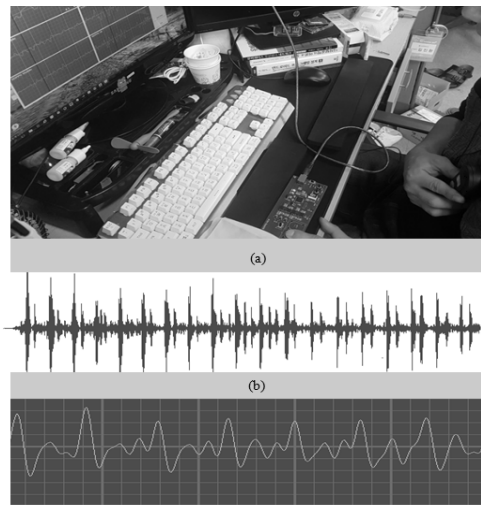


Fig. 12 The result of simultaneous measurement with PPG (a) Heart Sound (b) PPG

맥파 계측 또한 실험자 1을 대상으로 심음 계측과 동시 계측을 실시하였다. 그 결과 그림 12와 같이 맥파의 특징적인 파형이 발생할 때 심음의 S1, S2 또한 동시에 발생하였으며 심박수 또한 동일하게 측

정되었다. 심장의 생체 신호 계측에 대표적으로 활용되는 심전도, 맥파와 심음을 장단점을 도출한 결과 간단한 부착 및 착용으로 심장의 생체 신호를 편리하게 계측 할 수 있다. 하지만 장시간 계측에는 전극 부착 및 손가락에 착용을 유지해야하는 등의 불편함이 따르게 된다. 그에 비해 심음 계측은 심장 부근 가슴에 소형 마이크 센서를 활용한다면 수면 중 별다른 불편함 없이 장시간 계측이 가능할 것으로 판단된다.

### 3.2 전자 청진기 모듈과 비교 평가

본 연구에서는 구현된 시스템의 성능평가를 위하여 상용 전자 청진기 모듈과 비교평가를 실시하였다. 피실험자 1을 대상으로 심음을 동시 계측하였으며, 100~200Hz의 구간으로 Band Pass Filter를 각각 적용하였다. 실험 결과를 그림 13에 나타내었으며, 동시에 계측된 두 신호가 시각적으로 유사함을 확인할 수 있다. 또한 두 신호에 대한 상관계수를 계산한 결과 0.87로 유의미한 결과를 확인하였다.

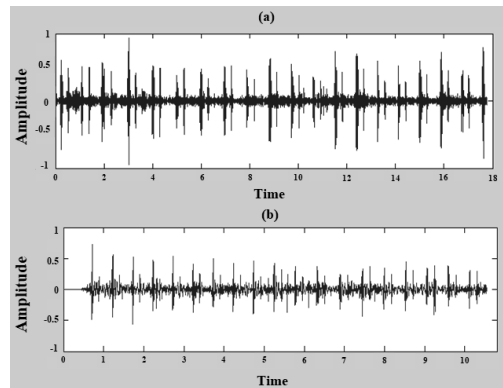


Fig. 13 The result of simultaneous measurement with Electronic Stethoscope (a) Electronic Stethoscope (b) Heart Sound

## IV. 결론

본 연구에서는 일상생활 중 실시간으로 심장의 활동상태를 모니터링하기 위하여 심음 모니터링 시스템을 구현하였다. 심음의 분석은 기존의 생체신호 계측에 주로 활용되는 심전도 및 맥파와 비교하여 측

정의 불편함을 해소할 수 있는 장점을 가지고 있다. 구현된 시스템의 성능평가를 실시한 결과 심음의 측정이 가능함을 확인하였으며, 심장 기능의 이상 모니터링이 가능함을 확인하였다. 현재 개발 수준에선 완벽하게 생활 간 잡음 제거가 어려움이 있어 야외에서 사용은 어렵지만 지속적인 연구로 소형화 및 외부 잡음 제거가 이루어진다면 심전도, 맥파 계측의 한계점을 극복한 편리하고 불편함 없는 일상 생활 간의 계측이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 향후 연구에서는 초소형의 전자 청진 시스템 구현에 대한 연구와 더불어 최적의 외부 잡음 제거에 관한 연구를 시행하여 의복 및 심장 부근 부착 디자인으로 새로운 심장 계측 모듈의 디자인을 제안하고 다양한 응용분야로 연구를 확대하고자 한다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 신학협력선도대학육성사업(LINC+)의 연구결과 및 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1D1A1A01061131, No. 2016R1D1A1B03934866)의 결과물임을 밝힙니다.

#### REFERENCES

- [1] “u-Healthcare Industry and Company Analysis-Medical Device and Telemedicine Centered”-KMDPD Medical device Policy Researcher, p4, 2011.07.
- [2] S. H. Eum. (2015). A Study of Classification of Heart Murmurs using Shannon Entropy and Neural Network. Journal of the institute of signal processing and systems, 16(4), 136
- [3] G. H. Lee, Y. J. Lee, M. N. Kim. (2012). Heart Valve Stenosis Region Detection Algorithm on Heart Sounds. Journal of Korea Multimedia Society, 15(11), 1330-1340.

#### 저자소개



##### 김진환 (Jin-Hwan Kim)

2012년 2월 ~ 현재 동서대학교 정보통신공학과(공학사)  
관심분야 : 헬스케어, 신호처리



##### 노윤홍 (Yun-Hong Noh)

2008년 2월 동서대학교 정보네트워크공학과(공학사)  
2010년 2월 동서대학교 유비쿼터스 IT(공학석사)  
2013년 2월 동서대학교 유비쿼터스 IT(공학박사)  
2017년 12월~현재 부산 디지털 대학교 조교수  
※관심분야: 헬스케어, 신호처리



##### 정도운 (Do-Un Jeong)

2000년 2월 동서대학교 전자공학(공학사)  
2002년 2월 부산대학교 의공학(공학석사)  
2005년 8월 부산대학교 의공학(공학박사)  
2005년 3월~현재 동서대학교 컴퓨터공학부 교수  
※관심분야: 의공학, 패턴인식, 신호처리