

만성질환 관리를 위한 무선 송·수신기 모듈 개발

Development of Wireless Transmission and Receiver Module for the Management of Chronic Diseases

김민수*, 조영창*

Min Soo Kim*, Young Chang Cho*

Abstract

In this study, ECG signal amplifier, wireless transmitter/receiver circuit, signal processing filter circuit and A/D converter circuit design required for the development of small sized ECG module for wireless transmission/ reception were performed. In order to verify the performance of ECG sensors, the measurement was performed from 1 m to 3 m to measure the signal noise ratio according to the gateway distance. Experimental results showed that the signal noise ratio at 2 m distance was 17.18 dB on average, which fulfilled the requirements for commercialization. The experimental results obtained in this study are expected to contribute to the low cost, high efficiency mobile health field where remote monitoring diagnosis can be applied to small biometric devices for chronic disease management.

요약

본 연구에서는 초소형 무선송·수신용이 가능한 심전도 모듈개발에 필요한 ECG 신호증폭기, 무선 송·수신기 회로, 신호 처리용 필터회로 및 A/D 컨버터회로설계를 수행하였다. 심전도 센서의 성능 검증을 위하여 gateway 거리에 따른 신호잡음비를 측정하기 위해 1 m ~ 3 m까지 실시하였다. 실험결과 2 m 거리에서의 신호잡음비는 평균 17.18 dB 결과를 나타냄으로써 상용화에 필요한 요건을 갖추었다. 본 연구를 통해서 얻은 실험결과는 만성질환 관리를 위한 초소형 생체측정기에 적용한다면, 원격모니터링 진단이 가능한 저비용, 고효율 모바일 헬스분야에 기여할 것으로 기대된다.

Key words : Small ECG module, A/D converter, Chronic Patients, Wireless Transmitter Receiver, WiFi

1. 서론

심전도검사기는 심장병 이상을 감지하는 중요한 진단장치이다. 뇌졸중과 심장마비는 지속적인 감시가 필요하고 일반 대중에게 가장 흔한 심장혈관 질환이다. 이를 위해서 심전도검사는 심장의 전기적 활동을 측정하는 가장 널리 사용되는 심혈관 질환

환 모니터링 기법이다[1-3].

심전도 시스템은 심장의 전기적 활동을 평가하고, 심장 박동의 규칙성 및 속도를 측정하며, 심장의 손상을 식별하기 위한 비침습 모니터링 기술이다. 심전도에는 인체 표면에 전극을 편리한 곳에 배치하는 것이 포함된다. 이러한 전극은 케이블을 통해 심전도 모니터링 장치에 연결하여 신호검출

* Dept. of Avia. Info. Com. Eng., Kyungwoon University

★ Corresponding author

E-mail : yccho@ikw.ac.kr, Tel : +82-54-479-1313

Manuscript received Sep. 10, 2019; revised Sep. 23, 2019; accepted Sep. 27, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

및 증폭을 한다. 그러나 부착된 전극은 착용자의 유연성과 이동성에 불편함을 제공한다.

휴대용 홀터 장치를 사용하여 장시간 모니터링하여 데이터를 획득하여 심장관련 질환 및 심장 부정맥을 감시 할 수 있었다.

최근에는 무선 심전도 감시 시스템을 이용하여 실시되고 있으며, Bluetooth, Zigbee 및 Wifi 등은 ECG 무선모니터링에서 사용되는 주요 무선 전송 시스템이다[4-5]. 이러한 시스템은 스마트 홈 개념의 일부로 ECG 모니터링을 위해서 무선센서 네트워크(Wireless Sensor Networks)에 장착된 휴대용 장치를 착용한 사람들의 원격 모니터링을 용이하게 한다[6-7]. 무선 심전도 센서는 다량의 데이터가 충분히 획득되고, 정확도도 높아져서 유비쿼터스 가정 의료 시스템의 실시간 심전도 감시 및 분석에 많은 잠재력을 가지고 있다. 무선 심전도 센서를 이용한 유비쿼터스 가정 의료 시스템에 적용되어 연구되었다[8]. 심전도신호는 로컬 허브로 전송된 다음, 심전도 서버로 전송된다. 원격 심장 건강 모니터링을 제공하는 기술로 추가 분석을 위해 병원에서 사용할 수 있다. 병원이나 클리닉에서, 모든 환자들에게 소형의 바이메탈 및 심전도센서를 착용하면 의사, 간호사 및 기타 간병인이 환자의 상태를 지속적으로 모니터링 할 수 있다.

본 연구에서는 가정에서도 사용가능한 무선 심전도 모니터링용 시스템을 그림 1에 나타내었다. 시스템 개발을 위해서 ECG 신호증폭기, 무선송·수신기 회로, 신호처리용 필터회로, A/D 컨버터회로 설계 및 모니터링 프로그램 개발을 수행하여 상용화 가능성을 연구하였다.

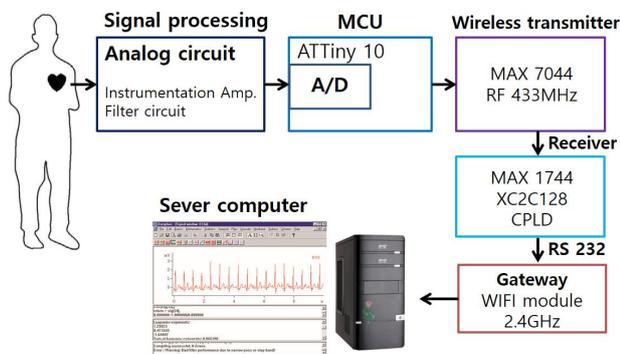


Fig. 1. Wireless ECG Monitoring System Configuration.

그림 1. 무선 심전도 모니터링 시스템 구성

II. 재료 및 방법

심전도의 주파수는 125, 250, 500, 1000 Hz 대역을 많이 사용하고 있다. 최적의 심전도 샘플링 속도에 대한 특별한 연구가 수행되었다. 대개 250 Hz와 500 Hz 사이의 샘플링 속도가 실제 통신에 이용되고 있지만 우리는 사전에 실험을 통해서 300 Hz 샘플링 속도로 결정하여 시스템을 설계 하였다.

본 연구에서 개발된 심전도 센서시스템에서 생체신호는 초당 300회 10bit 샘플링하고 신호 시작을 파악하기 위해 샘플링된 10bit에 6비트의 헤더신호를 더해서 MCU GPIO핀으로 출력하도록 설계되었다. 증폭용 OP-amp는 기존의 OPA2336에서 상위 버전의 OPA333(single op-amp)으로 변경하여 개발했다. 무선심전도 센서의 신호처리용 필터는 0.5 Hz~50 Hz이며 신호증폭기는 50dB, RF 무선수신기 주파수는 433 MHz 대역이다. 데이터 전송율은 4800 bps(4.8kbps)성능을 가진다.

게이트웨이 와이파이모듈은 2.4 GHz 주파수를 사용하여 신호를 전송하여 모니터링을 수행하였다. 또한 심전도 센서는 웨어러블 센서로 사용하기 위하여 크기를 50 mm×10 mm×10 mm 줄여서 제작함으로써 유비쿼터스 환경에서도 사용의 편리성을 위해 설계되었다. 그림 2와 그림 3은 본 연구에서 개발된 ECG MCU와 신호증폭용 OP amp 회로도이다. 그림 4는 심전도 센서 및 무선 송수신기 장치의 초기 모델로 ATtiny 10(AVR8L CPU)기반 수동형 심전도 센서를 PCB로 제작된것을 나타내고 있다.

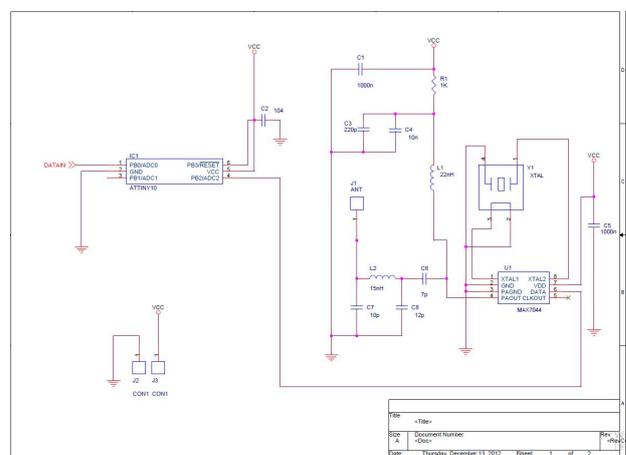


Fig. 2. ECG MCU Schematic.

그림 2. ECG MCU 회로도

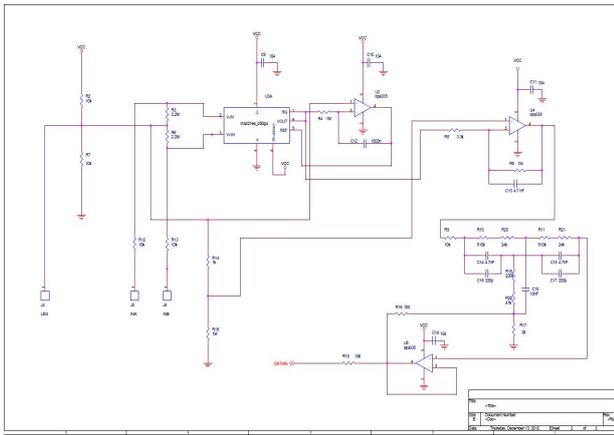


Fig. 3. ECG OP amp schematic.
그림 3. ECG OP amp 회로도

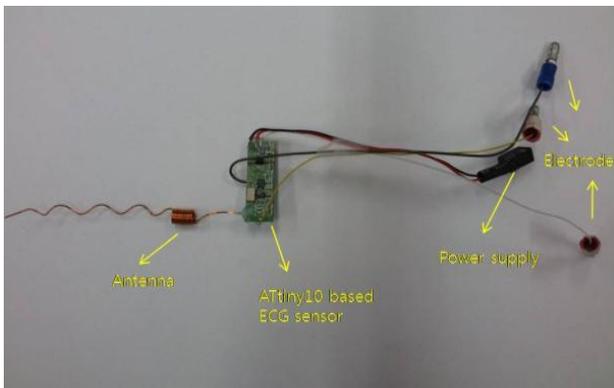


Fig. 4. Initial model of ECG sensor and wireless transceiver.
그림 4. 심전도 센서 및 무선 송수신 장치 초기모델

2.1 무선 심전도 센서시스템

대표적인 무선 심전도 시스템은 신호처리회로, MCU, A/D 컨버터, 무선 인터페이스, 모니터링 인터페이스 또는 저장장치 등으로 구성된다. A/D 컨버터는 데이터 수집 및 디지털 포맷으로의 전환을 위해 사용되며, 무선 인터페이스는 A/D 컨버터장치에서 획득한 심전도 파형을 의사가 분석하거나 추가 사용을 위해 저장할 수 있는 모니터링장치로 전송하도록 개발되었다.

바이메탈신호 및 심전도 모니터링은 원격 및 지속적인 개인 건강 정보획득을 위한 가장 효과적인 기술로 간주된다. 예방 의료로 발전되면서 모바일 컴퓨팅, 무선 기술과 센서 기술이 내장된 저전력 마이크로프로세서의 엄청난 진보로 인해 웨어러블 센서 장치를 현대 원격 의료에서 구현되고 있다. 웨어러블 상태 모니터링 장치는 매우 중요한 역할을 한다. 원격 의료에서의 역할은 휴대용 심전도 모니터, 낙상 감지, 활동 모니터부터 이식 가능한

센서까지 다양한 장치에 적용가능하다. 일반적으로 심전도에는 서로 다른 전극 쌍 사이의 심장의 전기적 활동에 대한 짧은 샘플에 근거하여 심장의 활동을 정량화하기 위해 패치형 ECG 센서를 이용한다.

2.2. 개인 의료 모니터링 시스템

개인 건강관리 감시 시스템은 일반적으로 심전도, 활력징후 및 혈압을 포함하여 개인의 상태를 모니터링하기 위한 몇 가지 장치를 포함한다. 이러한 시스템은 의료 서비스를 지원하기 위해 무선 모니터링 기술을 사용할 수 있다.

일반적으로 무선 통신에는 블루투스, 와이파이, 무선 주파수 식별(RFID) 및 지그비가 사용되어 왔다[9]. 전력 소비, 확장성, 간섭을 포함한 데이터 신뢰성 측면에서 블루투스는 지그비, 와이파이(WiFi)에 비해 간섭 대비 성능이 우수하다. 그러나 블루투스는 병원, 클리닉, 기차역, 학교 등 공공장소에서는 비효율적이어서 인체통신망(body area network : BAN) 서비스 품질에 영향을 미친다. 와이파이를 통해 통신하는 센터, 모바일 기기, 모니터 장치 및 웹 페이지 등 이동성을 높이기 위해 블루투스는 WiFi 네트워크와 결합할 수 있다. 그림 5는 무선통신을 위한 심전도 센서에 내장된 무선송신기 회로설계도이다.

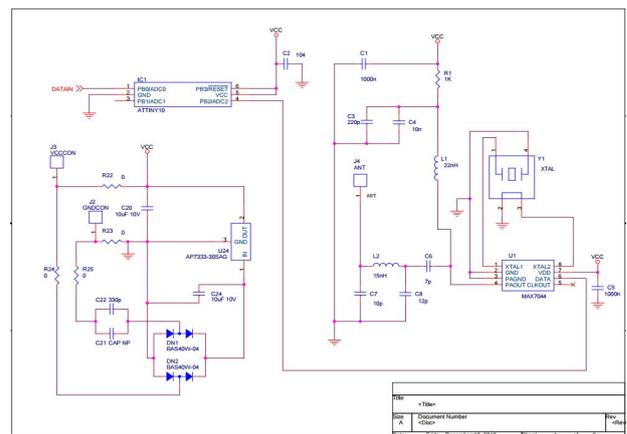


Fig. 5. Wireless Transmitter Circuit Design.
그림 5. 무선 송신기 회로설계

III. 실험 결과

본 연구는 무선 심전도 센서 시스템으로써 센서는 웨어러블 가능한 심전도센서 시스템이다. 심전도 센서는 몸에 부착가능 하도록 소형으로 제작되

어 유비쿼터스 환경에서 사용가능하도록 제작되었다. 제작된 센서시스템의 출력 성능 검증을 위해서 시뮬레이터(FLUKE ECG Simulator)에서 정상 ECG 신호를 출력하여 개발된 심전도 센서로 신호를 입력하여 신호특성 실험을 실시하였다.

또한 인체에 심전도 센서를 흉곽에 부착하여 신호를 검출하고 게이트웨이를 통해서 Wifi 모듈(2.4 GHz)시스템을 이용하여 실험을 실시하였다. 게이트웨이 거리에 따른 신호 대 잡음비를 측정하는 실험을 실시하였으며 인체에서도 생체신호가 전송되었고 모니터링 가능함을 확인하였다. 게이트웨이의 이격 거리는 1 m에서 3 m까지 실시하였으며 인체에서 측정된 신호가 실효성있는 데이터로 활용가능성을 증명하였다. 2 m 거리에서는 1.5 m와 차이 없이 신호 대 잡음비가 17.185(dB)로 측정됨으로 거리 영향은 없었다.

식 (1)의 신호대 잡음비 성능검증을 위해서 S와 e를 측정하여 계산하였다.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N} \quad e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N} \quad SNR = 10 \log_{10} \frac{S}{e} \quad (1)$$

S는 평균 신호에너지 파워이며 e는 평균 노이즈 에너지 파워를 나타낸다.

Table 1. SNR measurement by measuring distance.

표 1. 측정거리에 따른 SNR 측정

Measurement(m)	1 m	1.5 m	2 m	3 m
Ave.Signal(S)	26880.64	26880.64	26880.64	26880.64
Ave.Noise(e)	516.640	856.3733	513.866	1162.66
SNR(dB)	17.1625	14.967	17.1858	13.639

그림 6에서는 웨어러블 센서 및 유비쿼터스 환경에서도 실용성 있게 활용하기 위해서 무선심전도 센서의 크기를 50 mm×10 mm×10 mm로 줄여서 제작하였고 리튬배터리(1.5 V)를 부착하도록 제작하였다. 그림 7에서는 센서의 성능을 검증하기 전에 ECG 시뮬레이터를 통해서 신호를 입력받아 출력특성을 검증하는 실험을 실시하였다. 그림 8에서는 피실험자의 흉곽에 웨어러블 무선심전도 센서를 부착하여 실험을 실시하여 모니터링한 결과를 그림 9에서 증명하기 위해 피실험자에 대한 데이터 전송상태 및 심박수 등에 대한 정보를 담고 있다.

본 연구를 통해서 무선심전도 센서는 원격모니터링 시스템에 적용하여 환자의 심전도 측정 및 분석 가능한 시스템에 적용 가능함을 증명하였다.

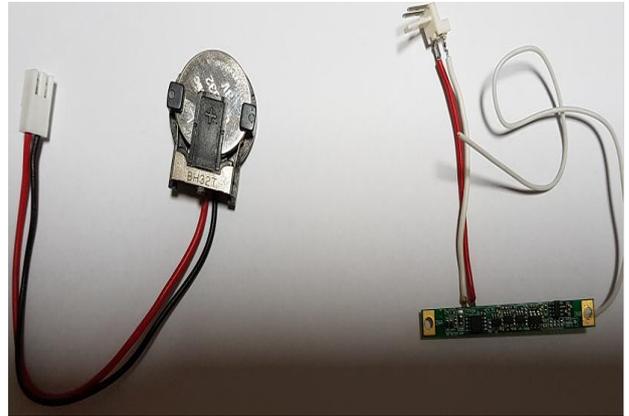


Fig. 6. Battery for Wireless ECG Sensor and Wearables. 그림 6. 무선심전도 센서 및 웨어러블용 배터리

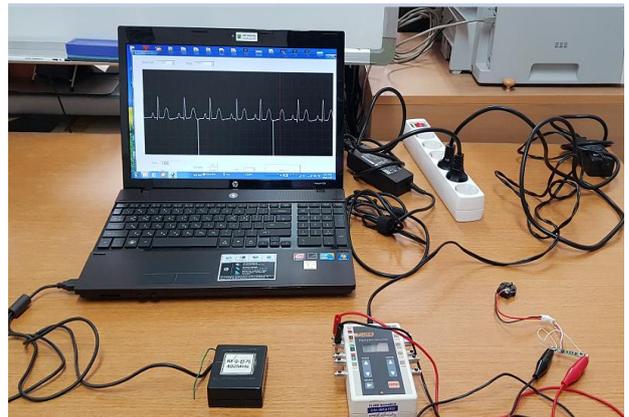


Fig. 7. ECG sensor experiment using wireless ECG simulator. 그림 7. 무선심전도 시뮬레이터를 이용한 심전도센서 실험

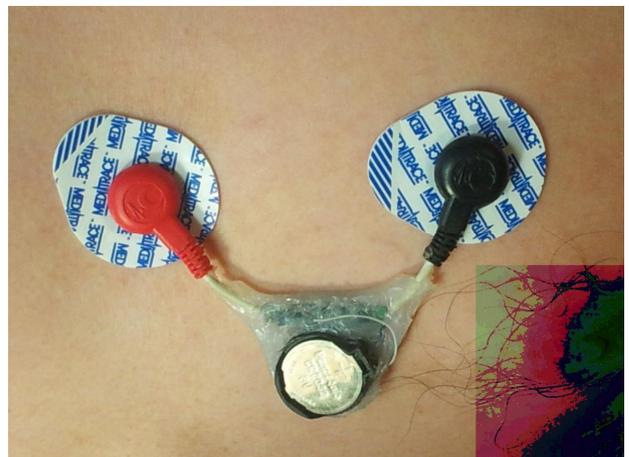


Fig. 8. Biometric Measurement of Wireless ECG Sensor. 그림 8. 무선심전도 센서의 생체측정 실험



Fig. 9. Monitoring experiment of wireless ECG sensor.
 그림 9. 무선 심전도 센서의 모니터링 실험

IV. 결론

제안된 장치는 무선 1채널 심전도 센서 시스템을 와이파이 인터페이스로 인체에 적용하여 특성실험을 실시하였다. 이 센서는 휴대용 독립형 장치 또는 인체통신망(BAN)센서 네트워크의 무선 노드로 사용할 수 있다. 기존의 홀트 장치와 개발된 심전도 센서 시스템을 크기와 비용절감 등을 비교 시 상업적으로 이용 가치가 있고 경쟁력이 있을 것으로 보여준다.

향후 피실험자로 부터 얻은 데이터를 검출하는 알고리즘 성능을 높여서 만성질환자를 케어 할 수 있는 유비쿼터스 시스템에 적용가능 할 것이다. 또한 개인 스마트 홈 케어 시스템으로 활용하여 질병을 조기에 진단하는 시스템에 적용한다면 의료기기 성능을 선진화시키는데 기여할 것으로 사료된다.

References

[1] M. Ouwerkerk, F. Pasveer, and G. Langereis, “Unobtrusive Sensing of Psychophysical Parameters,” *Eindhoven: Springer*, pp.163-194, 2008.
 DOI: 10.4108/ICST.PERVASIVEHEALTH2010.8877

[2] Y. Yama, A. Ueno, and Y. Utikawa, “Development of a Wireless Capacitive Sensor for Ambulatory ECG Monitoring Over Clothes,” *Proc. 29th Ann. Int’l. Conf. IEEE EMBS*, pp.5727-5730, 2007.
 DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4353647

[3] S. Fuhrhop, S. Lamparth, and S. Heuer, “A Textile Integrated Long-Term ECG Monitor with

Capacitively Coupled electrodes,” *Proc. IEEE BioCAS*, pp.21-24, 2009.

DOI: 10.1109/BIOCAS.2009.5372095

[4] M. Hong, Z. Yajun and H. Xiaoping, “Portable ECG measurement device based on MSP430 MCU,” in *Proc. BMEI*, pp.667 - 671, 2008.

DOI: 10.1109/BMEI.2008.248

[5] N. Ebrahim, M. J. Deen and T. Mondal, “A wireless wearable ECG sensor for long-term applications,” *IEEE Commun. Mag.*, vol.50, no.1, pp.36-43, 2012.

DOI: 10.1109/MCOM.2012.6122530

[6] J. M. Cano-Garcia, E. Gonzalez-Parada, V. Alarcon-Collantes and E. Casilari-Perez, “A PDA-based portable wireless ECG monitor for medical personal area networks,” in *Proc. MELECON*, pp.713-716, 2006.

DOI: 10.1109/MELCON.2006.1653199

[7] S. Guo, L. Han, H. Liu et al., “The future of remote ECG monitoring systems,” *J. Geriatr. Cardiol.*, vol.13, pp.528-530, 2016.

DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2016.06.015

[8] T. K. L. Hui, R. S. Sherratt and D. Diaz Sanchez, “Major requirements for building Smart Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies,” *Future Generation Computer Systems*, vol.76, pp.358-369, 2017.

DOI: 10.1016/j.future.2016.10.026

[9] Z. Yang, Q. Zhou, L. Lei, K. Zheng, W. Xiang, “An IoT-cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare,” *Journal of Medical Systems*, vol.40, pp.286-297, 2016.

DOI: 10.1007/s10916-016-0644-9

BIOGRAPHY

Min Soo Kim (Member)



1996 : MS degree in Electrical Engineering, Yeungnam University
 2004 : Ph. D: degree in Electronic Engineering, Yeungnam University
 2014 : current: Professor, Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University

Young Chang Cho (Member)



1996 : MS degree in Electronic Engineering, Yeungnam University
2001 : Ph. D in degree in Electronic Engineering, Yeungnam University
1999 : current: Professor, Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University