ISSN : 1226-7244 (Print)
ISSN : 2288-243X (Online)
논문번호 18-04-10
68
j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.22,No.4,953~958,December 2018
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2018.22.4.953

실시간 위험환경 관리를 위한 센서 모듈시스템 연구

A Study on the Sensor Module System for Real-Time Risk Environment Management

조 영 창*, 권 기 진, 정 종 혁, 김 민 수*★

Young Chang Cho*, Ki Jin Kwon, Jong Hyeong Jeong, Min Soo Kim*

Abstract

In this study, a portable detection system was developed that can detect harmful gas and signals simultaneously in an enclosed space of industrial sites and underground facilities. The developed system is a sensor module for gas detection, a patch type 1 channel small ECG sensor, a module for three-axial acceleration detection sensor, and a system for statistics. In order to verify the performance of the system modules, the digital resolution, signal frequency, output voltage, and ultra-small modules were evaluated. As a result of the performance of the developed system, the digital resolution was 300 (rps) and the signal amplification gain was 500 dB or more, and the ECG module was manufactured with 50mm×10mm×10mm to increase patch utilization. It is believed that the product of this research will be valuable if it is used as an IoT-based management system for real-time monitoring of industrial workers.

요 약

본 연구에서는 산업현장, 지하시설물의 밀폐공간에서 유해가스 및 생체신호를 동시에 검출이 가능한 휴대형 검출시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 가스검출용 센서모듈, 패치형 1채널 소형 ECG 센서, 3축가속도 검출센서용 모듈 및 통계분석용 시스템이다. 시스템모듈의 성능을 검증하기 위해 디지털해상도, 생체신호증폭도, 출력전압 및 초소형모듈의 크기로 평가하였다. 개발된 시스템의 성능결과 디지털해상도는 300(rps), 신호증폭이득은 500dB이상 성능을 가졌고, 심전도 모듈은 50mm×10mm×10mm로 제작되어 패치형으로 활용도를 높일 수 있다. 본 연구의 휴대용 가스검출기 및 패치용 심전도, 가속도검출기는 산업현장작업자의 실시간 감시용 IoT 기반 관리시스템으로 활용한다면 가치가 높을 것으로 생각된다.

Key words : ECG(electrocardiogram), Hazardous Gas, Portable Detector, Sensor Module, 3-Axial Accelerometer

Ⅰ. 서론

산업현장에서 유독성가스 누출로 인한 재해로부터 인명과 재산보호와 건물실내, 지하 작업환경에서 공기오염의 유해가스 검출을 위하여 휴대용 가스 측정 장치의 필요성이 늘어나고 있다.

상업용 센서들을 활용하여 유해가스 측정 및 데이터 수집을 위한 측정 모니터링을 위한 무선전송장치의 소형화기술이 진행되고 있다[1]. 무선센서네트워크를 이용하여 건물내부의 다양한 위치에서

* Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University
★ Corresponding author
E-mail : msk0328@ikw.ac.kr, Tel : +82-54-479-1313
※Acknowledgment
Manuscript received Nov. 27, 2018; revised Dec. 4. 2018; accepted Dec. 10, 2018
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.

실시간으로 검출가능한 CO_2 센서의 활용기법들이 연구되고 있다[2].

소형의 모듈을 개발하여 휴대성과 이동의 편리성을 높이기 위해 스마트폰과 연동되는 연구들이 수행되고 있으며, CO_2, CO가스 등 측정용 모듈을 인터페이스 하여 어플리케이션 연구가 수행되고 있다[3-4].

최근에는 웨어러블 형태의 생체신호측정기 및 심전도 모니터링 등은 휴대가 가능하도록 소형 센서 모듈 개발이 되고 있으며, 측정된 신호를 실시간 무선 송·수신하여 모니터링 기술들이 개발되고 있다[5-9]. 하지만 현장작업자가 위험한 환경에 노출 시 신속한 조치가 가능한 상용화된 관리시스템이 존재하지 않는다.

스마트 기기와 Bluetooth 통신 등을 이용하여 가스누출 시 검출기를 이용하여 언제, 어디서든 검출된 신호를 서버로 전송할 수 있는 기능을 활용할 수 있는 기술은 발표되고 있다[10].

그러나 유독가스검출기 및 생체신호, 3축가속도계를 동시에 측정 가능한 관리 시스템개발은 되지 않고 있어서 작업자의 안전관리에 필요한 시스템 개발이 필요하다.

본 연구에서는 유독성가스 등이 발생하는 위험한 작업환경에서 작업자에게 사용가능한 휴대형 가스 검출기 및 생체신호를 측정 가능한 1채널 패치형 무선심전도 및 3축가속도를 이용하여 위험사항이 발생 시 신속한 조치가 가능한 실시간 위험환경 감시 및 관리시스템을 개발하였다.

Ⅱ. 방법 및 재료

본 연구에서의 위험환경 실시간 감시용 시스템은 CO 가스 검출용 모듈설계, 생체신호처리용 아날로그 증폭기 및 필터회로제작, 무선 ECG 및 가속도 신호검출회로 설계 및 데이터 분석관리용 프로그램개발로 구성되었다.

가스 농도변환 검출회로 모듈은 출력전압은 0 V ~ 5 V범위의 출력이 가능하며 CO 가스농도를 검출할 수 있는 장치개발을 위해서는 A/D 컨버터 설계기술, 신호처리용 아날로그회로, 신호 증폭기 및 Filter 기능을 가진 회로 개발, MCU 기반 제어부 설계 및 무선 1채널 ECG 및 가속도 검출회로를 설계하였다. 그림 1은 실시간 위험환경 감시 및 관리 시스템 구성도이다.

가스농도 검출장치는 가스농도의 양을 전압 값으로 변환하여 출력가능 하도록 구성되어 있다. CO 가스 농도는 1~150 ppm 범위까지 검출 가능하도록 설계되어 있으며, 출력 전압범위는 0 V에서 5 V까지 모니터링 및 통계분석 가능하고, 블루투스 통신을 통신을 통하여 직접 컴퓨터를 전송하도록 제작되었다. 그림 2는 가스검출용 센서 및 전송장치를 사진으로 나타내었다.

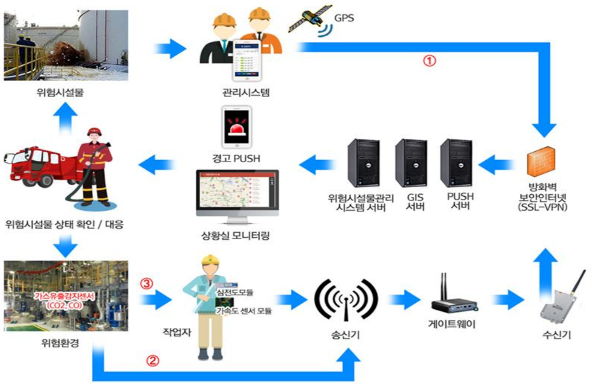


Fig. 1. Real-time Risk Environment Monitoring and Management System Diagram.
그림 1. 실시간 위험환경 감시 및 관리시스템 구성도

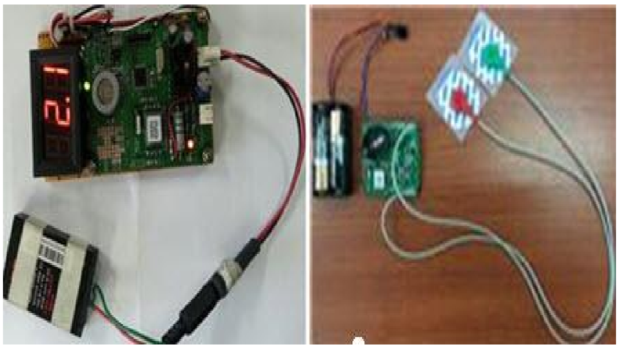


Fig. 2. Hazardous gas and bio signal detector.
그림 2. 유해가스 및 생체신호검출기

인체에서 측정된 생체신호를 측정하기 위한 회로부는 ECG신호 증폭회부 및 신호처리용 필터부는 Notch 필터, HPF(high pass filter), LPH(low pass filter)부로 구성 되어 있다. 상용주파수 혼입제거를 위한 Notch 필터는 60 Hz를 주파수를 제거하고, HPF 필터를 통해서 0.3 Hz, LPH를 통해서 30 Hz 대역을 신호를 필터링 하도록 설계되었다. 그림 3은 생체신호증폭기용 필터회로 설계도면을 나타내었다.

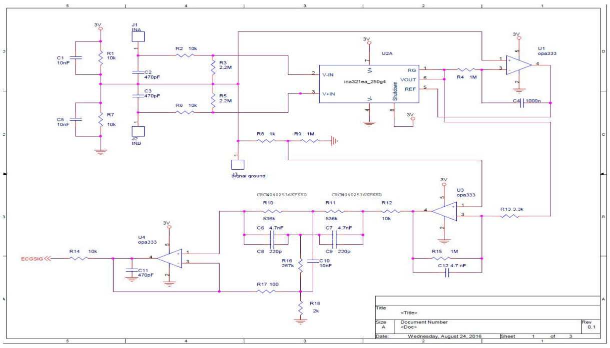


Fig. 3. Design of Biosignal Amplifier and Filter Circuit.
그림 3. 생체신호증폭기 및 필터회로 설계

III. 연구결과

본 연구의 개발품은 일산화탄소(CO)공급기의 레귤레이터를 통해서 일정한 양을 챔버로 주입하여 측정된 값을 전압 값으로 모니터링 되도록 하였다. CO 농도의 변화에 따라서 가스농도검출용 모듈의 출력단자에 DC 디지털 멀티메타를 통해서 측정하였다. 측정실험은 6단계에 걸쳐서 실험을 실시하였다. 첫 번째 단계는 가스통 레귤레이터에서 제작된 챔버로 CO를 공급하지 않는 상태에서 DC 0.23 V 전압이 측정한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 5는 미소하게 CO를 주입했을 때 DC 0.602, 0.80 V, 1.00 V 전압 값을 나타내었다. 그림 6에서는 외부에서 CO주입의 농도를 높였을 때 1.22 V, DC 2.87 V 출력전압이 점점 높아짐을 확인하였다. 본 개발제품은 DC 출력전압이 0 V에서 5 V 범위에서 가스농도에 따른 출력전압이 가스의 센싱량을 정확하게 검출함을 확인하였다. 표 1에서는 가스검출기 출력전압 실험결과를 나타내었다.

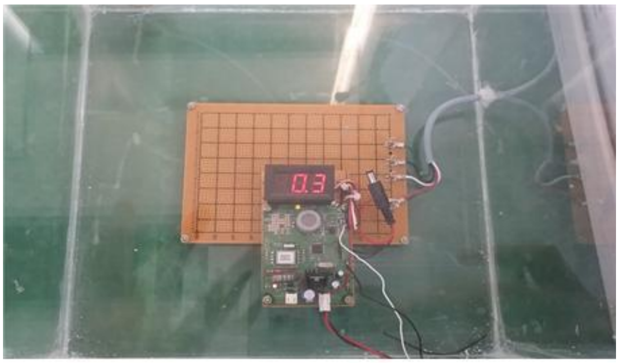


Fig. 4. Composition of Sensor Device for CO Gas Concentration Detection.
그림 4. CO 가스농도검출용 센서장치 구성

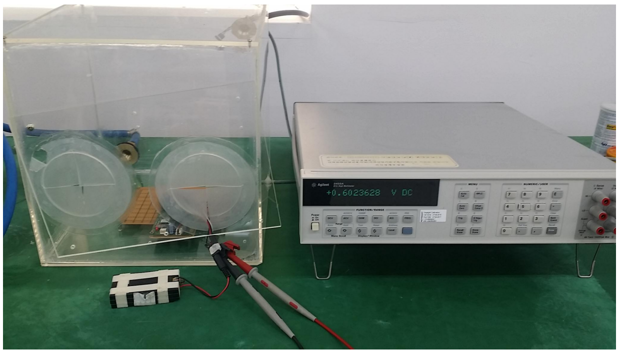


Fig. 5. Output voltage when supplied with small amount through gas regulator.
그림 5. 가스 레귤레이터를 통해서 미소량 공급시 출력 전압

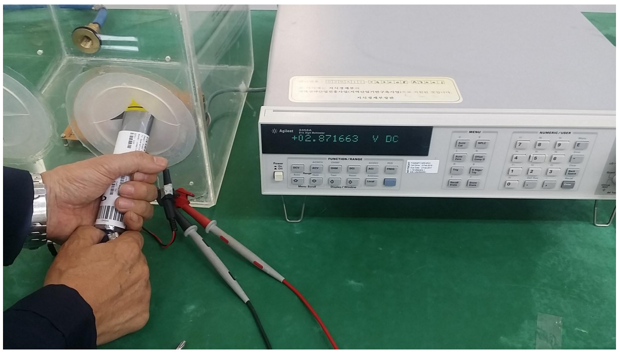


Fig. 6. Output voltage at large volume of gas supplied through gas regulator.
그림 6. 가스 레귤레이터를 통해서 많은 양의 가스공급 시 출력전압

Table 1. Result of Gas detector output voltage
표 1. 가스검출기 출력전압 실험결과

구분	DC 출력전압 (V)					
	0ppm	15ppm	30ppm	45ppm	60ppm	100ppm
결과	0.23 V	0.60 V	0.80 V	1.00 V	1.22 V	2.87 V

ECG 신호증폭기 실험을 위한 개발제품(심전도 센서)과 ECG 신호발생기(TSM300 ECG)를 연결하고 심전도 신호발생기에서 심전도 신호(1 mV)를 발생시켜 개발제품의 증폭률 실험은 고성능 오실로스코프로 전압을 측정하여 확인하였다. 신호 증폭율을 5회로 걸쳐 실험결과 1.28 V, 1.26 V, 1.28 V, 1.28 V, 1.28 V로 측정결과를 통해서 신호증폭률이 ~500 dB 이상 출력되어 목표치를 달성함으로 생체신호를 측정 가능한 센서로 활용가능함을 확인하였다. 그림 7과 표 2는 생체신호증폭률 성능 검증을 위한 실험장치 및 실험결과를 나타내었다.

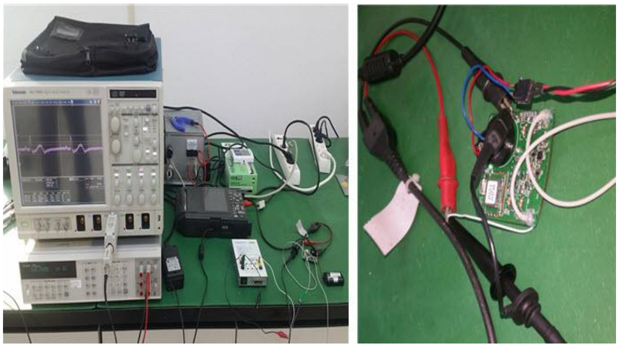


Fig. 7. Experimental of biosignal amplification rate.
그림 7. 생체신호증폭률 실험

Table 2. Result of biosignal amplification rate.
표 2. 신호증폭률 측정결과

입력 전압 (1 mV)	출력전압(V)				
	20회	20회	20회	20회	20회
측정[V]	1.28±0.1 (1,280배)	1.26±0.02 (1,260배)	1.28±0.02 (1,280배)	1.28±0.01 (1,280배)	1.28±0.01 (1,280배)

본 무선 심전도계는 인체에서 발생하는 심전도신호를 1채널 패치형 심전도 측정기를 통해서 얻은 생체전위 신호를 무선 송·수신 장치의 블루투스통신을 통해서 전송받는 방식이다. 초소형 심전도 센서모듈의 제원(50mm×10mm×10mm)은 작업자가 쉽게 착용할 수 있는 웨어러블 형태로 적용가능한 장치이다. 심전도 센서와 3축 가속도 센서에서 측정된 데이터는 A/D 컨버터를 통해서 300 sampling rate로 저장된다. 3축 가속도계를 이용하여 X축, Y축, Z축 및 심전도 신호는 실시간으로 전송하여 동시에 분석이 가능하여 위험환경에서 작업하는 작업자의 모니터링 가능하도록 구성되어 있는 시스템이다. 그림 8, 그림 9와 그림 10는 ECG 블루투스

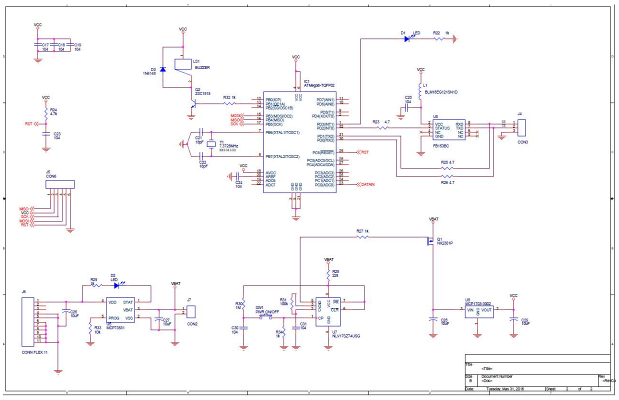


Fig. 8. Design of ECG wireless bluetooth circuit.
그림 8. ECG 무선블루투스 회로설계

회로설계, 3축 가속도계 회로 설계, 무선수신기 PCB 및 소형 무선 심전도 PCB를 나타내었다. 무선 수신기 모듈은 심전도와 3축가속도 센서에서 송신한 신호를 USB 타입의 수신 동글과 컴퓨터에 연결하여 전송을 받는다.

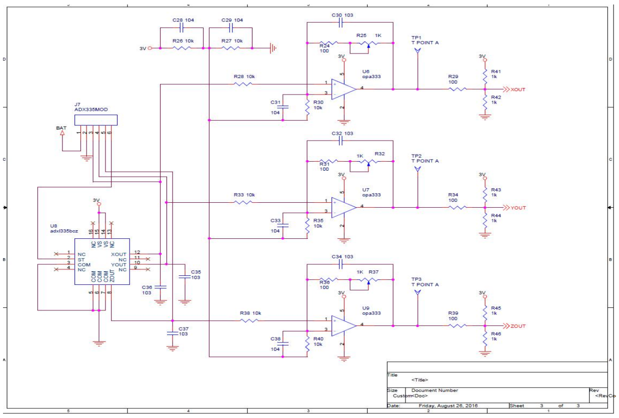


Fig. 9. Design of 3-axial accelerometer.
그림 9. 3축 가속도계 회로 설계

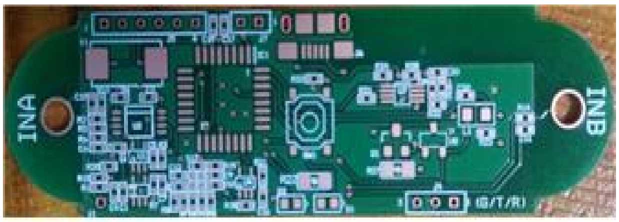


Fig. 10. 1 channel wireless ECG sensor PCB module.
그림 10. 1채널 무선 심전도 센서 PCB 모듈

그림 11은 A/D 컨버터를 통해서 수신된 디지털 해상도 성능 실험을 실시하였다. 실험결과 심전도 및 가속도 센서에서 측정된 신호의 디지털 해상도는 1초당 수신 데이터가 300개 저장됨으로써 목표치 300 sps에 달성됨을 확인할 수 있다.

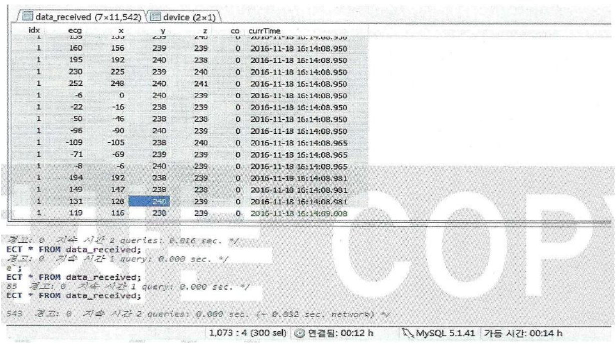
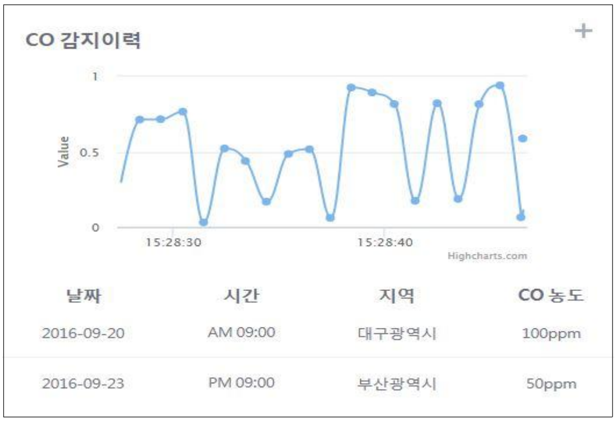


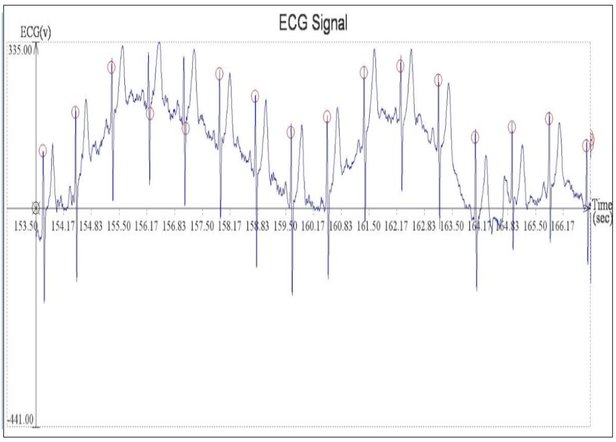
Fig. 11. Experiment with digital resolution for 1 second.
그림 11. 디지털 해상도 1초간 수신데이터 실험

1) 실시간 모니터링 관리 및 관리시스템

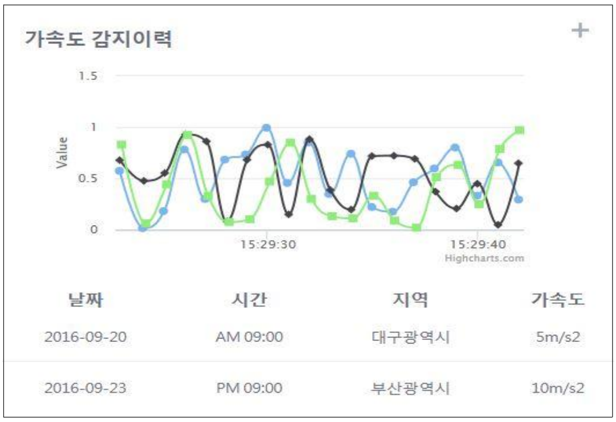
실시간으로 CO 감지, 심전도 검출 통계 모니터링 및 가속도 검출 이력을 관리할 수 있는 서버의 실시간 모니터링 웹페이지에 차트형식으로 볼 수 있는 프로그램을 개발하였다. 그림 12는 실시간 CO 가스, 심전도 모니터링, 3축가속도 값의 통계관리용 출력차트를 나타내었다.



(b) CO가스 통계관리 데이터



(c) 심전도 모니터링 결과



(d) 3축 가속도 데이터관리

Fig. 12. Real-time monitoring management system.
그림 12. 실시간 모니터링 관리시스템

Ⅳ. 결론

본 연구에서 개발한 실시간 위험환경 관리를 위한 센서모듈 및 관리시스템의 성능을 평가하기 위해 센서모듈의 테스트를 실시하였다. 테스트 항목은 신호의 디지털해상도, 생체신호증폭도, 가스농도에 따른 DC 출력전압의 측정, 소형심전도모듈 크기를 통해 특성을 파악하였다.

본 개발품은 무색무취의 유독성가스 등이 발생하는 위험한 환경에서는 CO 가스검출용 센서 시스템 3축가속도 및 생체신호검출용 센서 이며 먼 거리에서도 신호전송이 가능한 무선 송·수신기를 통해서 모니터링가능하며, 통계분석관리가 가능한 시스템이다.

현장에서 발생되는 위급한 상황발생 시 정확한 생체 정보를 얻기 위해서 IoT 기반 생체신호검출용 U헬스 케어 및 통신네트워크기술, 데이터 처리기술 기반의 표준화된 센서기술 등은 차세대 다중센서 기술 분야에 적용할 수 있는 기술이다.

앞으로 작업자 중심의 개인 휴대가 가능한 맞춤형장치로 사용가능하여 산업현장과 위험한 환경에 활용도를 높인다면 경제적 가치가 높을 것이다.

References

[1] S. Choi, N. Kim, H. Cha, and R. Ha, “Micro sensor node for air pollutant monitoring: Hardware and software issues,” *Sensors*, vol.9, no.10, pp.7970-7987, 2009. DOI:10.3390/s91007970

[2] D. Gibson and C. MacGregor, “A novel solid state non-dispersive infrared CO_2 gas sensor compatible with wireless and portable deployment,” *Sensors*, vol.13, no.6, pp.7079-7103, 2013. DOI:10.3390/s130607079.

[3] D. Garcia-Romeo, H. Fuentes, N. Medrano, B. Calvo, P. A. Martinez, and C. Azcona, “ANDIR-based CO_2 monitor system for wireless sensor networks,” *2012 IEEE Third LASCAS*, pp.1-4, 2012. DOI:10.1109/LASCAS.2012.6180326

[4] A. Kumar, G. Hancke, “Energy Efficient Environment Monitoring System Based on the IEEE 802.15.4 Standard for Low Cost Requirements,”

IEEE Sensors Journal, vol.14, pp.2557-2566, 2014. DOI:10.1109/JSEN.2014.2313348

[5] F. Mian et al, "A Wearable Context-Aware ECG Monitoring System Integrated with Built-in Kinematic Sensors of the Smartphone with Built-in Kinematic Sensors of the Smartphone," *Sensors,* vol.15, pp.11465-11484, 2015. DOI:10.3390/s150511465

[6] Y. Wang, S. Doleschel and R. Wunderlich, "A Wearable Wireless ECG Monitoring System With Dynamic Transmission Power Control for Long-Term Homecare," *J Med Syst.*, vol.39, pp.35-44, 2015. DOI:10.1007/s10916-015-0223-5

[7] M. Nakanishi1 et al., "Estimating metabolic equivalents for activities in daily life using acceleration and heart rate in wearable devices," *BioMed Eng.*, OnLine 17:100, 2018. DOI:10.1186/s12938-018-0532-2

[8] Z. Yang, O. Zhou, L. Lei, K. Zheng and W. Xiang, "An IoT-cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare," *J Med Syst.*, vol.40, pp.286-297, 2016. DOI:10.1007/s10916-016-0644-9}

[9] C. Yang, Y. Hsu, K. Shih and J. Lu, "Real-Time Gait Cycle Parameter Recognition Using a Wearable Accelerometry System," *Sensors,* vol.11, pp.7314-7326, 2011. DOI:10.3390/s110807314

[10] J. Kim and C. Lee, "Low power NDIR CO2 sensor using LED light source with a smart device interface," *J. KICS.*, vol.40, no.8, pp.1606-1612, 2015. DOI:10.7840/kics.2015.40.8.1606

BIOGRAPHY

Young Chang Cho (Member)

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

Ki Jin Kwon (Member)

1993 : MS degree in Electrical Engineering, Kyungpook National University
1998 : Ph. D: degree in Electrical Engineering, Kyungpook National University
2009~current : Professor, Dept. of Automatic Electrical Engineering, Yeungnam Universisty College

Jong Hyeong Jeong (Member)

1996 : MS degree in Electronic Engineering, Donga University
1999 : Ph. D: degree in Electronic & Communications Engineering, Korea Maritime and Ocean University
2000~current : Professor, Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University

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