JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 17, No. 9 : 2167~2173, Sep. 2013

휴대용 단말기의 근거리 무선통신을 이용한 실내 환경모니터링 시스템

예성현 · 한순희*

Indoor Environment Monitoring System Using Short-range Wireless Communication in Mobile Devices

Seong-hyeon Ye · Soonhee Han*

Interdisciplinary Program of Digital Convergence, Chonnam National University, 50, Daehak-ro, Yeosu-si, Jeollanam-do, Korea

요 약

최근 실내 공기오염으로부터 발생되는 많은 문제점에 대한 관심이 증가하고 있으며, 실내 환경정보를 측정하여 사용자에게 사전 조치를 취할 수 있는 시스템에 대한 필요성이 점차 증대되고 있다. 이와 관련하여 본 논문에서는 휴대용 단말기, 환경 센서를 이용하여 각종 실내 환경정보를 측정할 수 있는 근거리 무선통신을 이용한 실내 환경정보 모니터링 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안하는 시스템은 사용자의 휴대 단말기로 센서노드가 설치되어 있는 실내 환경 정보를 사전 인지하고, 위험 요소가 인지될 경우 적절한 대비를 취할 수 있는 장점이 있다.

ABSTRACT

Recently, people are paying huge attention to problems caused by indoor air pollution. Also, the need for the system that monitors environmental information for indoor and warns a danger is growing increasingly. In this regard, we designed and implemented environment monitoring system for indoor. In this paper, we describe the system with hardware elements and it's communication method. In order to transfer the data from environment sensors, we use short-range wireless communication in smart phone. The proposed system is possible to know the indoor environment information in installed sensor node. If the risk is found, For the proposed system, there is an advantage that may be appropriate evacuation.

키워드 : 실내 환경 모니터링, 환경 센서, 모니터링 시스템, 블루투스 통신

Key word : indoor environment monitoring, environment sensor, monitoring system, bluetooth communication

접수일자 : 2013. 05. 20 심사완료일자 : 2013. 06. 18 게재확정일자 : 2013. 07. 02

* **Corresponding Author** Soonhee Han(E-mail:shhan@jnu.ac.kr, Tel:+82-61-659-3482)
Interdisciplinary Program of Digital Convergence, Chonnam National University, 50, Daehak-ro, Yeosu-si, Jeollanam-do, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.9.2167 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

현대인들은 일과 중 대부분의 시간을 주거지, 자동차, 사무실 및 실내작업장, 공공건물, 상가, 병원 등의 실내에서 생활하고 있어 실내공기 질에 대한 관심이 증가하고 있다.[1] 실내오염의 실례로 빌딩증후군 문제는 건물 내 거주자들이 일시적 또는 만성적인 건강과 관련된 증상을 호소하면서 비롯되었다. 그 원인물질로는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO_2), 이산화질소(NO_2), 아황산가스(SO_2), 오존(O_3), 미세먼지(PM10), 중금속(Hevy metal), 석면(Asbestos), 휘발성 유기화합물(VOCs : volatile organic compounds), 포름알데히드(HCHO), 미생물성 물질(microbic substance), 라돈(Rn) 등이 있다[2,3]. 실내 공기 오염원을 측정하기 위한 다양한 가스 측정센서들이 개발되어 이용되고 있으며, 주로 가연성 또는 독성가스를 조기에 감지하여 신속한 대응을 하기 위한 연구 및 개발이 진행 되고 있다[4-8].

본 논문에서는 휴대 및 설치가 간편하고 원격모니터링이 가능하며 일반인들이 쉽게 실내 환경정보를 수집할 수 있는 휴대용 단말기의 블루투스를 이용한 실내 환경정보 모니터링 시스템을 설계 및 구현하였다.

Ⅱ. 시스템 구성

2.1. 시스템 설계

본 논문에서 설계한 실내 환경정보모니터링 시스템은 현장에서 실시간 감지한 대상물질의 물리화학적 특성을 측정하여 농도로 환산하는 간접적인 측정방법으로 정보를 제공한다. 시스템 구성은 그림 1과 같이 센서노드, 모니터링모듈, 통신모듈로 크게 구분할 수 있다. 센서노드는 기 개발되어 사용되고 있는 환경 센서 가운데 연구 목적에 적합한 센서를 이용하여 공기 질을 측정할 수 있도록 개발하였다. 모니터링모듈은 휴대용 단말기에 탑재하였으며 휴대용 단말기는 안드로이드 기반 스마트폰을 사용하였다. 통신모듈은 센서노드에서 수집된 데이터를 시스템에서 정의한 데이터 프로토콜을 이용하여 전송하도록 하였다. 그림 2는 센서노드와 휴대용 단말기에서의 동작 블록도이다.

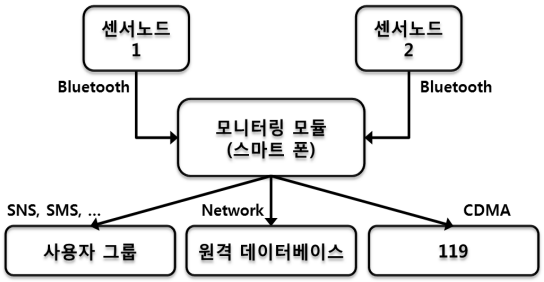

그림 1. 시스템의 구성도
Fig. 1 Block diagram of the system

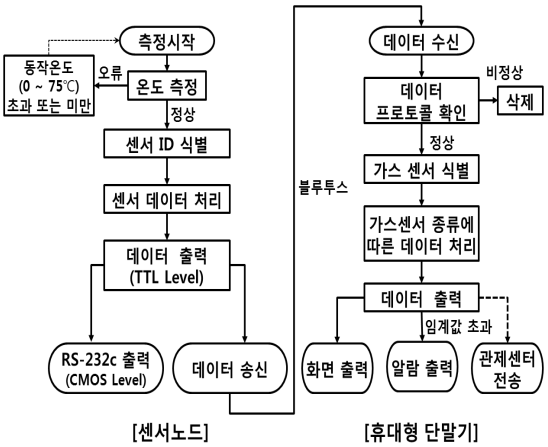

그림 2. 시스템의 동작 블록도
Fig. 2 Functional block diagram of the system

센서노드에서 휴대용 단말기로 그림 3의 형식으로 데이터를 전송한다. 각 필드는 ‘,’으로 구분하고, 전송 데이터의 앞에는 ‘$’, 데이터의 끝에는 ‘@’문자를 추가하여 전송한다. 전송이 끝나면 CR(Carriage Return), LF(Line Feed) 문자를 전송한다.

HEAD (1byte)	Sensor ID (1byte)	Sensor Data (5byte)	Temperature Data (5byte)	END (1byte)	<CR><LF>

그림 3. 센서노드의 데이터 프로토콜
Fig. 3 Data protocol of the sensor node

센서 ID는 휴대용 단말기에서 센서의 종류에 따라서 적절한 사용자 환경을 제공하기 위한 것이고, 표 1은 센서 ID의 식별을 정의한 내용이다.

표 1. 센서 ID 식별
Table. 1 Identification of sensor ID

센서 ID	1	2	3	4	5	6	*
센서 저항	1.2KΩ	2.4KΩ	3.6KΩ	4.8KΩ	6.0KΩ	7.2KΩ	> 7.3KΩ
ADC 값	210	340	440	510	560	620	> 630
센서 종류	VOC #1	CO #1	CO #2	VOC #2	LPG/ LNG	Smoke	-

2.2. 센서 노드

본 논문에서 센서노드는 그림 4와 같이 8bit 마이크로컨트롤러를 메인 컨트롤러로 구성하고, 유선 통신을 위한 RS-232c 드라이버, 무선 통신을 위한 블루투스모듈, 리튬폴리머 배터리 및 배터리 충·방전 조절기, 전압컨버터, 가스 측정센서 모듈로 구성하였다.

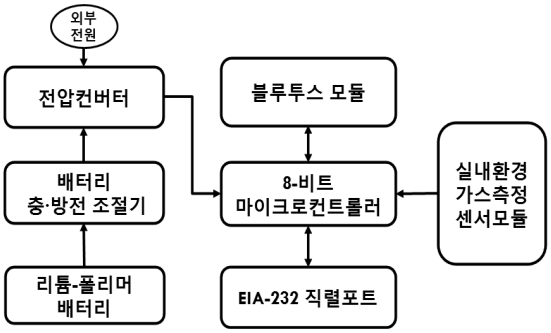

그림 4. 센서노드의 블록도
Fig. 4 Block diagram of the sensor node

센서노드에 전원이 정상적으로 공급되면 센서노드의 마이크로컨트롤러는 그림 5와 같이 내장된 온도 센서를 이용하여 센서노드의 온도를 측정한다. 측정된 온도 값은 가스센서 데이터 보정 및 센서노드의 안정적 운영을 위하여 참고자료로 활용되며, 측정된 온도 값이 정상 운영 범위에 있을 경우 센서노드에 설치된 가스센서 모듈의 ID 값과 가스 센서 데이터를 ADC 변환하여 출력한다.

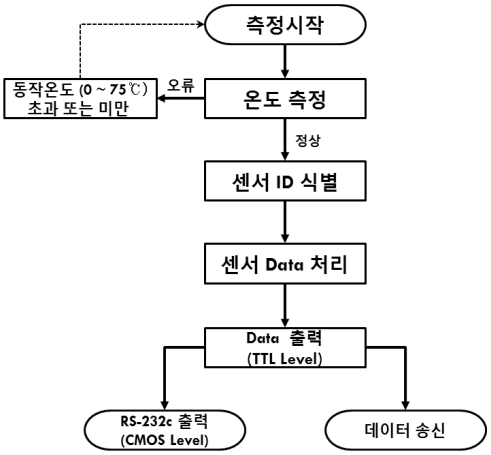

그림 5. 센서노드의 동작 블록도
Fig. 5 Functional block diagram of a sensor node

2.3. 휴대 단말기의 모니터링 프로세스

본 논문에서 휴대용 단말기의 모니터링 응용프로그램은 그림 6과 같이 메인, 환경설정, 모니터링, 통신제어 액티비티로 구성하였다. 모니터링 응용프로그램은 실행 장소와 센서별 측정결과를 파일로 저장하며 메시지 또는 이메일을 통하여 전송이 가능하도록 하였다. 메인 액티비티는 측정 장소와 사용자 정보를 입력 받아 데이터 출력 및 저장 시 식별 정보로 사용한다.

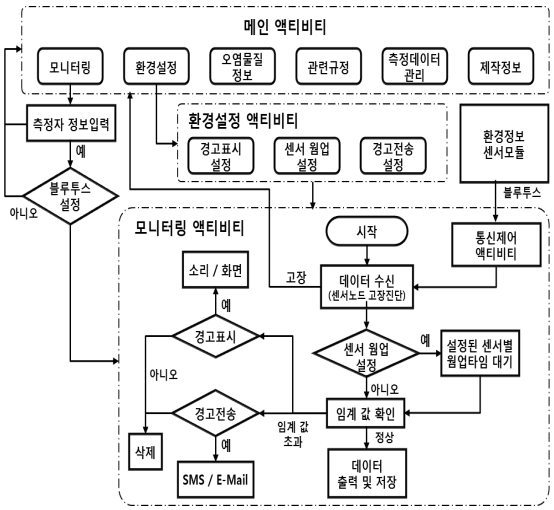

그림 6. 모니터링 프로세스 블록도
Fig. 6 Block diagram of the monitoring process

모니터링 액티비티에서는 데이터 수신시 센서노드 고장진단을 실행하며 고장 시 메인 액티비티로 돌아간다. 환경설정 정보에 따라 표 2와 같이 센서 별 측정대기시간을 적용하였다.

표 2. 센서별 측정대기(Warm-Up Time) 시간
Table. 2 Sensor waiting time (warm-up)

센서	CO/CO_2	VOCs	LPG/LNG	Smoke
측정 대기시간	10min	10min	없음	10min

측정대기시간 이후 데이터는 표 3과 같이 임계값에 따라 모니터링 화면에 출력하며 저장한다. 임계 값 정상범위를 초과하는 경우에는 환경설정 정보의 경고표시 및 경고전송 여부에 따라 소리 및 화면으로 표시한다. 센서정보의 처리기준안은 국내외 실내공기 오염물질 기준[9]을 참고하여 제안하였다.

표 3. 센서정보 처리기준 안
Table. 3 Standards for sensor information processing

센서	오염물질	임계값 (ppm)	처리기준
CO/CO_2	CO	5 미만	정상
		5~10	환기
		10 이상	경고
VOCs	Formaldehyde	1 이하	정상
		1~3	환기
		3 이상	경고
	Toluene	0	정상
		1 이상	경고
LPG/LNG	Methane	50 이하	정상
		50~100	환기
		100 이상	경고
Smoke	Hydrogen	0	정상
		1~2	환기
		3 이상	경고
	Tobacco	20 이하	정상
		20~60	환기
		60 이상	경고

수신되는 데이터 중에서 비정상적인 프로토콜 데이터와 센서ID 및 데이터가 없는 경우에는 5분 동안 응답이 없으면 모니터링을 중지하고 메인화면으로 이동한다. 환경설정은 응용프로그램의 동작을 제어한다. 설정된 정보는 파일로 저장되어 모니터링 액티비티에서 저장된 정보를 확인하고 이벤트 발생 시 처리한다.

Ⅲ. 시스템 제작 및 구현

3.1. 센서노드 제작

센서노드의 메인컨트롤러는 온도센서 및 가스센서에서 출력되는 0~5V의 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하여 직력포트로 결과를 출력한다. 그림 7과 같이 'PC0' 포트는 가스 센서 식별 ID 아날로그 데이터를 입력하고, 'ADC6' 포트는 온도센서 데이터를 입력, 'ADC7' 포트는 가스 센서 데이터를 입력하도록 설정하였다. 또한 'PB3', 'PB4', 'PB5' 포트는 ISP 입력을 위한 포트로 설정하였으며, 'PD0', 'PD1' 포트는 직렬통신을 위한 단자로 설정하였다.

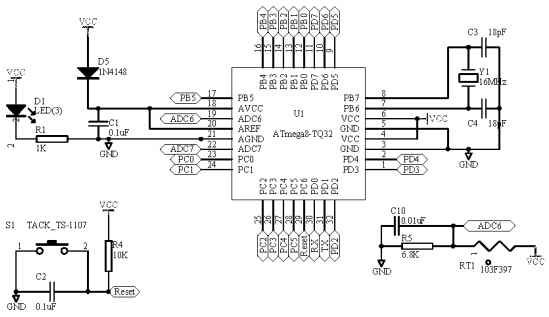

그림 7. 메인컨트롤러 회로도
Fig. 7 Main controller circuit diagram

메인컨트롤러의 ADC 변환은 매회 센서노드의 온도, 센서 ID, 센서 값을 'ADC 포트 초기화' → 'ADC값 읽기' → 'ADC값의 5회 평균값 구하기'의 과정으로 수행된다. 센서노드의 온도센서는 NTC thermistor를 사용하여 센서노드 동작 시 온도를 측정하였으며, 온도 측정범위는 -10℃~120℃로 설정하였다. 가스 센서 ID 및 가스 센서 데이터는 마이크로컨트롤러의 ADC 변환 범위는 DC 0~5V이며, 분해능은 10bit로 하였다. 메인컨트롤러의 직렬신호는 TTL 레벨(5V)이기 때문에 PC 또는 기타 외부 장치들과 데이터 송수신을 하기 위해서는 표준 직렬 신호인 RS-232c의 CMOS 레벨(12V)로 변환하였다.

센서노드에서 사용한 블루투스 모듈은 메인컨트롤러의 직렬신호를 수신하여 무선으로 데이터를 전송한다[10]. 센서노드는 외부 전원 사용이 불가능한 환경에서 내장된 배터리를 이용하여 동작할 경우 센서 노드가 정상 동작할 수 있도록 전원을 공급하여 주는 기능을 한다. 내장된 배터리는 3.7V, 1300mA의 리튬폴리머배터리로 센서노드가 정상 동작을 하기 위한 DC 5V, 200mA 이상의 전원을 공급하기 위하여 DC 5V, 400mA의 출력이 가능하도록 구성하여, 내장 배터리를 사용할 경우에도 정상 동작할 수 있도록 하였다.

센서노드에 내장된 리튬폴리머배터리는 충전 시 DC 4.2V를 입력하고, 충전 완료시에는 충전을 정지하여 배터리를 보호할 수 있도록 하였다.

3.2. 센서노드 PCB

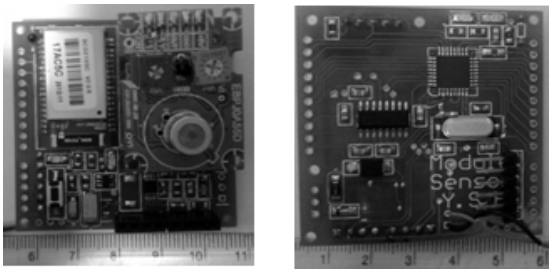

그림 8. 부품 장착된 센서노드 PCB
Fig. 8 PCB sensor node mounted Component

센서노드의 PCB는 Protel 99 SE SP6을 이용하여 제작하였으며, 전면에는 블루투스 모듈, 동작 LED, 가스센서 연결 단자 등을 배치하였으며, 후면에는 메인컨트롤러, RS-232c 드라이버, 배터리 연결 단자 등을 배치하고 그림 8과 같이 50mm의 크기로 소형화 하였다.

3.3. 휴대 단말기의 모니터링 프로그램 제작

휴대 단말기의 모니터링 프로그램은 안드로이드 응용프로그램으로 작성하였다. 모니터링, 오염물질, 관련 법규, 환경설정, 데이터 관리 등의 기능으로 구성하였다. 모니터링 모듈은 측정정보를 입력하기 위하여 그림 9와 같이 센스노드와 연결한다.

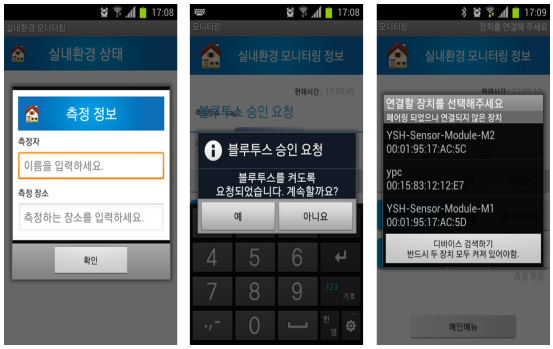

그림 9. 측정대상 센서노드와 연결설정
Fig. 9 Connection establishment with sensor node

장치가 성공적으로 연결되면 그림 10과 같이 측정하는 센서종류별 측정데이터, 측정 장소, 측정 시간 등을 확인할 수 있다.

측정된 데이터는 모니터링 프로그램에서 유해가스와 상태정보를 확인할 수 있다. 프로그램에 설정된 임계값의 범위에 따라 상태정보는 색상과 숫자로 표시된다. 정상 작동여부를 간단하게 확인할 수 있도록 하단에 수신되는 데이터를 표기하였다.

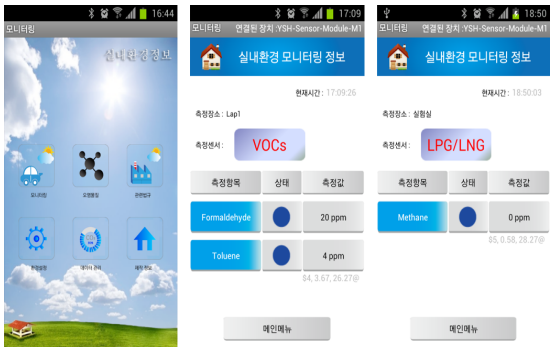

그림 10. 센서별 측정 화면
Fig. 10 Measured data display for each sensor

측정된 데이터는 그림 11과 같이 파일로 저장된다. 메인화면에서 '데이터관리' 선택 시 측정된 장소별 파일을 확인할 수 있으며 MMS 또는 E-Mail로 전송할 수 있다. 그 외 실내오염물질에 대한 간략한 설명과 인체에 미치는 영향을 확인할 수 있으며, 실내공기질 관리기준에 대한 관련 규정도 확인인할 수 있다.

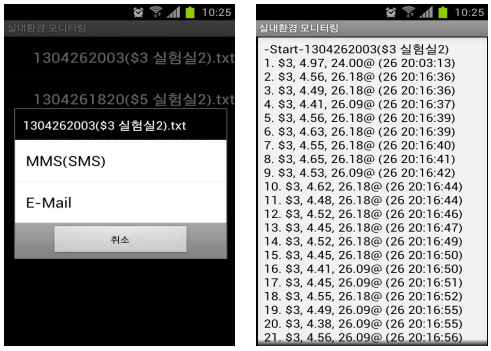

그림 11. 측정 데이터의 저장 및 공유
Fig. 11 Storing and sharing of measured data

Ⅳ. 시스템 평가

4.1. 센서의 예열 시간

센서노드의 준비시간은 반도체 가스센서에서 센서의 정상 동작을 위한 예열시간을 나타내며, 평가에 사용된 센서는 오감테크놀로지사의 VOC, LPG/LNG, CO, Smoke 센서모듈이다.

동일한 실내 환경에서 센서노드에 전원을 인가한 후 센서가 예열을 시작하여 센서노드에서 출력되는 데이터가 일반적인 실내 환경 조건에 도달할 때까지의 시간을 5회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 각 센서별 예열시간은 그림 12와 같다.

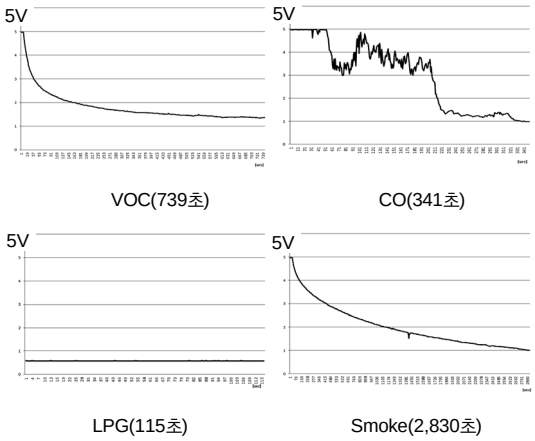

그림 12. 센서별 예열 시간
Fig. 12 Warm-up time of each sensor

VOC 센서는 평균 11분, CO 센서는 평균 6분의 예열시간이 필요하며 LPG/LNG 센서는 장착 즉시 사용이 가능한 것으로 나타났다. Smoke 센서는 평균 40분의 예열시간이 필요한 것으로 나타났다. Smoke 센서의 경우 평균 10분 내외의 예열 시간을 필요하지만, 실험 환경의 실내에서는 사용 중인 실험 및 전자 장비에서 방출 되는 수소가스에 반응하여 다소 안정화 되는데 시간이 걸리는 것으로 측정되었다.

4.2. 센서 ID 인식률

센서 ID 인식률은 센서노드의 센서를 VOC, CO, LPG/LNG, Smoke 순서로 5초 단위로 반복 교체하고, 휴대 단말기로 전송되는 데이터 중 센서 ID 데이터가 교체 순서에 동일하게 인식되는지를 측정하였다. 표 4에서와 같이 센서 ID 인식률은 센서 식별 ID에서 정의한 결과에 따라서 정확하게 인식하는 것으로 나타났다.

표 4. 센서 ID 인식률
Table. 4 Recognition sensor ID

횟수	VOC	CO	LNG	Smoke
1회	7회	7회	7회	7회
2회	7회	7회	7회	7회
3회	7회	7회	7회	7회
4회	7회	7회	7회	7회
5회	7회	7회	7회	7회
평균값	7회	7회	7회	7회
수신율	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
오류율	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 실내 환경 정보 모니터링을 위하여 블루투스 통신 기능이 구비된 센서노드를 제작하고 스마트폰을 휴대 단말기로 이용하여 모니터링 환경을 구현하였다. 센서노드는 저 전력 구동 및 소형화하였으며 기능을 세분화하여 사용 환경에 따라 센서 모듈 교환이 용이하도록 개발하였다. 또한 센서 모듈은 블루투스 통신을 지원함으로서 통신의 보편성을 확보하였다. 사용자는 센서 모듈과 블루투스 통신을 시작하는 것으로 데이터 모니터링을 간소화하였으며, 센서별 ID를 부여하여 측정정보를 식별한다. 센서 모듈에서 가스 센서 교

환시 자동으로 인식하여 예열시간을 고려할 수 있도록 구성하여 데이터의 신뢰도를 확보하였으며, 데이터 전송속도는 평균 0.73초로 모니터링 단말기에서 측정된 환경정보를 실시간 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 실내 환경정보 모니터링 시스템은 사용자의 휴대 단말기를 이용하여 센서노드의 정보를 실시간 전달하고, 오염물질이 설정된 기준치 이상으로 검출되었음을 판단할 경우 사용자에게 즉시 환기 또는 경고함으로서 사용자의 안전을 확보할 수 있는 장점이 있다. 따라서 의료분야(호흡기 관련 질병 예방), 대기TMS(위험 물질 취급 시 사고 예방), 신재생에너지(환경산업) 등의 분야에서 응용 및 활용이 가능할 것으로 기대된다.

향후에는 본 논문에서 사용된 가스 센서와 다양한 센서들을 대상으로 측정 정밀도 향상 기법에 대한 연구를 통하여 보다 완성도 높은 시스템으로 개선하고자 한다.

REFERENCES

[1] S.W. Moon, T.W. Kim and W.H. Hong, "A research on how indoor environment influence on work productivity (focusing on newly built studio apartments in Daegu areas)," *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 7-13, June. 2008.

[2] Republic of Korea Ministry of Environment, "A Study on Indoor Air Pollution Characterization and Management," Final Report, 2002.

[3] K.W. Kim, H.D. Jun and J.C. Park, "A study on the survey Indoor Environment in Child Care Center (1)," *Proceeding of 2009 Architectural Institute of Korea*, vol. 29, no. 1, pp. 705-708, October. 2009.

[4] S.P. Lee, "A Study on the Selectivity of Gas Sensors by Sensing Pattern Recognition," *Journal of Sensor Science and Technology*, vol. 20, no. 6, pp. 428-433, November. 2011.

[5] S.J. Moon, "Technology and latest trends in the sensor industry," *Monthly Automation System*, vol. 5, pp.2-5, 2004.

[6] U.S. Jung, M.H. Im, J.W. Kim and C.U. Son, "Development of odor monitoring system of Siheung city using the smartphone application," *Proceeding of 2012 Fall Conference on Korean Society of Odor Research and Engineering*, pp.106-108, November. 2012.

[7] S.Y Choi, J.S Choi and S.C Kim, "Indoor Gas Monitoring System Using Smart Phone," *Jouranl of Information and Security*, vol. 12, no. 1, pp. 49-54, March. 2012.

[8] J.H. Park, Y.I. Jun and U.K. Lee, "IT convergence technology-based gas sensor technology for environmental monitoring," *Information & Communications Magazine*, vol. 25, no. 6, pp. 40-47, June. 2008.

[9] Republic of Korea Ministry of Environment, "Indoor Air Quality Management Plan," Relations major policy, 2009.

[10] J.S. Bae and S.G. Kang, "Implementation of a Point-to-Multipoint Wireless Communication System Based on The Bluetooth," *The Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, vol.13, no.9, pp.1921-1927, September. 2009.

예성현(Seong-hyeon Ye)

1996 순천대학교 화학과 이학사
2013 전남대학교 일반대학원 디지털컨버전스 석사
2013 전남대학교 일반대학원 디지털컨버전스 박사과정
※관심분야 : 임베디드 시스템, 데이터통신, 모니터링

한순희(Soonhee Han)

1983 경북대학교 전자공학과 공학사
1985 광운대학교 전자계산학과 석사
1993 광운대학교 전자계산학과 박사
현 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수
※관심분야 : 이동통신, 임베디드 시스템