

# 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템의 개발

## Development of Environmental Safety Real-Time Monitoring System by Living Area

이 주 현\*, 김 주 호\*\*, 이 승 호\*\*★

Joo-Hyun Lee\*, Joo-Ho Kim\*\*, Seung-Ho Lee\*\*★

### Abstract

In this paper, a real-time monitoring system for environmental safety by living area is proposed. The proposed system is designed to measure radiation, fine dust and basic living information (temperature) using fixed and mobile measuring equipment, and constitutes a web database that stores data received from the equipment. It also develops web programs for displaying received data on PCs and mobile phones. The results of testing the performance of the system by an authorized testing agency showed that the radiation measurement range was measured in the range of  $10\mu\text{Sv/h}$  to  $10\text{mSv/h}$ , which is comparable to the world's highest level, and that the accuracy was measured between  $\pm 6.7$  and  $\pm 8.7$  percent of the measurement uncertainty was measured and normal operation at or below the international standard of  $\pm 15$  percent. In addition, the temperature test was conducted on a section of  $-20^\circ\text{C}$  to  $50^\circ\text{C}$  and normal operation was confirmed in response to the temperature change. Stability of radiated electromagnetic waves was ensured by a suitable judgment. The product's testing in general and high and low temperature environments for about four months after the prototype was made confirmed to be more than five years of durability. The measurement range and accuracy of fine dust sensors are compared with those of companies that measure the air environment, and the performance level is similar through the air quality measurement register.

### 요 약

본 논문에서는 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 고정형 및 이동형 측정장비를 활용하여 방사선, 미세먼지, 생활기본정보(온도) 등을 측정 하도록 설계된다. 고정형 및 이동형 측정장비로부터 수신한 데이터를 저장하는 웹 데이터베이스를 구성한다. 또한 수신한 데이터를 PC에 디스플레이하기 위한 웹 프로그램과 휴대폰에 디스플레이 위한 웹 프로그램을 개발한다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는 방사선 측정범위는 세계 최고 수준과 버금가는  $10\mu\text{Sv/h}$ ~ $10\text{mSv/h}$ 의 범위에서 측정이 되었고, 정확도는  $\pm 6.7\%$ ~ $\pm 8.7\%$ 의 측정 불확도가 측정되어 국제 표준인  $\pm 15\%$  이하에서 정상동작 됨이 확인되었다. 4계절을 보유한 우리나라의 온도변화 특성에 따라  $-20^\circ\text{C}$  ~  $50^\circ\text{C}$ 의 구간에 대해 온도 시험을 수행하였으며 온도변화에 대응하여 정상동작 됨이 확인되었다. 복사전자과 내성 시험의 경우에 적합 판정으로 안정성이 확보되었다. 시제품 제작이후 약 4개월 동안 일반환경 및 고온과 저온 환경에서 제품을 테스트한 결과, 구성된 센서의 보증기간 및 운영테스트 시 작동 및 기록되는 데이터를 기반으로 약 5년 이상의 내구성이 확인되었다. 미세먼지 센서에 대한 측정범위와 정확도는 대기환경 측정 기업을 통하여 상대성 비교 테스트를 진행하고 대기질 측정 기록부를 통하여 성능수준이 유사함을 확인하였다.

*Key words : NaI(Tl) + PVT Sensor, Fine Dust Measuring Sensor, Temperature Measurement Sensor, Fixed Measuring Equipment, Mobile Measuring Equipment*

\* MI INTERNATIONAL INC.

\*\* Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137

Manuscript received Sep. 2, 2019; revised Sep. 12, 2019; accepted Sep. 16, 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.

I. 서론

미세먼지는 여러 가지 복잡한 성분을 가진 대기 중 부유 물질로, 세계보건기구(WTO)에서 석면, 벤젠 등과 함께 1군 발암물질로 지정되어 있음에도 불구하고 국내 미세먼지 오염의 개선효과가 정체되면서 국민들의 불신과 우려가 증가되고 있다[1]. 또한 일본 후쿠시마 방사선 누출 사건[2]과 2018년 5월 라돈침대 문제 이후 생활주변의 방사선 피폭 문제 또한 수면 위로 떠오르고 있다. 위 두 물질은 무색무취로 사람의 오감으로는 알아차리지 못하며 측정기기 등을 통하여 위험정도를 알려주지 않을 경우 인지하지 못하는 사이에 건강의 악화를 야기할 수 있다[3][4]. 따라서 본 논문에서는 고정형 및 이동형 장치를 이용하여 방사능과 미세먼지의 위험정도를 알려주는 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템을 제안한다.

II. 본론

1. 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템의 전체적인 구조는 그림 1과 같다.



Fig. 1. Composition Diagram of Environmental Safety Real-Time Monitoring System by Living Area.

그림 1. 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템의 구성도

2. 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템의 측정장비

2.1. 고정형 측정장비

고정형 측정장비는 센서부, 제어부, 통신부, 전원부(전원공급) 등으로 구성되어 있다. 공간방사선 측정센서는 PVT+PMT[5][6]를 사용하며, PM1.0/PM2.5/PM10을 측정할 수 있는 광산란 방식[7]의 미세먼지 측정센서, 온도 측정센서 등을 사용한다. 실시간으로 측정된 데이터를 IoT 망으로 서버에 자동으로 전송한다. 고정형 측정장비는 생활권역

내의 소형시설물(예, 가로등, 가로수, 전신주, 신호등 등)에 설치하며, 설치장소에 대한 공간방사선, 미세먼지(PM1.0, PM2.5, PM10), 생활기본정보(온도) 등을 측정 및 실시간 모니터링 한다. 또한 일체형 경보장치(경광등, 알람스피커)를 통해 측정 데이터가 경보수준 이상일 경우 인접 통행자에게 알리도록 한다. 한편, 장비의 설치수량이 많을수록 측정 해상도가 높아지며, 오염물질의 유입경로와 확산경로 예측이 가능해진다. 그림 2는 고정형 측정장비의 블록도를 나타내고 있다.

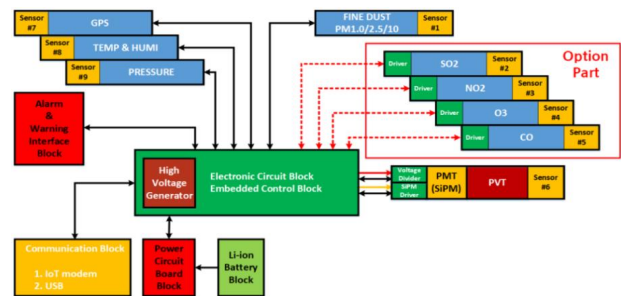


Fig. 2. Block Diagram of Fixed Measuring Equipment.

그림 2. 고정형 측정장비의 블록도

그림 3은 고정형 측정장비의 하드웨어 이미지를 나타내고 있다.



Fig. 3. Hardware Image of Fixed Measuring Equipment.

그림 3. 고정형 측정장비의 하드웨어 이미지

2.2. 이동형 측정장비

이동형 측정장비는 센서부, 정밀측정부, 제어부, 통신부, 전원부(전원공급, 충전) 등으로 구성되어 있다. 이동 중인 개별 장소에 대한 공간방사선, 미세먼지(PM1.0/PM2.5/PM10), 생활기본정보(온도) 등을 측정 및 실시간 모니터링 한다. 실시간으로 측정된 데이터를 IoT 망으로 서버에 자동으로 전송한다. 이동형 측정장비는 광역 및 지방자치단체에서 운영중인 차량(예, 주·정차 단속차량) 상단에

설치한다. 방사선/능 측정의 경우 실시간 이동측정 시 법정 규제기준 이상의 방사선이 측정될 경우에 정밀 측정을 실시하도록 한다. 또한 차량에 부착할 수 있는 전광판을 통해 사람에게 직접적인 영향을 주는 위치에 대한 환경 정보를 제공하며, 화재현장 주변의 방사선 유출여부를 측정하여 방사선 피폭으로 인한 2차 재난을 예방하도록 한다. 그림 4는 이동형 측정장비의 블록도를 나타내고 있다.

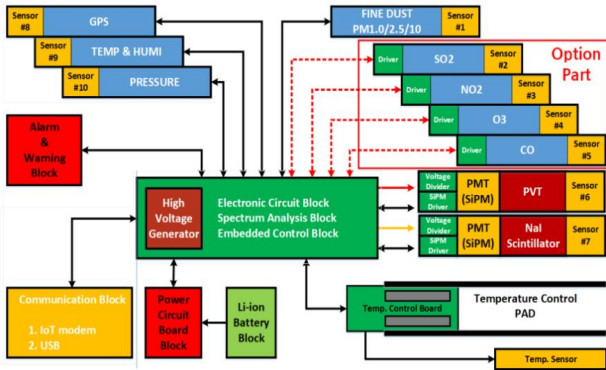


Fig. 4. Block Diagram of Mobile Measuring Equipment.  
그림 4. 이동형 측정장비의 블록도

그림 5는 이동형 측정장비의 하드웨어 이미지를 나타내고 있다.



Fig. 5. Hardware Image of Mobile Measuring Equipment.  
그림 5. 이동형 측정장비의 하드웨어 이미지

### 3. 서버용 소프트웨어

고정형 및 이동형 측정장비로부터 수신한 데이터를 저장하는 웹 데이터베이스를 구성한다. 또한 그림 6과 같이 수신한 데이터를 PC에 디스플레이하기 위한 웹 프로그램과 그림 7과 같이 휴대폰에 디스플레이하기 위한 서비스용 앱 프로그램을 개발한다. 개별적인 측정 데이터를 해당 지역의 지도에 표시하도록 한다. 측정지역 및 시기별 데이터를 비

교·분석하여 지역별 오염 정도를 체계적으로 관리, 지역 환경 안전관리 정책 등 지자체 관리 정책에 데이터를 활용할 수 있도록 한다. 측정값의 경보 빈도가 높을 경우 관리기관 등에 알림으로서 보다 체계적인 안전관리를 위한 데이터로 활용한다. 웹 프로그램의 경우에 중앙 관제형으로 디자인, 생활권역별 관리에 직관적으로 표현되도록 한다.



Fig. 6. Web Program.  
그림 6. 웹 프로그램



Fig. 7. Application Program.  
그림 7. 앱 프로그램

## 4. 성능 실험

### 4.1. 실험 방법

본 논문에서 제안한 고정형·이동형 측정장비의 성능을 평가하기 위하여 센서부에 대해 소급성이 확보된 공인시험기관의 장비를 사용하여 방사선 공간선량 측정범위와 정확도, 동작온도, 복사전자과 내성, 내구수명 등을 측정하였다.

### 4.2. 실험 결과

실험 결과는 표 1과 같이 방사선 측정범위는 세계 최고 수준과 버금가는 10 $\mu$ Sv/h~10mSv/h의 범위에서 측정이 되었고, 정확도는  $\pm 6.7\% \sim \pm 8.7\%$ 의 측정 불확도가 측정되어 국제 표준인  $\pm 15\%$  이하에서 정상동작 됨이 확인되었다. 온도의 변화가 있는 4계

질을 보유한 우리나라의 온도변화 특성에 따라  $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 구간에 대해 온도 시험을 수행하였으며 온도변화에 대응하여 정상동작 됨이 확인되었다. 복사전자파 내성시험의 경우에 적합 판정으로 안정성이 확보되었다. 시제품 제작이후 약 4개월 동안 일반환경 및 고온과 저온 환경에서 제품을 테스트한 결과, 구성된 센서의 보증기간 및 운영테스트 시 작동 및 기록되는 데이터를 기반으로 약 5년 이상의 내구성이 확인되었다. 미세먼지 센서에 대한 측정범위와 정확도는 대기환경 측정 기업을 통하여 상대성 비교 테스트를 진행하고 대기질 측정 기록부를 통하여 성능수준이 유사함을 확인하였다.

Table 1. Experimental Results.

표 1. 실험 결과

| Experimental Items          | Unit               | Experimental Results                          |
|-----------------------------|--------------------|---|
| Radiation Measurement Range | Sv/h               | $10\mu\text{Sv/h} - 10\text{mSv/h}$           |
| Accuracy                    | %                  | $\pm 6.7\% \sim \pm 8.7\%$                    |
| Operating Temperature       | $^{\circ}\text{C}$ | $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ |
| EMS Test                    | %                  | Qualify for Certification(A)                  |
| Durability                  | year               | 5   |

### III. 결론

본 논문에서는 생활권역별 환경안전 실시간 모니터링 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 고정형 및 이동형 측정장비를 활용하여 방사선, 미세먼지, 생활기분정보(온도) 등을 측정 하도록 설계되었다. 고정형 및 이동형, 가방형 측정장비로부터 수신한 데이터를 저장하는 웹 데이터베이스를 구성하였다. 또한 수신한 데이터를 PC에 디스플레이하기 위한 웹 프로그램과 휴대폰에 디스플레이하기 위한 앱 프로그램을 개발하였다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는 방사선 측정범위는 세계 최고 수준과 버금가는  $10\mu\text{Sv/h} \sim 10\text{mSv/h}$ 의 범위에서 측정이 되었고, 정확도는  $\pm 6.7\% \sim \pm 8.7\%$ 의 측정 불확도가 측정되어 국제 표준인  $\pm 15\%$  이하에서 정상동작 됨이 확인되었다. 온도의 변화가 있는 4계절을 보유한 우리나라의 온도변화 특성에 따라  $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 구간에 대해 온도 시험을 수행하였으며 온도변화에 대응하여 정상동작 됨이 확인되었다. 복사전자파 내성시험의 경우에 적합 판정으로 안정성이 확보되었다. 시제품 제작이후 약 4개월 동안 일반환경 및 고온과 저온 환경에서 제품을 테스트한 결과, 구성된 센서의

보증기간 및 운영테스트 시 작동 및 기록되는 데이터를 기반으로 약 5년 이상의 내구성이 확인되었다. 미세먼지 센서에 대한 측정범위와 정확도는 대기환경 측정 기업을 통하여 상대성 비교 테스트를 진행하고 대기질 측정 기록부를 통하여 성능수준이 유사함을 확인하였다. 향후 연구 진행 방향은 미세먼지 센서에 대한 측정범위와 정확도에 대한 인증기관의 준비가 끝난 후, 본 제품에 대하여 공인시험기관의 테스트가 필요하다고 사료된다.

### References

- [1] Kim, Hyun-Sun, et al. "Relationship between mortality and fine particles during Asian dust, smog-Asian dust, and smog days in Korea," *International journal of environmental health research*, Vol.22, no.6, pp.518-530, 2012. DOI: 10.1080/09603123.2012.667796
- [2] Yasunari, Teppei J., et al. "Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident," *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol.108, No.49, pp.19530-19534, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1112058108
- [3] MCBRIDE, William H., et al. A sense of danger from radiation. *Radiation research*, Vol.162, No.1 pp.1-19, 2004.
- [4] Kim, Ki-Hyun, et al. "The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events," *Atmospheric Environment* Vol.37, no.6, pp.753-765, 2003. DOI: 10.1016/S1352-2310(02)00954-8
- [5] Kim, Jae-Hyung, Joo-Hyun Lee, and Seung-Ho Lee. "Development of New Ocean Radiation Automatic Monitoring System," *Journal of the Korean Electrical and Electronics Engineers*, Vol.23, No.2, pp.743-746, 2019. DOI: 10.3390/s18082737
- [6] Ko, Tae-Young, Joo-Hyun Lee, and Seung-Ho Lee. "Development of Neutron, Gamma ray, X-ray Radiation Measurement and Integrated Control System," *Journal of IKEEE*, Vol.21, No.4, pp. 408-411, 2017. DOI: 10.7471/ikeee.2017.21.4.408
- [7] Brown, Wyn, ed. *Dynamic light scattering : the method and some applications*. Vol.313. Oxford: Clarendon press, 1993.