

# ICT 기반 환경모니터링 센서 데이터 검증을 위한 원스탑 플랫폼

<sup>1</sup>채민아, <sup>2\*</sup>조재혁

## One-stop Platform for Verification of ICT-based environmental monitoring sensor data

<sup>1</sup>Minah Chae, <sup>2\*</sup>Jae Hyuk Cho

### 요약

기존 환경측정기기는 전자파 및 친환경 제품 인증, 내구성 시험 위주이며, 센서 신뢰성 검증 및 측정 데이터에 대한 검증은 형식 승인 및 등록, 인수시험, 초기교정, 주기시험 등을 통해 센서 성능평가 위주로 수행된다. 본 플랫폼은 각 타겟 센서별 성능평가 뿐만 아니라 센서의 데이터 신뢰성에 대한 검증체계 지원 ICT 기반 환경 모니터링 센서 신뢰성 검증 체계를 구축하였다. 환경 정보에 대한 센서 데이터를 수집할 센서보드를 제작하였고 센서 및 데이터 신뢰성 평가 및 검증 서비스 체계를 규격화 하였다. 또한, ICT 기반 센서 데이터 신뢰성 평가 및 검증을 위해 LoRa 통신을 이용한 센서 데이터 플랫폼 모니터링 프로토타입을 제작하였고 이를 스마트 시티 등에 실증 테스트하였다. 해당 시스템을 통해 받은 데이터 분석을 위해 머신러닝을 이용하여 최적화 알고리즘 개발하였다. 이를 통해 신뢰성 검증을 위한 센서 빅데이터 분석시스템을 구축하였고 통합 평가 및 검증 시스템의 기반을 마련하였다.

### Abstract

Existing environmental measuring devices mainly focus on electromagnetic wave and eco-friendly product certification and durability test, and sensor reliability verification and verification of measurement data are conducted mainly through sensor performance evaluation through type approval and registration, acceptance test, initial calibration, and periodic test. This platform has established an ICT-based environmental monitoring sensor reliability verification system that supports not only performance evaluation for each target sensor, but also a verification system for sensor data reliability. A sensor board to collect sensor data for environmental information was produced, and a sensor and data reliability evaluation and verification service system was standardized. In addition, to evaluate and verify the reliability of sensor data based on ICT, a sensor data platform monitoring prototype using LoRa communication was produced, and the test was conducted in smart cities. To analyze the data received through the system, an optimization algorithm was developed using machine learning. Through this, a sensor big data analysis system is established for reliability verification, and the foundation for an integrated evaluation and verification system is provide.

**Keywords:** Environmental Monitoring Sensor, ICT-based Sensor, LoRa, One-Stop Platform, Machine Learning

<sup>1</sup> 숭실대학교 AI 데이터사업단 선임연구원 (minahchae@ssu.ac.kr)

<sup>2\*</sup> 숭실대학교 전자정보공학부 교수 (chojh@ssu.ac.kr)

## I. 서론

미세먼지, 가뭄, 교통 공해 등 국가 차원에서 환경 난제의 예측 및 분석을 위해 기상, 환경, 교통, 생산 등 다분야에서 센서 기반 데이터 분석 R&D 를 추진하고 있다. 그러나 기존 측정 표준 유지 체계에서 적용되는 전수검사 과정은 기하급수적으로 늘어나는 ICT 기반 센서에는 적용이 불가능하며, 회수 후 실험실에서 교정하는 방식의 신뢰성 유지 방식도 임베디드 형태로 적용되는 ICT 기반 센서에는 적용이 어렵다[1].

또한, 현재 ICT 기반 센서와 관련하여 국제적으로 공인된 표준화는 미미한 실정이며, 일부 영리기업이나 기업연합체 등을 통해 발표된 프로토콜 등만 존재하며 종래 신뢰성 평가는 센서의 내구성을 중심으로 진행되고 있는 실정이다. 이종의 빅데이터를 단일시스템으로 처리하는 것은 한계가 있어 이종 데이터를 통합하여 고속 처리할 수 있는 플랫폼이 확대될 전망이다[2].

본 논문에서는 ICT 기반 센서에 대한 수정된 검증체계를 제안한다. 데이터 수집을 위해 10종의 환경센서보드를 제작하였고 센서보드를 통해 수집된 데이터는 LoRa 통신으로 서버에 수집되고 machine learning 기법을 통해 환경 변화를 확인하고 예측한다. 이를 위해 개선된 측정방법, 시험방법, 검증방법 등을 필요로 하며 동기화, 네트워크 등과 같은 추가적인 항목의 신뢰성을 구축하기 위해 통합 센서 모듈의 형태로 구성하였다. 해당 연구를 통해 환경 모니터링 센서의 데이터 수집부터 분석 및 관리 등 전 과정을 원스탑으로 진행이 가능하며 해당 데이터의 신뢰성을 보장하여 고품질의 데이터 수집이 가능해진다.

## II. 환경 모니터링 센서 검증을 위한 플랫폼 구축

### 2.1 센서 보드 설계 및 제작

ICT 기반 환경 모니터링 센서 신뢰성 제고를 위한 평가 및 검증 플랫폼 내에서 센서 데이터 수집 및 센서 데이터 잡음제거 등의 신호처리를 위한 센서보드와 지능형 빅데이터 플랫폼과의 통신을 위한 데이터 통신 및 원격검증 프로토콜이 실장 되는 메인 제어 보드 및 빅데이터 플랫폼과의 통신 링크를 제공하는 통신보드로 구성된 통합 센서 단말을 제작하여 SW 인터페이스, 원격 검증 프로토콜 및 통신 프로토콜을 시험 분석하기 위한 용도로 활용하고자 한다. 그림 1 은 센서가 장착되어 있는 보드의 구조로 환경 센서 10 종(TVOC, CO, CO<sub>2</sub>, 습도, 온도, 미세먼지 (PM2.5, PM10), NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S )을 지원하고 UART 방식으로 데이터를 전송한다. 사용한 센서 종류의 선정 근거는 실내공기질 관리법 제 2 조[3], 악취방지법 제 2 조[4]를 기반으로 하였다.

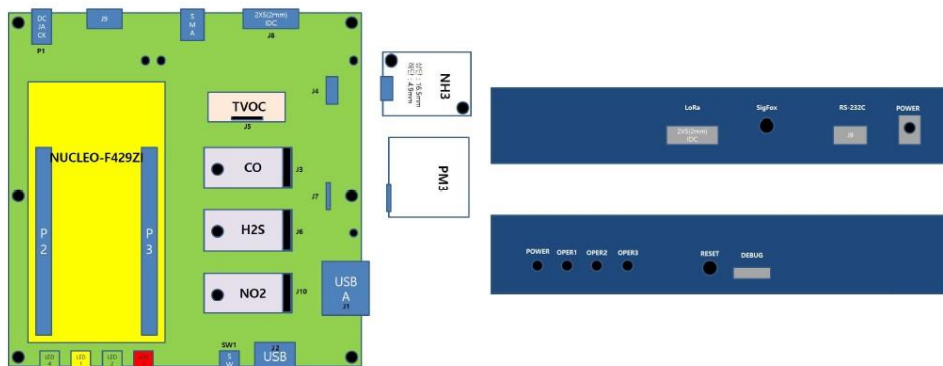


Figure 1. Structure of Sensor Board

그림 1. 센서보드의 구조

## 2.2 센서에 대한 테스트 베드 설계

별크 및 ICT 기반 반도체식 가스(VOC, CO) 센서 및 모듈 온도, 농도 다단계 복합 측정시스템 제작을 완료하였다. 그림 2 는 유량제어박스 온·습도 측정 챔버로 동작 환경 온도 (-10~50℃), 농도 연속 다단계 제어를 위한 모듈 제작과 별크 및 ICT 기반 반도체식 가스센서 및 모듈 적용을 위해 제작하였고 해당 측정 장비로 별크 가스센서 뿐만 아니라 가스센서 모듈을 측정할 수 있고, CO 와 VOC 가스를 Air 가스를 이용하여 고농도에서 저농도까지 농도를 조절하고, 낮추어 테스트를 할 수 있는 시스템을 갖추고 있으며 제공하는 동작 온도 범위 내에서 반복적으로 측정할 수 있다.

미세먼지 입경분리기 (PM2.5, PM10) 신뢰성 평가 및 검증하였다. 입경분리기의 투과효율 측정값에 불확도를 산출하기 위해 PM2.5 입경분리기의 평가결과를 활용해 상세 불확도 평가를 수행하였다[5]. 표준입자의 입경불확도, 흡입유량불확도 그리고 수농도의 반복측정에 따른 불확도를 산출하였고 피팅모델을 이용하여 임의의 직경에서의 불확도를 계산하였다.



Figure 2. Sensor Measurement System  
그림 2. 센서 측정 시스템

## 2.3 ICT 기반 센서 데이터 신뢰성 평가 및 검증

센서의 측정데이터, 통신, 원격 모니터링 기반 센서 검증 등 시험 및 평가 방안을 편리하게 지원할 수 있는 one-stop 시스템의 필요성을 확인하였다. 해당 센서들의 측정 데이터에 대한 신뢰성 평가를 지원하고 센서의 신뢰성 지원을 위한 규격을 제시하였다. 해당 시스템은 적은 비용으로 이상적인 대역폭을 제공하는 LoRa 를 기반으로 하였다[6].

### 2.3.1 LoRa

LoRa 기반 ICT 센서 무선 통신 신뢰성 검증 시험 항목을 구축된 시험기와 표준에 의거하여 개정하였고 또한 LoRa 기반으로 구성된 센서 네트워크의 통신 신뢰도 측정 및 이를 반영한 시험 표준과 시험지침서를 개발하고 그림 3 과 같이 이를 위한 시험 설비를 구축하였다.

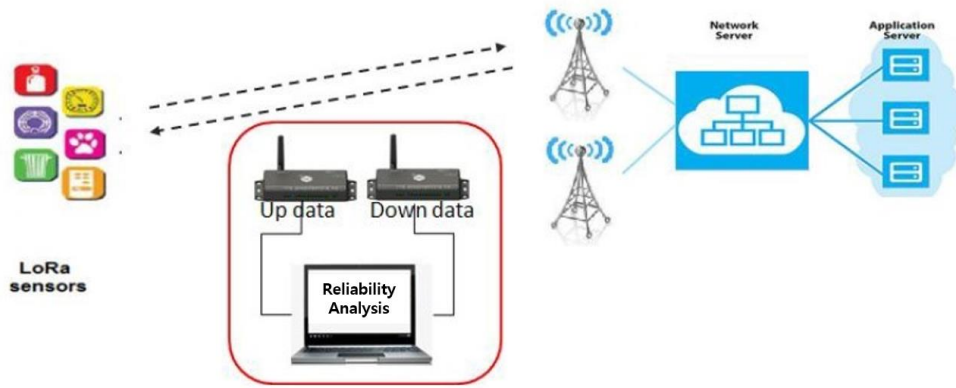


Figure 3. Diagram of LoRa Reliability Test Environment  
 그림 3. LoRa 신뢰성 검사 환경 구조도

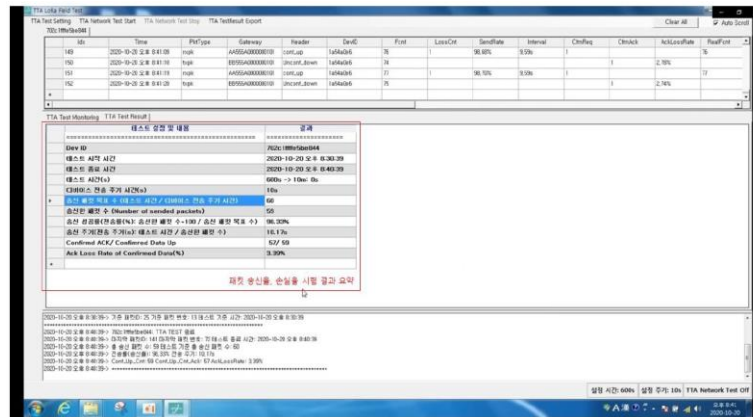


Figure 4. LoRa Test Result  
 그림 4. LoRa 시험 결과

구축 결과, LoRa 패킷 모니터링으로 신호 수집기로 주변 LoRa 패킷 캡처 및 패킷 상세 정보(채널, 데이터 레이트, 신호 세기 등)를 확인할 수 있고 채널별 RSSI (Received Signal Strength Indication) & noise 정보는 그림 4와 같이 캡처된 패킷을 통해 LoRa 가 사용하는 주파수 별 평균 RSSI, noise 값을 그래프로 표출하여 채널 상태를 볼 수 있다. RSSI는 수신기에 들어오는 신호 전력을 측정하기 때문에 LoRa의 세기를 확인할 수 있고 noise의 강도를 확인할 수 있는 SNR은 RSSI 값에 따라 결정되며 SNR이 높을수록 신호 크기가 크다는 것을 확인 가능하다[7].

LoRa 신뢰성 시험은 1~5개의 디바이스 키 정보를 입력하여 디코딩된 LoRa 패킷 표출 및 단위 시간 동안 해당 디바이스의 패킷 송신율 및 손실률 측정하였고 시험 결과를 파일로 저장하여 결과 분석이 가능하며 모니터링 데이터 로그 저장을 통하여 시험 내용을 다시 확인할 수 있다.

### 2.3.2 LoRa 통신망 에뮬레이터 구축

LoRa 센서 네트워크 표준 개발, 시험지침서 개발 및 국내기업 환경 모니터링 센서 신뢰성검증 및 개발지원시험 서비스 제공을 목적으로 한다. 그림 5와 같이 LoRa 단말기의 개통 및 보안 서비스 기능을 구현하며 데이터 송수신이 가능하다.

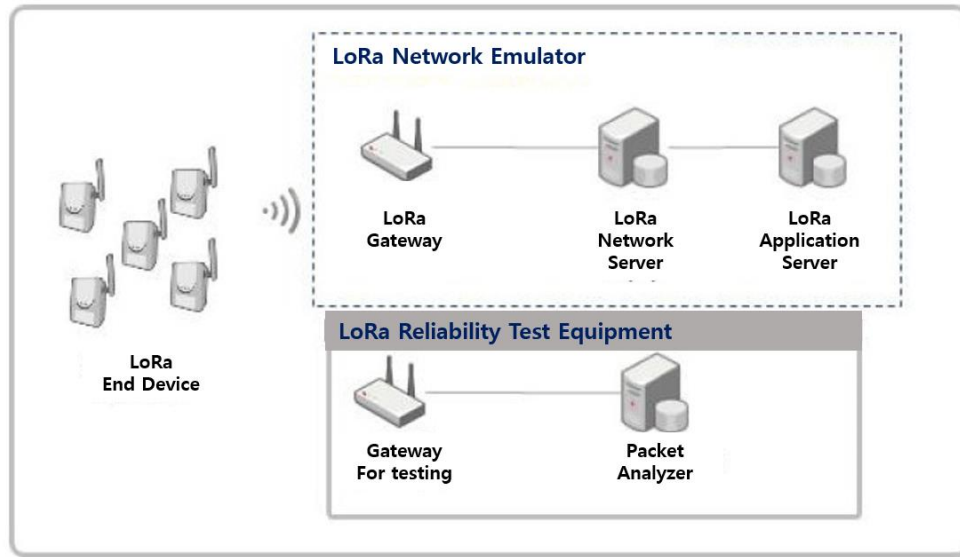


Figure 5. Diagram of LoRa Network Emulator  
 그림 5. LoRa 네트워크 에뮬레이터 구조도

LoRa 신뢰성 시험기의 기능 구현 검증을 위한 기준시료로서 표준 LoRa 망, SKT LoRa 망과 동일한 테스트베드 환경 제공이 가능하고 SKT LoRa 네트워크 서버와 동일한 동작을 수행하여 SKT 기반 LoRa 단말의 개통 전 사전 검증을 위한 테스트베드로 활용한다. LoRa 네트워크 서버를 보유하지 못한 LoRa 단말 개발 업체에는 표준 기반 LoRa 네트워크 환경을 제공한다.

#### 2.4 플랫폼과 센서데이터 연동 개발

SKT LoRa 네트워크의 게이트웨이 시스템인 ThingPlug 와 빅데이터 플랫폼의 API 서버와 연동한다. 그림 6 과 같이 게이트웨이 시스템은 HTTP 프로토콜 사용 시에 HTTP 클라이언트 역할을 수행하고, 데이터 시스템은 HTTP 서버 역할을 수행하며 데이터 시스템은 공인 IP 를 사용하여 인바운드 포트를 설정함으로써 게이트웨이 시스템에서 접속 가능하도록 환경을 구성하도록 개발하였다.

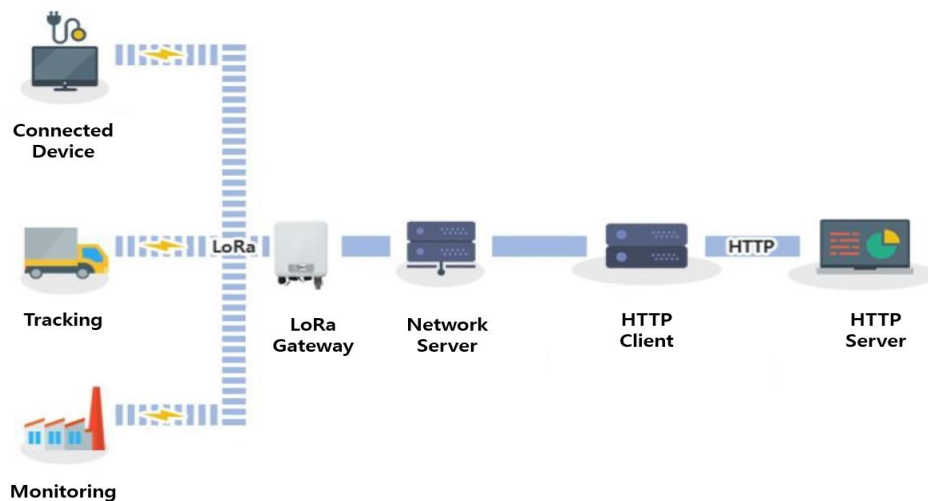


Figure 6. Linkage of platform and sensor data  
 그림 6. Platform 과 센서데이터의 연결

## 2.5 ICT 기반 센서 데이터 플랫폼 모니터링 프로토타입 구축

수집한 센서 데이터의 모니터링 시스템을 구축하여 복합센서 IoT 디바이스와 LoRa 네트워크 통신으로 데이터를 수집한 내역을 모니터링 할 수 있고 복합센서 IoT 디바이스에서 제공하는 미세먼지, TVOC, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> 모니터링 할 수 있다.

그림 7 과 같이 복합센서 데이터 별로 대시보드 화면 내에서 상세 데이터를 표시하는 기능을 구현할 수 있으며 데이터 분석을 위해 데이터 저장소에 수집한 복합센서 데이터를 CSV 로 제공할 수 있다.

그리고 LoRa 네트워크를 이용하여 서버 측에서 복합 센서 디바이스의 하위 모듈 즉, 기능 검증을 위해 디바이스의 LED 점멸 제어로 확인하도록 처리하고 동작을 활성화/비활성화 하도록 미리 명령어를 처리함을 제어하는 명령어를 전송하여, 적용되도록 구현하였고, 데이터 연계 주기를 제어하는 명령어 및 디바이스 펌웨어 리셋 명령어를 서버 측에서 전송하도록 구현하였다.



Figure 7. Data Monitoring System  
그림 7. 데이터 모니터링 시스템

## 2.6 머신러닝을 이용한 센서 데이터 신뢰성 진단

다양한 머신러닝 기법 (SVM PBF, linear SVM, MLP, KNN, K-means)을 이용하여[8] 변화하는 대기 환경을 실시간으로 모니터링하여 실내공기질을 감지하는 시스템을 설계하였다. 해당 시스템을 검증하기 위해 특정 환경(담배상황)을 규정하였다. 온도는 26~34 °C 습도는 33 ~51% 로 3 일동안 10 분마다 데이터를 수집하였다. 실내 흡연 상황에서 센서 거동을 통해 담배상황을 감지할 수 있음을 보였고 실내 흡연실에 설치된 환경 센서 데이터를 분석한 결과, 그림 8 에서 보는 것과 같이 특정 가스센서 간의 높은 상관 관계가 관측하였다.

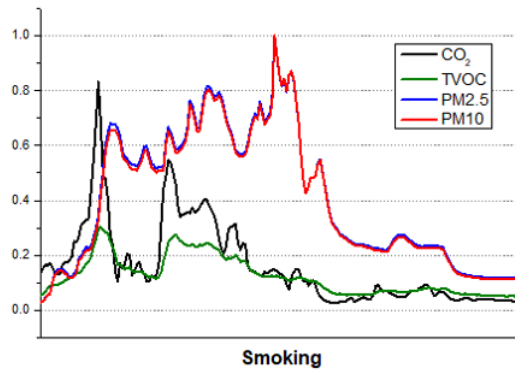


Figure 8. Result of Machine Learning  
그림 8. 머신러닝 결과

### III. 결론

본 연구를 통해 각 센서별 성능 평가뿐만 아니라 센서의 데이터 신뢰성에 대한 검증체계 지원하였다. 또한 ICT 기반 환경 모니터링 센서 신뢰성 평가 및 검증 플랫폼을 구축하여 원스톱 검증 시스템을 제공한다. 이를 통해 빅데이터 센서에 대한 신뢰성 검증 방식의 기반을 마련하였고 ICT 기반 센서 및 데이터에 대한 통합적인 품질 평가를 지원할 체계를 적립하였다.

### IV. Acknowledgments

This research was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MIST) (NO.2019-0-00135, Implementation of verification platform for ICT based environmental monitoring sensor)

### V. 참고문헌

- [1] D.-U. Kim, "The Technical Trend of IoT for Electric Power Industry," *KEPCO Journal on Electric Power and Energy*, vol. 2, no. 4, pp. 491-497, 2016.
- [2] M. Stonebraker and U. Çetintemel, "" One size fits all" an idea whose time has come and gone," in *Making Databases Work: The Pragmatic Wisdom of Michael Stonebraker*, 2018, pp. 441-462.
- [3] <https://www.law.go.kr/법령/실내공기질관리법>
- [4] <https://www.law.go.kr/법령/악취방지법>
- [5] G. Buonanno, M. Dell'Isola, L. Stabile, and A. Viola, "Critical aspects of the uncertainty budget in the gravimetric PM measurements," *Measurement*, vol. 44, no. 1, pp. 139-147, 2011.
- [6] Lavric, Alexandru, and Valentin Popa. "Internet of things and LoRa™ low-power wide-area networks: a survey." *2017 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*. IEEE, 2017.
- [7] Lam, Ka-Ho, Chi-Chung Cheung, and Wah-Ching Lee. "Rssi-based lora localization systems for large-scale indoor and outdoor environments." *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 68.12 11778-11791, 2019.
- [8] Géron, Aurélien. *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. O'Reilly Media, 2019.

## 저자 소개

---



채민아(*Minah Chae*)

2011년 02월 경희대학교 대학원 전자공학과 석사  
2014년 10월 동부하이텍 선임연구원  
2020년 09월~현재 숭실대학교 AI 데이터사업단 선임연구원

관심분야 : 인공지능, 이미지처리



조재혁(*Jae Hyuk Cho*)

2011년 02월 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사  
2019년 05월~현재 숭실대학교 전자정보공학부 교수  
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP) national R&D program PM

관심분야: AI, Data process, Bigdata of sensors, IoT, Smart City, SW Platform System

---