

실내 공기 데이터 측정기 및 모니터링 시스템

전성우¹ · 임현근¹ · 박순모¹ · 정희경^{2*}

Indoor Air Data Meter and Monitoring System

Sungwoo Jeon¹ · Hyunkeun Lim¹ · Soonmo Park¹ · Hoekyung Jung^{2*}

¹Graduate Student, Department of Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, 35345 Korea

^{2*}Professor, Department of Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, 35345 Korea

요 약

고도화된 현대사회는 도시산업화와 대중교통으로 인한 대기오염 물질 중 미세먼지는 실외에서 실내로 유입되는 현상이 있다. 실내에서 사용하는 미세먼지 측정기는 제한적인 정보 제공과 오염 수치가 다르게 측정되어 사용자에게 원하는 데이터와 모니터링을 할 수 없는 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 실내 공기 질 데이터 미세먼지와 초미세먼지인 Dust(PM1.0, PM2.5, PM10), VOC(Volatile Organic Compounds)와 PIR(Passive Infrared Sensor)로 미세먼지 측정기와 모니터링시스템을 설계 및 구현하였다. 측정기는 지정한 구역에 설치하여 미세먼지를 실시간 측정하고 Google Cloud Platform의 App Engine을 통하여 데이터 수집 및 저장하고 시각화하여 사용자에게 제공하는 미세먼지 측정기와 모니터링시스템을 제안한다.

ABSTRACT

In an advanced modern society, among air pollutants caused by urban industrialization and public transportation, fine dust flows into indoors from the outdoors. The fine dust meter used indoors provides limited information and measures the pollution level differently, so there is a problem that users cannot monitor and monitor the data they want. To solve this problem, in this paper, indoor air quality data fine dust and ultra-fine dust (PM1.0, PM2.5, PM10), VOC (Volatile Organic Compounds) and PIR (Passive Infrared Sensor) are used to measure fine dust. and a monitoring system were designed and implemented. We propose a fine dust meter and monitoring system that is installed in a designated area to measure fine dust in real time, collects, stores, and visualizes data through App Engine of Google Cloud Platform and provides it to users.

키워드 : 공기 질, 미세먼지, 모니터링, PIR, VOC

Keywords : Air quality, Fine dust, Monitoring, Passive infrared sensor, Volatile organic compounds

Received 17 October 2021, Revised 22 October 2021, Accepted 28 October 2021

* Corresponding Author Hoekyung Jung(E-mail:hkjung@pcu.ac.kr, Tel:+82-42-520-5640)
Professor, Department of Computer Engineering, Paichai University, Daejeon, 35345 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2022.26.1.140>

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/licenses/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. 서론

최근 도시 산업화와 대중교통으로 인하여 발생하는 대기오염 물질은 실외에서 실내로 유입되는 상황이 발생하고 있다. 오염물질 중 하나인 미세먼지는 여러 가지의 복잡한 성분과 대기 중 부유 물질이며 실내활동이 많은 현대인에게 영향을 주고 질병으로 이어진다. 현대인들은 자택, 사무실 같은 실내 공간에 공기청정기나 미세먼지 측정기에 관한 관심이 커지고 있다[1-4].

실외와 실내를 포함하여 미세먼지를 측정할 수 있는 다양한 연구가 진행되고 있지만, 많은 사람이 이동하는 경우 측정 오차율로 수치가 부정확한 상황이 발생하며 제공하는 데이터 항목이 달라 원하는 정보를 얻기가 어려움이 있어 모니터링하기엔 어려움이 따른다[5, 6]. 이에 실시간 변화량에 대한 정보를 한눈에 보고 통행량과 측정값의 연관성, 오차율을 확인하기 위한 시스템이 필요하다[7-8].

이에 본 논문은 dust, PIR, TVOC, Eco2, Temperature, humidity를 측정하는 미세먼지 측정기를 설계하여 실내 공기 질 데이터를 수집하여 측정기 화면에 출력하는 미세먼지 측정기를 제안하고, 이를 모니터링 할 수 있는 모니터링시스템을 제안한다.

II. 시스템 설계

본 절에서는 미세먼지 측정기 및 모니터링시스템의 설계 내용을 설명한다.

2.1. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 미세먼지 측정기 및 모니터링 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같다.

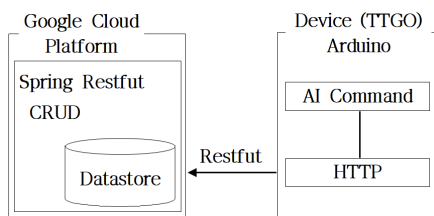


Fig. 1 System configuration.

Arduino 기반으로 설계된 미세먼지 측정기에서 수집된 데이터는 무선 통신망과 WiFi를 이용하여 Arduino와 GCP(Google Cloud Platform)와 통신하여 데이터를 수집하고 저장한다. GCP 내에 Console에 표시할 인스턴스를 생성하고 인스턴스의 ID를 생성한다. 구역별 설치된 미세먼지 측정기를 1~5까지 고정 ID를 지정하였고 측정된 데이터는 서버로 JSON 형태로 실시간 전송되고 Restful API를 통해 Data store에 저장된다. 수집된 데이터는 GCP 내에 생성한 인스턴스의 Data store에서 Google Query 문을 사용하여 각 미세먼지 측정기의 ID별로 데이터 추출도 가능하며 추후 데이터 분석하기 위해 데이터를 저장한다. 표 1은 개발환경을 나타낸다.

Table. 1 Development environment

Local PC	
OS	Windows 10
Develop IDE	Eclipse 2020.03
Develop Language	Java 8
Database	Local GCP Database
Server	
GCP type	App Service
Database	Data store - 5.7.17
Local	Asia 4 (korea server)

2.2. 미세먼지 측정기 설계

미세먼지 측정기는 dust, Temp/humi, PIR 센서를 기반으로 화면에 측정값을 출력한다. 그림 2는 디바이스 센서 회로도를 나타낸다.

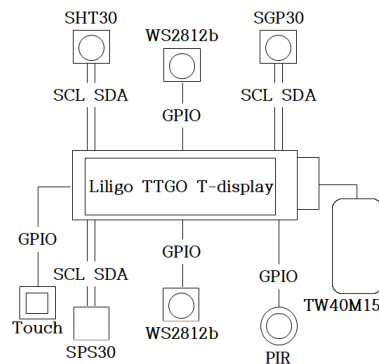


Fig. 2 Fine dust measurement device sensor schematic

미세먼지 측정기의 TTGO T-Display를 메인 부로 측

정된 값들에 대해 WiFi를 통해 GCP와 통신하여 데이터를 저장하고 화면에 값을 출력한다. PIR은 사람 통행량을 수집하는 센서이다. 그 외 온습도 SHT30, 미세먼지 SPS30, 센서는 PM10, PM2.5, PM1.0을 측정하고 VOC 센서를 사용하였다.

2.3. 데이터 흐름

실내 공기 질 모니터링시스템은 미세먼지 측정기에서 데이터를 수집하고 GCP 서버로 전송하여 저장한다. 데이터 흐름에 대한 단계별 수행 내용은 표 2와 같다.

Table. 2 Each step of the process

step	sensor	Communication method	data
Measure Data	SPS 30	i2c serial data	PM1.0, PM2.5, PM10 numeric data
	SGP 30	i2c serial data	TVOC ECO2 numeric data
send data	WiFi	JSON format (AirVO)	Temp,humi,TVOC,ECO 2,PIR,PM1.0, PM2.5, PM10 numeric data
Save data	GCP Data store	object NTT format	Temp,humi,TVOC,ECO 2,PIR,PM1.0, PM2.5, PM10 numeric data
user query	GQL query	JSON format	Query statement

Send data는 WiFi 통신으로 JSON 형식을 사용하며 REST 아키텍처를 구현하는 웹 서비스를 나타내기 위해 restful type과 jersey 모듈을 사용하여 maven 추가 방법을 annotation으로 push, get, update, delete를 구현하였다. Save data는 GCP Data store, JSON format에 기초한 data store 저장 방법으로 저장한다. User query는 GQL query, return type JSON object를 query 사용으로 조회 정보를 사용자에게 제공한다. 시스템을 통해 공기 데이터를 데이터 수집 및 저장하여 모니터링시스템으로 데이터를 조회할 수 있다.

2.3.1. 서비스 구성

JSON형태를 띠는 직렬화된 데이터를 JAVA 객체로 역직렬화 또는 직렬화인 GSON JAVA 라이브러리를 사용하여 restful API 통해 들어온 데이터를 Paramater Parsing 과정을 거친다. JSON을 Java Object로 변환하고 Gradle 라이브러리를 사용하여 등록한다. Object는

Mapping 과정을 통해 Entity Object로 변환해서 data store에 저장된다. 데이터 조회 시 Object를 다시 JSON 형태로 변환하여 사용자에게 제공된다. 데이터를 분석하기 위해 조회된 데이터는 CSV 형태로 저장하도록 설계하였다. 사용자가 디바이스 사용 시 서비스 구성은 그림 3과 같다.

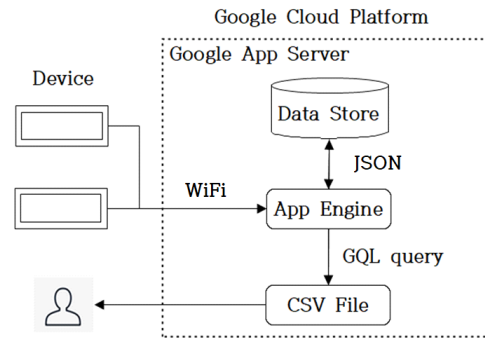


Fig. 3 Configuration for service

2.3.2. 디바이스 위치 선정

실내 공기 질 데이터 변화가 있는지 원인을 비교하기 위해 비교 실험 요인으로 첫 번째 사람의 통행량 많은 곳과 적은 곳을 비교, 두 번째 외부 공기 유입 위치를 고려하여 주변 환경이 다른 구역으로 배치하였다.

2.3.3. 아두이노 화면 설계

TTGO 화면에 표시되는 데이터 TTGO 화면에는 Temp, Humi, PM 1.0, PM 2.5, PM10, TVOC, ECO2, PIR 등이 출력되며 실시간으로 30초 간격으로 측정되는 값이다.

2.3.4. 경고 알림

미세먼지에 대해 4단계 색상 표현으로 상태를 표시하였다. 이는 표 3과 같다.

Table. 3 5 levels of fine dust color expression

Color	State	PM
Red	Very bad	PM0.5
Yellow	Bad	PM1.0
white	usually	PM2.5
Lime	good	PM4.0
Blue	Very good	PM10

2.4. Database 설계

Database는 5개 테이블로 구성된다. User 테이블은 ID를 Primary key로 지정하며 디바이스 ID는 Sub key로 구성한다. 디바이스 테이블은 디바이스 ID를 Primary key로 구성하며 Sub key로써 Station과 Region를 가지고 있다. 이를 그림 4에 나타내었다.

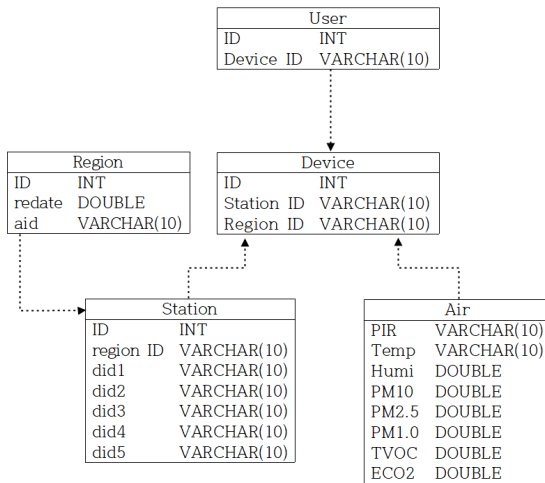


Fig. 4 Database table organization

III. 시스템 구현 및 고찰

본 절에서는 시스템을 구현하여 데이터 수집 및 고찰 내용을 나타낸다.

3.1. 미세먼지 센서 선정

미세먼지 센서는 일반적으로 많이 사용하는 2 종류를 센서를 비교 분석하여 선정하였다. pms 5003은 2.5µg 미만의 입자 수를 나타내며, sps30은 센서 내에 습도가 보정된 실내 공기질 신호를 제공하는 CMOSens 센서 시스템으로 주변환경으로 인한 오차율의 폭이 크지 않고 2.5µg, 10µg의 정보를 측정할 수 있음에 본 논문에서 SPS30 센서로 선정하였다.

3.2. 미세먼지 측정기 구현

미세먼지 측정기의 OS로 Window 10 환경에서 Arduino sketch IDE를 사용하여 디바이스를 구현하여 시리얼 통신으로 데이터를 수집하여 구현하였다. 서버에 업로드

전에 디바이스에서 PC에 직접 연결 후 테스트를 진행하여 데이터 수집을 확인하고 구축한 Database에 데이터 수집 및 저장하였다. 표 4는 Database 서버의 개발환경을 나타낸다. 그림 5는 디바이스에서 PC에 직접 연결하여 시리얼 테스트 결과를 나타낸다. 그림 6은 출력 화면 패널이다.

Table. 4 DB server development environment

H/W	CPU	Intel Core i7 3.70Hz
	Memory	8GHz * 2
S/W	OS	Window 10
	Arduino	Arduino sketch IDE
	Eclipse	2020-03 R

```

COM3
2020/5/12 (Tuesday) 8:35:44
voc:734.00
Temp: 22.51 c Humi: 51.56 %
voc:737.00
PM1.0=0, PM2.5=0, PM10=0
Temp: 22.52 c Humi: 51.42 %
2020/5/12 (Tuesday) 8:35:54
voc:738.00
Temp: 22.51 c Humi: 51.25 %
PMS7003 ERROR
PM1.0=0, PM2.5=0, PM10=0
Temp: 22.52 c Humi: 50.97 %
voc:735.00
2020/5/12 (Tuesday) 8:36:4
Temp: 22.52 c Humi: 50.74 %
    
```

Fig. 5 Data collection process

```

Temp 32.66 TVOC 108.00
Humi 28.37 ECO2 487.00
PM1.0 4.47 PIR 1
PM2.5 4.73 PM10 4.70
    
```

Fig. 6 Output screen panel

3.3. 데이터 서버 전송 테스트

본 논문에서 사용하게 되는 측정기를 구현하여 GCP 연동 전 측정기의 TTGO와 서버의 Wifi 통신이 잘되는지 테스트하기 위해 측정기 ID 1을 가지고 통신테스트를 진행하였다. 그림 7은 서버 통신테스트를 나타낸다.

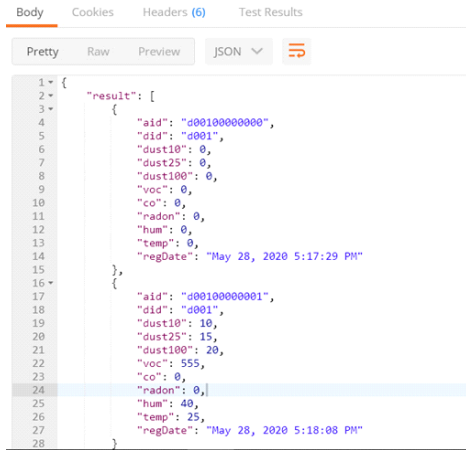


Fig. 7 Test of data communication between meter and server

3.4. Database 수집

구현된 미세먼지 측정기는 WiFi 통신으로 GCP에 실시간으로 분당 카운트로 측정되어 데이터를 전송하고 한 달간 데이터를 수집 및 저장한다. 수집된 데이터 개수는 총 59,505개, 용량은 19.328644MB이다. 수집된 데이터는 실시간으로 측정되고 총 5개의 디바이스의 데이터들이 저장되고, GCP에서 원하는 디바이스의 데이터를 얻기 위해서 GQL query를 사용하여 선정한 구역에 설치된 미세먼지 측정기의 고정 ID를 사용하면 구역, 측정기 고유 ID, 측정값을 확인할 수 있으며 수집된 데이터는 CSV 파일 형태로 저장한다. 미세먼지 측정기에서 실시간으로 수집되는 데이터를 볼 수 있는 모니터링 시스템은 그림 8과 같다.

did	dust10	dust100	dust25	hum	pir
d001	1.65	1.74	1.74	36.12	89
d001	1.48	1.56	1.56	35.54	90
d001	1.57	1.66	1.66	36.18	93
d001	1.47	1.55	1.55	35.95	96
d001	1.4	1.48	1.48	35.8	97
d001	1.57	1.66	1.66	36.1	99
d001	1.5	1.59	1.59	35.88	101
d001	1.74	1.84	1.84	35.97	103

Fig. 8 Monitoring system real-time measurement value

3.5. 고찰

측정기를 설치하여 공기 질 데이터를 수집하고 저장하여 사용자에게 측정량을 한눈에 볼 수 있게 제공하고 측정값을 나타내었다. 본 논문에서 제안하는 미세먼지 측정기는 dust 측정값을 분진 별로 나타내어 초미세먼지까지 사용자에게 정보를 보여주고 온도, 습도, VOC와 PIR을 포함하여 측정값을 측정기 화면에 출력하며 다양한 정보를 제공한다. 모니터링시스템은 GCP datastore 형태로 미세먼지 측정기에서 실시간 측정되는 값을 저장하고 사용자에게 제공한다.

디바이스의 실시간 데이터는 dust, humi, pir 등의 측정값을 GCP에 수집 및 저장한다. 사용자가 모니터링시스템을 사용할 때 원하는 시간, 정보를 검색하여 찾아볼 수 있고 이러한 데이터는 측정기에서도 같이 LCD 화면에 출력하여 사용자가 모니터링시스템을 확인하지 않아도 측정된 정보를 확인할 수 있다. 이는 사용자가 보고 싶은 측정값과 미세먼지 상태의 알람을 LED로 표현한다. 이에 제안하는 시스템의 측정기에서 측정된 값을 정보 제공하고 미세먼지 측정량에 따라 LED를 사용하여 현재 상태를 좋음과 매우 좋은 상태로 나타낸다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실내 공기 질 데이터를 측정하는 미세먼지 측정기를 제안한다. 실내 공기 질 측정 실험을 통해 실내 장소를 선정하여 구현한 미세먼지 측정기를 설치하여 실시간 데이터를 수집 및 저장하였다. 구현된 미세먼지 측정기 측정값은 그림 6과 같이 나타났다. 측정기에서는 화면으로 데이터를 출력하여 사용자가 원하는 측정값을 보여준다. 이로 인해 기존의 미세먼지 측정기는 제한적인 정보를 제공 한계 비해 본 논문에서 제안하는 미세먼지 측정기는 패널 전환을 통하여 실시간 측정값 정보를 제공한다.

하지만 사람의 통행량을 통해 많은 통행량이 있을 때 오차 범위가 나타나는 것을 알 수 있었다. 이로 인해 향후 연구로는 측정기에서 수집된 데이터를 클라우드 플랫폼이 아닌 별도의 서버를 구축하고 데이터 증강기법을 활용하여 데이터셋을 만들고 데이터 분석과정을 진행한다. 데이터의 오차 값 보정 및 대기질 데이터의 상관관계를 분석하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

[1] C. W. Kim, S. Y. Kim, and J. W. Kim, "Container-based IoT- cloud service integration automation," *The actual journal of the Korea Information Science Society*, vol. 25, no. 2, pp. 87-98, Feb. 2019.

[2] J. H. Nam, "Implementation of Internet of Things-Based Indoor Environment Monitoring and Analysis System," *Journal of the Korea Information and Communication Society*, vol. 23, no. 12, pp. 1687-1692, Dec. 2019.

[3] C. H. Hwang and K. W. Shin, "CNN-LSTM Combination Method to Improve Fine Dust Prediction Performance," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 24, no. 1, pp. 57-64, Jan. 2020.

[4] J. H. Nam, "Implementation of IoT-based indoor environment monitoring and analysis system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 23, no. 12, pp. 1687-1692, Jan. 2019.

[5] Y. K. Jang, "Status and temperature of fine dust contamination," *Environmental Dissertation*, vol. 58, no. 9, pp. 4-13, Mar. 2016.

[6] O. O. Baek, Y. K. Heo, and Y. H. Park, "Assessment of pollution characteristics of ultra fine dust in the Pohang area," *Korean Journal of Environmental Engineering*, vol. 30, no. 3, pp. 302-313, Mar. 2008.

[7] H. J. Kim and W. G. Cho, "Evaluation of Placement Ratio of Fine Dust Monitoring Stations in Urban Areas Using Spatial Interpolation," *Korean Geospatial Information Society*, vol. 20, no. 2, pp. 3-13, Feb. 2012.

[8] J. G. Kim and Y. H. Seo, "Improvement of pollution source of fine dust (PM <10>) in Daecheon-si on the west coast," *Journal of Environmental Management*, vol. 19 no. 1, pp. 29-38, Mar. 2013.



전성우(Sungwoo Jeon)

2019년 배재대학교 컴퓨터공학(공학사)
 2021년 배재대학교 컴퓨터공학(공학석사)
 2021년~현재 배재대학교 컴퓨터공학과(박사과정)
 ※ 관심분야 : AI, Embedded system, IoT, Face recognition, Object recognition



임현근(Hyunkeun Lim)

2002년 세명대학교 컴퓨터학과(공학사)
 2018년 배재대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2019년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과(박사과정)
 2003년 ~ 2010년 Mbizglobal 모바일 솔루션 수석개발자
 2015년 ~ 2018년 ㈜유진정보 데이터분석팀 차장
 2018년 ~ 2020년 ㈜아림 개발이사
 2020년 ~ 현재 아이온랩 대표
 ※ 관심분야 : 텍스트마이닝, 모바일게임, IoT



박순모(Soonmo Park)

1996년 부경대학교 전자공학과(공학사)
 2009년 충북대학교 전기전산공학과(공학석사)
 2021년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학
 ※ 관심분야 : IoT, BigData Platform



정희경(Hoekyung Jung)

1985년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1987년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 1993년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 1994년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 교수
 ※ 관심분야 : 멀티미디어 문서정보처리, USN, IoT, Machine learning, Big data, Embedded system