JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 21, No. 4 : 829~835 Apr. 2017

사물인터넷기반 미세먼지 측정 시스템 구현

노진호 · 탁한호*

The Implementation of the Fine Dust Measuring System based on Internet of Things(IoT)

Jin-Ho Noh · Han-Ho Tack*

Department of Electronic Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Gyeongnam 52725, Korea

요 약

최근 미세먼지에 의해 건강이 나빠지는 문제가 빈번하게 발생하고 있다. 건강에 악영향을 끼치는 미세먼지는 실외뿐만 아니라 실내에서도 인체에 영향을 미치게 된다. 따라서 우리가 생활하고 있는 실내에서 미세먼지의 농도를 측정하여 건강에 해로운 미세먼지를 제어하는 시스템이 필요하다. 기존의 미세먼지 측정 시스템의 효율성을 상승시키기 위해서 사물인터넷(IoT) 기술을 적용하였다. 특히 양방향 통신이 가능한 환경을 위하여 무료 클라우드 서버 대신에 개별 서버를 직접 구축하여 시스템에 적용하였으며 이를 학교 실습실과 가정에서 직접 활용해 보았다. 본 논문에서 제안한 시스템을 학교 및 가정에 사용할 경우, 빠르게 실내 환경을 인지할 수 있고 이는 점진적으로 개인들의 건강에 도움이 될 것으로 판단되며, 외부에서도 서버 데이터를 확인하여 현재의 실내 상황에 대한 대처가 가능할 수 있다.

ABSTRACT

Recently, the health issues triggered by fine dust matters occurred in higher frequency. Having adverse effects on health, particulate matters affect the human body indoors as well as outdoors. There is thus a need for a system to measure the concentration of particulate matters and control harmful particulate matters for human health in the indoor spaces where people live. The present study applied Internet of Things(IoT) technologies in order to increase the efficiency of the conventional fine dust measurement system. Especially, for the bidirectional communication environment, directly construct a separate server and applied to the system instead of a free cloud server also we used it directly in the school lab and home. When the proposed system is used in schools and homes, it can recognize the indoor environment quickly and it is expected that this will gradually contribute to the health of the individual. Users can also check the server data outside and deal with the current indoor situations.

키워드 : 사물인터넷, 먼지센서, 와이파이, 서버

Key word : Internet of Things(IoT), Fine Dust Sensor, Wi-Fi, Server

Received 09 November 2016, **Revised** 11 November 2016, **Accepted** 14 December 2016

* **Corresponding Author** Han-Ho Tack(E-mail:fmtack@gntech.ac.kr, Tel:+82-55-751-3332)
Department of Electronic Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Gyeongnam 52725, Korea

Open Access https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.4.829 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

최근 환경오염의 심각성이 대두되고 있는 가운데 특히, 미세먼지에 의해 건강이 나빠지는 문제가 빈번히 발생하고 있다.

미세먼지는 지름 10㎛ 이하인 먼지를 말하며 환경법령에서는 흔히 PM_{10}으로 부른다. 사람의 폐포까지 깊숙하게 침투해 각종 호흡기 질환의 직접적인 원인이 되며 특히 연소 작용에 의해 발생하므로 황산염, 질산염, 암모니아 등의 이온 성분과 금속화합물, 탄소화합물 등 유해물질로 이뤄져 있다. 이 때문에 일반먼지보다 더욱 엄격하게 규제하고 있으며, 최근 선진국에서는 지름 2.5㎛ 이하인 $PM_{2.5}$를 따로 관리하는 방안도 검토되고 있다[1].

미세먼지의 발생원인은 자연적인 원인과 인위적인 원인으로 구분되나, 인위적인 발생이 대부분이다. 인위적인 발생원은 대부분 연료 연소에 의해 발생되며, 보일러나 자동차, 발전시설 등의 배출물질이 주요 발생원이다. 그 외 공사장, 도로 등에서 비산되는 먼지도 많은 양을 차지한다. 특히, 국내외적으로 난방용 연료사용이 증가하는 겨울철에는 오염물질 배출이 증가하여 고농도 현상 발생이 증가한다. 국내 뿐 아니라 국외에서 유입된 오염물질도 우리나라 대기에 영향을 미친다. 연구결과에 의하면 대기오염물질 중 30% ~ 50% 내외가 국외에서 유입된 것이라 한다[2].

미세먼지가 건강에 미치는 영향은 미세입자들은 먼지 핵에 여러 종류의 오염물질이 엉겨 붙어 구성된 것으로 호흡기를 통하여 인체 내에 유입될 수 있다. 장기간 흡입 시, 입자가 미세할수록 코 점막을 통해 걸러지지 않고 흡입 시 폐포까지 직접 침투하기에 천식이나 폐질환의 유병률, 조기사망률 증가에 영향을 줄 수 있다. 대부분의 연구에 따르면 장기적, 지속적 노출 시 건강영향이 나타나며 단시간 흡입으로 갑자기 신체 변화가 나타나지는 않는다고 알려져 있다. 그러나 어린이·노인·호흡기 질환자 등 민감군은 일반인 보다 건강영향이 클 수 있어 더 각별한 주의가 필요하다[2].

이렇게 건강에 악영향을 끼치는 미세먼지는 실외뿐만 아니라 실내에서도 인체에 영향을 미치게 된다. 따라서 우리가 생활하고 있는 실내에서 미세먼지의 농도를 측정하여 건강에 해로운 미세먼지를 제어하는 시스템이 필요하다. 이러한 실내 공기 오염원을 측정하기 위하여 다양한 센서들이 개발되고 있으며 신속한 대응을 하기 위한 연구 및 개발이 진행되고 있다[3].

미세먼지를 제어하기 위한 효율적인 시스템을 구현하기 위하여 사물인터넷(IoT) 기술을 적용하였다. 정보통신 기술의 급속한 발전을 통해 모든 사물들이 모바일과 인터넷을 통해 연결되어 소통하는 사회, 즉 사물과 사람이 네트워크로 연결되는 초 연결사회로의 패러다임이 변화하고 있으며, 이에 따라 사물인터넷이 등장하였다[4].

이러한 패러다임 및 환경의 변화가 급속도로 진행되고 있으나 아직 많은 사람들이 IoT를 일상생활에서 쉽게 접근하기 어려운 분야로 이해하는 경향이 있어 본 논문을 통하여 쉽게 IoT를 이해하고 적용시킬 수 있는 모델을 구현하였다.

본 논문에서는 와이파이 모듈의 일종인 ESP8266과 개별 서버를 이용하여 먼지센서 데이터를 측정하고 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1. 사물인터넷(IoT)

IoT는 ‘지능화된 사물들이 연결되어 형성되는 네트워크상에서 사람과 사물(물리 또는 가상), 사물과 사물간에 상호 소통하고 상황인식 기반의 지식이 결합되어 지능적인 서비스를 제공하는 글로벌 인프라’로 정의 된다[5]. 즉, 사물로 대표되는 임베디드 시스템과 인터넷을 포함한 양방향 통신 환경, 데이터를 처리하는 능력 등이 필요한 것이다. 본 논문에서는 이들을 복합적으로 적용하여 기존의 소형 PC 등을 활용한 통신이 아닌 와이파이 모듈과 개별서버 시스템을 통한 데이터 측정 및 제어 시스템을 설계한다.

2.2. 통신 시스템의 설계

실내에서 측정할 수 있는 시스템을 고려한 경우에는 휴대용 단말기를 이용한 근거리 무선 통신으로 확인을 할 수 있는 방법이 있다[6]. 하지만 이는 블루투스의 송신 범위의 제약 및 직진 거리에서 송신을 하여야 하는 등의 여러 번거로움이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 해결하고자 개별 서버 구축을 통한 미세먼지 측정 시스템을 구현하였다.

Ⅲ. 시스템 구성 및 설계

본 논문에서는 자체 개발된 서버를 이용하여 측정된 먼지센서(PM1001) 및 온·습도센서(SHT75) 데이터를 모니터링하고 트리거 기능을 이용하여 팬을 구동한 후 스마트폰에서 확인할 수 있는 시스템을 구현하였다.

3.1. 전체 시스템

그림 1은 개발 서버 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 먼지센서(PM1001), 온·습도센서(SHT75)에서 전송되는 데이터를 메인컨트롤러(Arduion MEGA ADK)에서 처리한 후 시리얼 통신 Wi-Fi 모듈인 ESP8266으로 데이터를 전송하면 AP(공유기)를 통해 자체 개발된 서버와 접속하여 통신하게 된다. 또한 스마트폰으로 서버와 접속하여 현재 상황을 바로 확인하도록 구성하였다.

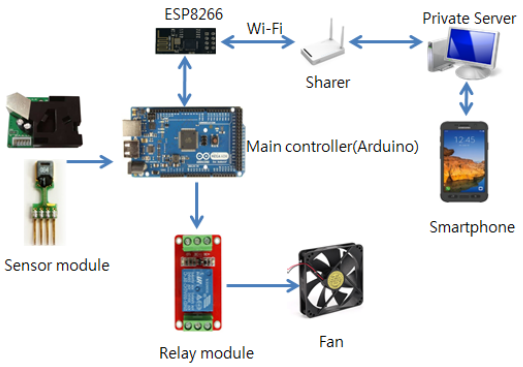

Fig. 1 Full System Configuration of Private Server

3.2. IoT 시스템 하드웨어 구성

3.2.1. 메인 컨트롤러

그림 2는 시스템 구현을 위해 사용된 메인 컨트롤러 Arduino Mega ADK이다. 아두이노는 오픈소스를 기반으로 한 피지컬 컴퓨팅 플랫폼으로, AVR을 기반으로 한 보드와 소프트웨어 개발을 위한 통합 환경을 제공한다. 아두이노는 많은 스위치나 센서로 부터 값을 받아들여, LED나 모터와 같은 것들을 통제함으로써 환경과 상호 작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다. 아두이노의 가장 큰 장점은 마이크로컨트롤러를 쉽게 동작 시킬 수 있다는 것이다. 일반적으로 AVR 프로그래밍이 WinAVR로 컴파일하여, ISP장치를 통해 업로드를 해야 하는 등 번거로운 과정을 거쳐야하는데 비해, 아두이노는 USB를 통해 컴파일 및 업로드를 쉽게 할 수 있다. 또한 아두이노는 다른 모듈에 비해 비교적 저렴하고, 윈도를 비롯해 맥 OS X, 리눅스와 같은 여러 OS를 모두 지원한다[7].

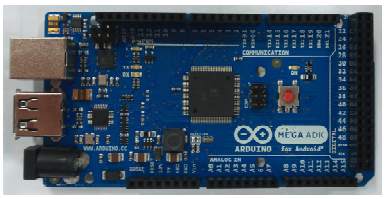

Fig. 2 Main Controller(Arduino Mega ADK)

3.2.2. Wi-Fi 모듈

그림 3은 메인 컨트롤러와 서버와 통신을 위하여 사용된 시리얼 Wi-Fi 통신이 가능한 ESP8266이다. ESP8266은 Wi-Fi 기능을 포함한 마이크로컨트롤러로 단독으로도 이용할 수 있고, 아두이노와 시리얼 통신으로 연결하여 사용할 수 있다. ESP8266 Wi-Fi 모듈은 Wi-Fi Soft AP 동작, Wi-Fi direct 연결, TCP/UDP 데이터 전송을 지원한다[8].

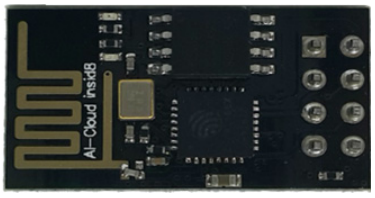

Fig. 3 Wi-Fi Module(ESP8266)

3.2.3. 먼지센서(PM1001) 모듈

그림 4는 미세먼지 측정을 위해 사용된 먼지센서(PM1001)이다. 먼지센서(PM1001)는 지름 1.0㎛ 이상의 먼지를 측정할 수 있는 센서로 동작원리는 그림5와 같다.

Fig. 4 Fine Dust Sensor Module(PM1001)

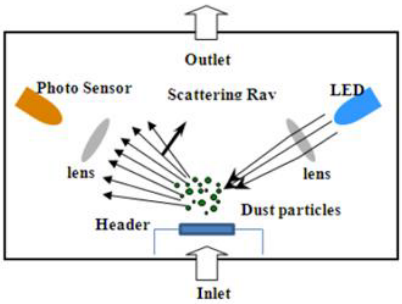

Fig. 5 Principle

3.3. IoT 시스템 소프트웨어 구성

사물인터넷기반 미세먼지 측정 시스템을 구현하기 위한 소프트웨어는 크게 2부분으로 나누어진다.

1) 센서 측정 시스템 제어 프로그램
2) 측정 데이터 분석 처리 프로그램

3.3.1. 메인컨트롤러 소프트웨어

메인컨트롤러에서는 아두이노를 사용하였다. 구현된 프로그램의 알고리즘은 그림 6과 같다.

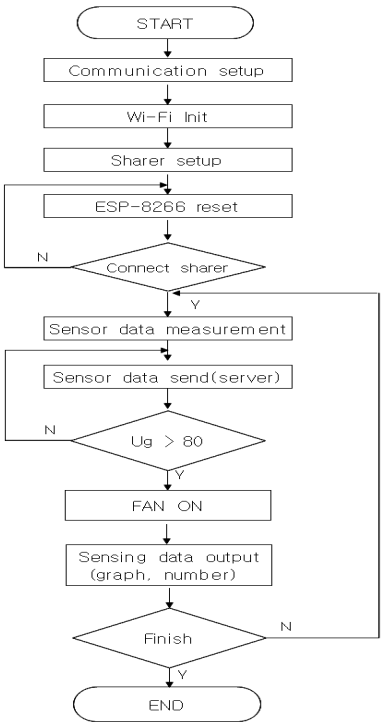

Fig. 6 Algorithm for Main Controller Program

메인컨트롤러 프로그램은 맨 먼저 AP, Server와 통신하기 위한 통신 속도를 설정한다. 통신 속도는 9600이다. 다음은 Wi-Fi 통신을 위한 초기 설정, 즉 설정된 AP의 SSID_name, SSID_password을 AP로 보내 'OK'를 받아 AP와 연결하면 센서 데이터를 측정하여 서버로 전송하고, 그렇지 않으면 ESP8266을 다시 리셋한다. 본 논문에 사용된 먼지센서는 초기 안정화가 필요하기 때문에 안정화를 위한 1분 정도의 시간이 필요하며, 센서가 안정화되면 서버로 데이터를 전송한다. 서버로 전송된 센서 데이터를 가지고 설정된 값 이상이 되면 팬을 구동한다.

그림 7은 서버에 센서 데이터를 업로드 하는 함수의 일부분을 나타낸다.

```
Serial1.println("AT+CIPSTART=₩"TCP₩",₩"iot.nyang.
pe.kr₩",80");
  delay(500);
  TxData = "";
  TxData = "POST /api.php/6/26/104/";
  TxData += ug;
  TxData += " HTTP/1.1₩r₩n";
  TxData += "Host: iot.nyang.pe.kr₩r₩n";
  TxData += "Content-Length:0₩r₩n";
  TxData += "Content-Type: text/plain₩r₩n";
  TxData += "Connection: close₩r₩n₩r₩n";
  send_buf = "AT+CIPSEND=";
  send_buf += TxData.length();
  Serial1.println(send_buf);
  Serial.print(ug);
  Serial.println("ug/m3");
  Serial.println(TxData);
  Serial1.println(TxData);
  delay(500);
```

Fig. 7 Server upload Function

3.3.2. 서버 소프트웨어

본 논문에서 활용되는 서버는 리눅스 우분트 서버 14.04 LTS로 MySQL 데이터베이스에서 PHP 웹언어를 통해 실 사용자 표출화면에 데이터를 표시하도록 제작하였다. 해당서버는 동시간대 최대 2천여명까지 접속할 수 있으며, 동 시간대가 아닐 경우에는 인원 제한 없이 접속 가능하도록 제작하였다. 그림8은 IoT서버의 전체 구성을 나타낸다.

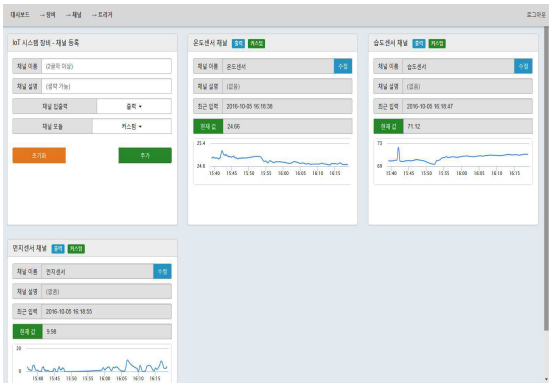

Fig. 8 IoT Server

Ⅳ. 시스템 구현 및 측정

본문에서 제안, 구현한 미세먼지 측정시스템은 그림 9와 같다.

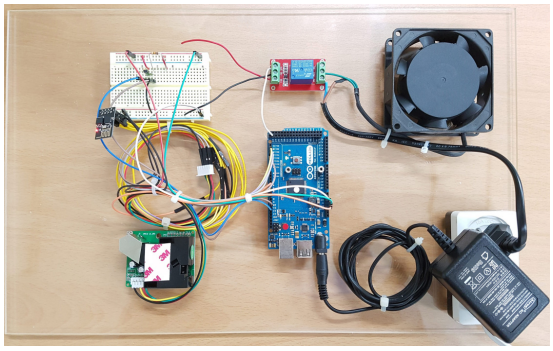

Fig. 9 Sensor Measurement System

온·습도 센서에서 측정된 데이터는 아두이노 포트로 전송되며, 먼지센서에서 측정된 데이터는 시리얼 통신을 사용하여 아두이노로 전송된다.

아두이노에서는 측정된 데이터를 시리얼 통신을 이용하여 와이파이 모듈(ESP-8266)로 전송하고, 이후 AP와 접속하여 서버에 데이터를 전송한다.

구현된 시스템을 이용한 측정은 학교 실습실 및 개인 가정에서 각각 진행하였다.

그림 10은 실제 학교 실습실과 가정에 설치된 모습이다.

Fig. 10 Test of the Sensor Measurement System

측정된 센서 데이터(온·습도, 미세먼지)를 실시간으로 서버로 전송하고, 서버에서는 입력된 데이터를 그래프로 나타내었다. 그림 11은 먼지센서를 통해 측정된 데이터를 서버에서 그래프와 숫자로 출력한 화면이다.

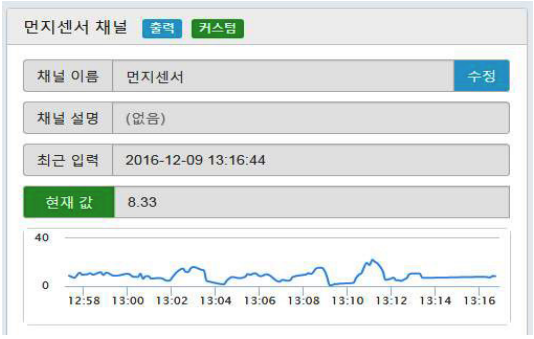

Fig. 11 IoT Server Sensor Data

그래프에는 시간대별 먼지량이 표시되고 있으며 로그값 확인을 통해 이전에 입력된 데이터를 확인할 수 있다. 본 시스템의 성능 검증을 위하여 그림 12와 같이 학교 실습실의 환기시스템을 구축하였다.

Fig. 12 FAN Control System

그림 13은 시간이 지남에 따라 미세먼지의 농도 변화를 나타내고 있으며, 미세먼지 농도가 80㎍/㎥ 이상이 되면 FAN을 구동하여 미세먼지가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

환경부 발표에 따르면 미세먼지 농도가 81㎍/㎥ 이상일 경우부터 '미세먼지 나쁨 구간'의 시작으로 분류하고 있으며 그 이하일 경우는 보통 또는 좋음으로 표시하고 있다[2].

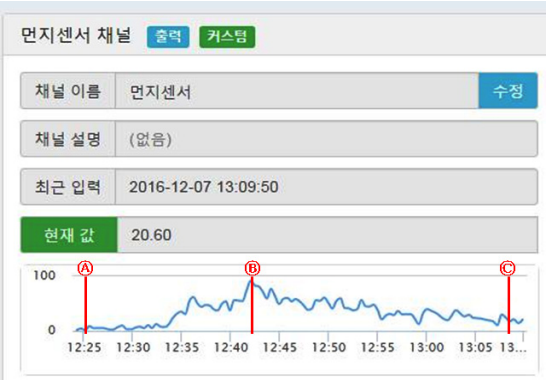

Fig. 13 Fine Dust variation graph(FAN ON)

표 1에는 시간에 따른 미세먼지 농도 변화량을 표시하였다. 미세먼지의 농도가 81㎍/㎥ 에 도달한 이후 시점부터 팬이 동작하여 측정을 종료한 시점에서는 미세먼지 농도가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

Table. 1 Fine dust concentration measurement of class room

Division	Fine dust concentration measurement(㎍/㎥)		
	ⓐ Start (12: 25)	ⓑ Max. (12: 42)	ⓒ Finish (13: 9)
Class room	7.50	91.60	20.60

표 2에서는 무료 클라우드 서버를 이용하여 미세먼지를 측정하는 시스템과 현재 구현된 시스템의 특징을 상호 비교하였다. 무료 클라우드 서버를 이용한 시스템은 무료 서버를 통해 데이터를 전송하므로 서버 유지비용이 발생하지 않고 어디에서나 데이터를 전송할 수 있는 장점이 있으나 데이터의 전송이 평균 15초에서 40초 정도 늦어지는 단점이 있는 반면에 자체 개발한 서버를 포함한 본 구현에서는 언제, 어디서나 데이터를 실시간으로 확인할 수 있는 장점이 있다.

Table. 2 Compare with using free cloud server system & currently implemented system

	Using free cloud server system	Currently implemented system
Transmission Speed	Average 15 seconds to 40 seconds delay	No data delay (Real time)
Server Management	Free server, Server unmanageable	Easy to manage and change with own server
Advantage	No server maintenance costs	Server self management, Easy to managing the functions
Disadvantage	Decide whether to use server according to server company's situation	Server maintenance costs incurred

Ⅴ. 결 론

IoT관련 산업은 현재 다양한 이슈를 만들어내고 지속적으로 성장하고 있으며 기술력도 점차 고도화되어 보다 빠르고 정확한 IoT시스템 구축이 가능해졌다.

본 논문에서는 미세먼지의 영향을 최소화하기 위하여 사물인터넷을 기반으로 먼지센서를 사용하여 데이터를 측정하고 먼지량을 줄일 수 있는 시스템을 설계, 구현하였다. 와이파이 통신을 이용하여 개발된 서버와 접속하고 측정된 먼지량을 서버에 업로드 하도록 구성하였으며, 먼지량이 일정 이상(80㎍/㎥)이 되면 팬을 구동하여 먼지량을 줄일 수 있도록 설계하였다.

제안된 시스템 상에서는 먼지센서에서 측정된 데이터가 정상적으로 서버를 통해 사용자의 PC 및 스마트폰으로 전송되는 것을 확인하였다. 데이터 측정 및 통신을 위한 과정도 PC에서 쉽게 조작이 가능하도록 제반 사항들을 모두 설계하여 간단한 클릭만으로도 센서 선정부터 결과 측정까지 일련의 과정이 가능하도록 구현하였다. 특히 무료 서버 또는 소형PC 등을 이용하여 먼지량을 측정하던 기존 연구들의 경우, 결과값을 확인하는데 보통 15초에서 40초 정도의 지연 시간을 보이는 것[9, 10]에 반해 본 시스템은 데이터 측정과 결과값이 실시간으로 출력된다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 시스템을 학교 및 가정에 사용할 경우, 빠르게 실내 환경을 인지할 수 있고 이는 점진적으로 개인들의 건강에 도움이 될 것으로 판단되며 외부에서도 서버 데이터를 확인하여 현재의 실내 상황에 대한 대처가 가능할 수 있다.

본 연구를 통해 사물인터넷 환경에서 외부 신호를 받을 수 있는 기본적인 시스템을 이해 할 수 있고 이는 향후 먼지센서 뿐만 아니라 가정용, 산업용, 농업용 등의 다양한 시스템과 접목을 통해 보다 편리하고 윤택한 환경구축에 이바지 할 수 있다. 또한 각 조직의 관리시스템과 더불어 교육 현장에서의 활용도 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] Korea Environment Corporation(KECO). Dictionary of the airkorea [Internet]. Available: http://www.airkorea.or.kr/dictionary_3.

[2] Korea Environment Corporation(KECO). The Airkorea Brochure of the Fine Dust [Internet]. Available: https://www.airkorea.or.kr/web/bbs/airpds/15830/?sch_key=0&sch_value=.

[3] 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, Jun. 2008.

[4] H. B. Cho and M. H. Kim, “IoT technology and Status of development Domestic and Oversea Service,” *National IT Industry Promotion Agency*, pp. 20-23, Nov. 2013.

[5] B.C. Kim, “A Internet of Things(IoT) based exploration robot design for remote control and monitoring,” *Journal of Digital Convergence*, vol. 13, no. 1. pp. 185-190, Jan. 2015

[6] S. H. Ye and S. H. Han, “Indoor Environment Monitoring System Using Short-range Wireless Communication in Mobile Devices,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.17, no.9, pp. 2167-2173, Sep. 2013.

[7] S. E. Park, C.G. Hwang, D. C. Park, “Internet of Things(IoT) ON system implementation with minimal Arduino based appliances standby power using a smartphone alarm in the environment,” *The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, pp. 1175-1182, Oct. 2015.

[8] IDK Company, ESP8266 Technical reference manual [Internet]. Available: http://idktech.co.kr/index.php/ko/download?pageid=2&uid=10&mod=document.

[9] E. T. Kim, Y. C. Kim and S. Y. Kwak, “Iot based Indoor Air Quality Monitoring System,” *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 16, no. 2. pp. 143-150, Feb. 2016.

[10] C. S. Oh, M. S. Seo, J. H. Lee, S. H. Kim, Y. D. Kim and H. J. Park, “Indoor Air Quality Monitoring Systems in the IoT Environment,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences* '15-05, vol.40 no.05. pp.886-891, May 2015.

노진호(Jin-Ho Noh)

한국기술교육대학교 전자공학과 공학사
안동대학교 대학원 정보통신공학과 공학석사
경남과학기술대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료
한국폴리텍대학 달성캠퍼스 부교수
※관심분야 : IoT, 로봇제어, 센서네트워크

탁한호(Han-Ho Tack)

부경대학교 전자공학과 공학사
동아대학교 전자공학과 공학석사
한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
신일전기〈주〉전기기기설계담당
〈주〉흥창 부설연구소(연구원)
University of British Columbia(UBC), Vancouver, CANADA, 연구교수
경남과학기술대학교 융합기술공과대학 전자공학과 교수
※관심분야 : 멀티미디어시스템, 신경회로망, 퍼지시스템, 로봇틱스, 공장자동화, 트랜스포테이션, 기계진동 및 동역학