

사물인터넷 기반 실내 환경 모니터링 분석 시스템 구현

남재현*

Implement of Analysis system with Indoor Environment Monitoring Based on IoT

Jae-hyun Nam*

*Professor, Department of Computer Education, Silla University, Busan, 46958 Korea

요 약

4차 산업혁명시대에 사물 인터넷, 빅데이터 등 첨단 기술들이 출현하고 있다. 하지만 이를 이용하여 사물 인터넷을 실내 환경 분야에 적용하여 응용하는 수준은 아주 미약하다. 따라서 사물 인터넷을 활용한 실시간 모니터링으로 대기오염물질 또는 실내 공기질을 분석하는 시스템 개발이 필요하다. 본 논문은 아두이노와 각종 센서를 이용하여 실내 환경 수치를 측정하고, 각종 센서로부터 얻은 정보를 서버의 데이터베이스로 저장하는 시스템을 구현한다. 서버에 저장된 정보는 데이터베이스로 구축하여 가정 또는 회사의 실내에 설치된 환기장치나 공기청정기에서 활용하도록 하였다. 제안된 시스템에서는 사물인터넷 기술을 구현하기 위해 사용되는 센서의 비용을 줄이면서 모니터링센서 모듈의 LED 상태표시를 통해 즉각적인 실내 환경 상태를 파악할 수 있다.

ABSTRACT

In the era of the fourth industrial revolution, advanced technologies such as the Internet of Things(IoT) and big data are emerging. However, the level of application of IoT to indoor environment is very weak. Therefore, it is necessary to develop a system for analyzing air pollutants or indoor air quality through real-time monitoring using the IoT. This paper implements a system that measures indoor environmental values using Arduino and various sensors, and stores the information obtained from various sensors into a database of server. The information stored in the server was built as a database and utilized in the ventilation system or air cleaner installed in the home or company's room. In the proposed system, it is possible to check the immediate indoor environmental condition through the LED status display of the monitoring sensor module while reducing the cost of the sensor used to implement IoT technology.

키워드 : 사물인터넷, 아두이노 우노, 실내 오염도, 미세먼지, 이산화탄소

Keywords : Internet of Things(IoT), Arduino Uno, Indoor pollution degree, fine dust, CO₂

Received 30 September 2019, Revised 2 October 2019, Accepted 18 October 2019

*Corresponding Author Jae-Hyun Nam(E-mail:jhnam@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5627)

Professor, Department of Computer Education, Silla University, Busan, 46958 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1687>

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

중국발 미세먼지로 인해 실내 미세먼지에 대한 관심이 높아짐에 따라 국민들은 쾌적한 실내 환경을 유지하려고 실내 환경개선에 대한 많은 관심을 가지고 있다. 삶의 질 향상 및 건강을 유지하는데 쾌적한 실내 환경은 기본적인 요건이다. 하지만, 대다수의 국민들은 실외보다 더 오염되어 있는 실내에서 각종 유해물질을 흡입하며 하루의 대부분을 거주하고 있다. 일반 주택의 경우 실내 공기를 환기시키기 위해 별도의 시스템을 갖추는 것보다 자연환기를 주로 하고 있다. 따라서 가정에서 자연환기를 하지 않을 경우 이산화탄소, 라돈, 악취 등 실내 오염 물질 축적으로 인해 실내 공기질은 매우 악화된다. 미세먼지는 입자가 매우 작기 때문에 사람들이 직접 보거나 느끼기 힘들어 실제 생활공간의 미세먼지 오염도를 파악하기는 어렵다.

4차 산업혁명시대에 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 첨단 기술들이 출현하고 있다. 이를 이용하여 건물과의 접목을 통한 초연결(Hyper-connected)과 초자동화(Hyper-automation) 혁신이 필요하지만 IoT를 실내 환경 분야에 적용하여 응용하는 수준은 아주 미약하다. 따라서 사물인터넷(IoT)를 활용한 실시간 모니터링으로 대기오염물질 또는 실내 공기질을 분석하는 시스템 개발이 필요하다.

아두이노(Arduino)는 오픈 소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로컨트롤러로 완성된 보드와 관련 개발 도구 및 환경을 말한다. 처음에 AVR을 기반으로 만들어졌으며, ARM 계열의 Cortex-M0(Arduino M0 Pro)과 Cortex-M3(Arduino Due)를 이용한 제품도 존재한다. 아두이노는 다수의 스위치나 센서로부터 값을 받아들이며, LED나 모터와 같은 외부 전자 장치들을 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다 [1]. 임베디드 시스템 중의 하나로 쉽게 개발할 수 있는 환경을 이용하여, 장치를 제어할 수 있다.

본 논문은 아두이노 우노와 각종 센서를 이용하여 실내 환경 수치를 측정하는 시스템을 개발하고, 각종 센서로부터 얻은 정보를 서버의 데이터베이스로 구축하여 실내 인원수와 센서로부터 얻은 정보와의 상관관계를 분석한다. 실내 인원수 측정을 위해 초음파센서를 이용한 실내 출입인원 확인 시스템도 구현하였다. 본 논문에서는 센서 노드의 개발이 목표이지만 그중에서도 수집한 데이터를 사용자에게 제공해주는 통신 수단의 개발

이 우선시되었다. 센서의 선정에 있어 정밀도보다 실제 동작 자체를 우선시하여 안정된 통신 수단을 개발하는 것을 목표로 구현하였다.

제 2장에서는 실내 환경 관련에 대해 살펴보았고, 제 3장, 4장에서는 시스템 설계와 성능평가에 대해 설명하였다. 마지막으로 제5장에 결론을 서술하였다.

II. 관련연구

정부에서는 환경부 등 관계부처합동으로 ‘다중이용 시설 등의 실내 공기질 관리법’을 시행하였고 이 시행규칙에 따라 실내 공간 오염물질 10가지를 <표 1>과 같이 유지기준 5가지와 권고기준 5가지로 관련부처의 근거법으로 관리하고 있다[2].

Table. 1 Indoor Space Pollutants

Maintaining Factor	PM:Particulate Matters 10 CO ₂ :Carbon Dioxide HCHO:Formaldehyde TAB:Total Airborne Bacteria CO:Carbon Monoxide
Recommended criteria factor	NO ₂ :Nitrogen dioxide Rn:Radon VOC:Volatile Organic Compound Asbestos O ₃ :Ozone

실내 환경 개선 시스템은 지하철, 학교, 사무실, 주택 등 사용자가 활동하는 장소에서 일상생활을 할 때 쾌적한 실내 환경을 유지하기 위해 사용된다. 이러한 실내 환경을 개선하기 위해 실내 환경을 측정하는 논문들이 다수 발표되었다.

[3]은 다수의 미세먼지농도 센서와 제어기기를 활용하여 실내 공간 별 미세농도 값을 시각화하여 비교할 수 있는 기법을 제안했다. [4]는 센서 모듈의 가격을 낮추고 일반인들이 직접 모니터링하여 실내의 오염도 비교가 가능한 센서 모듈을 개발하였다. [5]에서는 IoT 기반 실내 공기질 모니터링 시스템을 통해 실내 공기질을 측정하고 데이터를 분석하여 환기 개선에 필요한 액츄에이터 신호를 생성하였다. [6]에서는 실내 화재감지용 시스템을 사물인터넷으로 구현하였고, [7]에서는 사물인터넷 기반으로 주거 환경에서 실시간으로 실내의 공기질을 측정할 수 있는 시스템을 제안하였는데 주거 환경

에 설치하기 어려운 베타선 흡수 방식의 한계를 극복하기 위하여, 광산란 방식의 소형 센서를 사용하여 공기의 질을 측정하였다.

III. 시스템 구현

본 논문에서 사용된 아두이노 우노는 저렴하고 사용자가 보다 쉽게 접근할 수 있고 센서 기반의 IoT 제작에 최적화되어있기 때문에 실내 오염도 측정에서 확장성이 용이하여 사용하였다. 주변 환경 정보를 얻기 위해 사용된 측정 센서는 미세먼지 센서, 감마선 센서, CO₂ 센서를 이용하였고 이를 통해 얻은 정보를 이용하여 실내 오염도 수치를 측정하였다.

본 논문에서 사용된 아두이노 우노는 저렴하고 사용자가 보다 쉽게 접근할 수 있고 센서 기반의 IoT 제작에 최적화되어있기 때문에 실내 오염도 측정에서 확장성이 용이하여 사용하였다. 주변 환경 정보를 얻기 위해 사용된 측정 센서는 온습도센서, 미세먼지 센서, 감마선 센서, CO₂ 센서를 이용하였고 이를 통해 얻은 정보를 이용하여 실내 오염도 수치를 측정하였다.

미세 먼지 센서는 외부의 공기가 유입될 수 있는 구멍이 있다. 이 구멍으로 유입된 공기에 LED 빛을 쏘고, 미세먼지에 의해 산란된 빛의 양을 광다이오드나 광트랜지스터에서 산란된 빛을 받아 먼지의 양을 전압의 크기로 나타낸다.

Table. 2 Condition on human body to indoor CO₂ concentration

Concentration (ppm)	Condition to concentration
400	Outdoor concentration
~700	Health-free concentration
~1000	Concentrations that do not cause health problems but may cause discomfort
~2000	Concentrations that affect the body due to increased respiratory volume, respiratory rate
~3000	Concentrations that cause symptoms such as discomfort, conduction, and fatigue
3000~	Concentrations that adversely affect health after prolonged exposure

실내와 같이 밀폐된 공간에서 공기질을 측정하는 방법은 이산화탄소(CO₂)의 농도를 측정하는 것이다. <표 2>는 실내 농도에 따라 인체에 미치는 상태를 나타낸 값이다[2].

감마선 센서는 실내 방사능을 측정하기 위해 사용되었다. 실내 라돈 대부분은 토양이나 지반 암석에서 발생해 건물바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 들어오고 건축자재, 지하수, 매트리스나 온수매트 등으로도 유입된다. 공기 중 라돈 농도는 Bq/m²나 pCi/L로 표시되며, 국내 다중이용시설 안전 기준치는 4pCi/L(148Bq/m²)이다.

실내 미세먼지, CO₂, 방사능 데이터 측정부터 이들 정보를 분석하는 과정은 두 단계로 구성되어 있다. 먼저 센서 제어, 측정 신호의 수집, 와이파이를 통해 수집한 정보의 전달하는 데이터 수집처리 단계가 있으며 이는 아두이노 환경에서 수행된다. 센서를 통해 수집된 정보는 미세먼지 농도값, 방사능 측정값, CO₂ 측정값 등이 있다. 그리고 수집된 데이터를 저장하고 분석하는 데이터 분석 단계가 있다. 분석된 자료는 Web 서비스를 통해 제공된다.

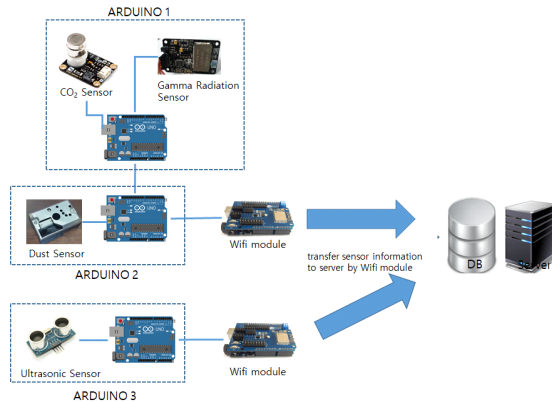


Fig. 1 The Structure of Analysis Platform

<그림 1>은 다양한 신호생성기에서 생성한 신호가 필요한 분석가들에게 전달해서 분석을 도와주는 오염도 분석 플랫폼 그림이다. 신호 수신기(signal receiver)를 이용하여 다양한 센서들의 값을 실시간 분석하고 저장하고, Web 서버에서 동작하는 서버릿을 구성하여 다양한 클라이언트를 수용할 수 있는 시스템 독립적인 컴포넌트들을 구성하였다.

```
void sendToSocket(String str){
    s = str.indexOf("t"); e = str.indexOf("/");
    String temp = str.substring(s+2,e);
    s = str.indexOf("h"); e = str.indexOf("/",e+1);
    String humi = str.substring(s+2,e);
    s = str.indexOf("c"); e = str.indexOf("/",e+1);
    String co2 = str.substring(s+2,e);
    s = str.indexOf("g"); e = str.indexOf("/",e+1);
    String gamma = str.substring(s+2,e);
    String sendMessage = "v:temp=" + temp
        + "/humi=" + humi + "/co2=" + co2
        + "/gamma=" + gamma
        + "/dust=" + String(dust);
    wifiSerial.println(sendMessage); }
```

Fig. 2 Sensor Module Value Integration Code

```
private void parsingString(String str){
    for(int i=0;i<list.length;i++){
        if(list[i].contains("=")){
            int equal = list[i].indexOf("=");
            String key = list[i].substring(0,equal);
            String value = list[i].substring
                (equal+1,list[i].length());
            if(value.equals("")) continue;
            values.put(key,value); }
    }
}
private void makeSOAPMessage(){
    body += " <env:Header/>\n<env:Body/>\n
        <ns0:insertValues>";
    Iterator iterator = values.keySet().iterator();
    while(iterator.hasNext()){
        String key = (String)iterator.next();
        data += "<"+key+">"+values.get(key)
            +"</"+key+">"; }
    body += "\n<arg0>"+data+"</arg0>\n
        </ns0:insertValues>\n</env:Body/>\n
        </env:Envelope/>\n\n";
    this.messageBody = body; }
```

Fig. 3 XML Convert Code

<그림 1>에서 사용된 아두이노 보드는 총 3개를 사용한다. 2개의 보드는 UNO 보드에서 지원하는 전압이 너무 약해서 하나의 보드에 모든 센서들을 연결할 수 없기 때문에 서로 연결하여 사용하였고, 나머지 하나의 보드는 실내에 출입하는 사람들을 감지하기 위해 사용하였다. 감마선 센서에서는 1분 동안 수집한 값들의 평균을 구하여 전송하는데 이때 다른 센서 값도 함께 ARDUINO 2에 전송한다. ARDUINO 2는 <그림 2>와 같이 1분마다 ARDUINO 1에서 전송된 값과 먼지센서로부터 수집

```
<Message format sent from Arduino2 to XML Convert>
v:temp=20.0/humi=36.4/co2=400.0/gamma=15.5/dust=30.8

<String format sent from XML Convert to Web Service>

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<env:Envelope
xmlns:env="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:enc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
xmlns:ns0="http://pollution.projectce.silla.ac.kr"
env:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<env:Header/>
<env:Body>
<ns0:insertValues>
<arg0><temp>20.0</temp><co2>400.0</co2><humi>36.4</humi><people>1</people><dust>30.8</dust><gamma>15.5</gamma></arg0>
</ns0:insertValues>
</env:Body>
</env:Envelope>
```

Fig. 4 Message Format from ARDUINO 2 to Web Service

한 정보를 함께 WiFi 모듈을 통해 전송한다. 이때 사용된 전송계층의 프로토콜은 TCP이다.

ARDUINO 3는 초음파 센서에 감지된 순서에 따라서 사람들이 출입하는 상태를 파악하여 WiFi 모듈을 통해 XML 변환기로 전송한다.

XML 변환기는 아두이노에서 값들을 받아서 Web Service를 호출한다. 이때 <그림 3>의 변환코드 모듈을 통해 아두이노 값을 XML 문자열로 변환하여 전달한다. Web Service를 호출하기 위해서는 XML 형태로 문자열을 생성한 후 HTTP 헤더를 추가해서 전송해야 한다. 본 논문에서 XML 변환기를 사용하는 이유는 아두이노 보드에서 바로 호출하기에는 메모리상의 문제로 문자열이 생성되지 않기 때문에 중간단계로 변환기를 사용하였다. 변환되기 전과 변환된 자료의 형태는 <그림 4>와 같다. ARDUINO 3은 초음파 센서에 감지된 순서에 따라서 사람들이 출입하는 상태를 파악하여 WiFi 모듈을 통해 XML 변환기로 전송한다.

IV. 시스템 성능평가

<그림 5>는 각종 센서 모듈을 아두이노 보드에 연결한 화면이다.

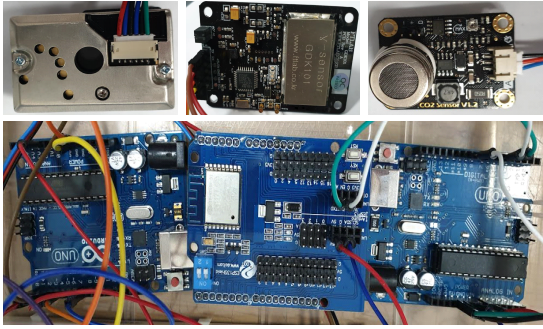


Fig. 5 Devices for Analysis system with Indoor Environment Monitoring

<그림 5>에서 보는 바와 같이 아두이노 우노 보드 2개, 와이파이 모듈, 미세먼지 센서 모듈, 감마선 센서 모듈, CO₂ 센서 모듈, 온습도 센서 모듈 각각 1개씩 연결되어 있다. 또한 실내에 출입하는 사람들을 파악하기 위해 초음파 센서를 다른 아두이노 보드에 연결하였다.

<그림 6>과 <그림 7>은 구현한 시스템으로 9시간동안 미세먼지와 CO₂ 농도를 측정한 값이다. <그림 8>은 실내에 출입하는 사람의 수에 따라 실내 환경의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 실내에 출입하는 사람이 많을수록 실내 환경의 변화가 크게 나타난다.

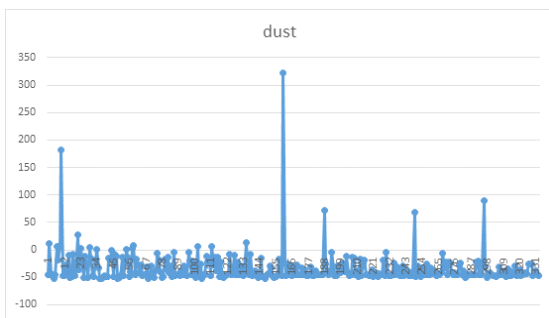


Fig. 6 Measurement Value from Dust Sensor

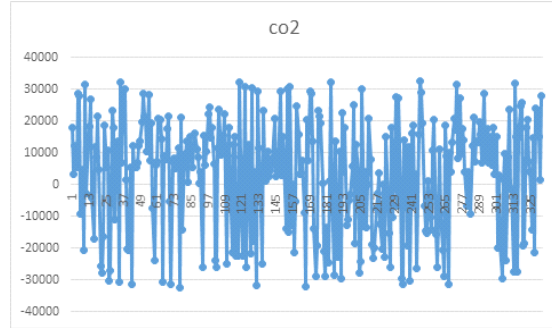


Fig. 7 Measurement Value from CO₂ Sensor

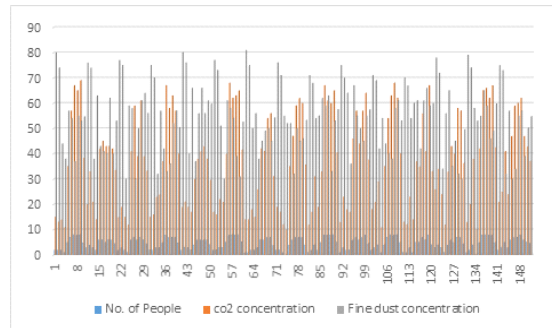


Fig. 8 Changes in the indoor environment for the number of people

이러한 데이터를 DB로 저장하여 가정 또는 회사의 실내에 설치된 환기장치나 공기청정기에서 활용하도록 한다. 또한 모니터링센서 모듈의 외부 LED 상태표시를 통해 실내 환경을 바로 확인할 수 있도록 하여 심각한 상태의 실내 환경일 경우 경고음을 통해 경각심을 유발할 수 있도록 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 아두이노 우노와 각종 센서를 이용하여 실내 환경 수치를 측정하는 시스템을 개발하였다. 또한 실내에 출입하는 사람과 실내 오염도의 상관 관계를 나타내었다. 각종 센서로부터 얻은 정보를 서버의 데이터베이스로 구축하여 가정 또는 회사의 실내에 설치된 환기장치나 공기청정기에서 활용하도록 하였다. 또한 모니터링센서 모듈의 외부 LED 상태표시를 통해 실내 환경을 바로 확인할 수 있도록 하여 심각한 상태의 실내

환경일 경우 경고음을 통해 경각심을 유발할 수 있도록 할 수 있다.

본 연구를 보다 발전하여 실외의 미세먼지 정보를 웹에서 파싱하여 기존 실내에서 수집되는 환경정보와 비교 분석하여 미세먼지에 대한 분석을 지능으로 이루어질 수 있도록 해야 한다. 또한 정보를 저장하는 서버를 클라우드 서버를 이용할 경우 비용을 축소할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] S. B. Ma, "Open Platform Aduino : Utilising the controller for lighting control in the Aduino", in *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 28(6), pp. 40-47. 2014.
- [2] J. Y. Kim, "Design and Implementation of Automatic Control System with Indoor Environment Monitoring Based on Internet of Things," MA dissertation, Daegu University, Daegu, 2006.
- [3] S. Lee and J.K. Lee, "Visualization of the Comparison between Airborne Dust Concentration Data of Indoor Rooms on a Building Model", *Journal of the Korean Housing Association*, vol. 26, no. 4, pp. 55-62, Aug. 2015.
- [4] T.W. Kim, Y.K. Yang, M.Y. Kim, J.W. Moon, and J.C. Park, "Development of 'Internet of Things' Based Indoor Environment Measurement Sensor Module", *Journal of Korean Society Living Environment System*, vol. 26, no. 1, pp. 92-100, Feb. 2019.
- [5] J. W. Park, D. S. Kim, N. K. Joo, "Indoor Environment Monitoring and Controlling System design and implementation based on Internet of Things", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 2, pp. 367-374, Feb. 2016.
- [6] M. N. Ismail, "Early Fire Detection: Development of Temperature Sensor Device in Smart Home Monitoring Systems Using Mobile Phone", *International Journal of Academic Research*, vol. 4, no. 5, pp. 41- 49, Apr. 2012.
- [7] C. Cho, Y. Jeon, K. Kwon, J. Seo, H. Park, S. Oh, and I. J. Chung, "IoT-based Real-time Air Quality Measurement System in Residential Environments", in *Korea Intelligent Information System Society*, vol.201, no.8, pp. 133-133, 2017.



남재현(Jaehyun Nam)

1989 부산대학교 컴퓨터공학과(학사)

1992 부산대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

2002 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1993 ~ 2002 동주대학교 조교수

2002 ~ 현재 신라대학교 컴퓨터교육과 교수

※관심분야 : 무선센서네트워크, VANET, 소프트웨어교육