

사물인터넷 기반 실내환경 측정 센서 모듈 개발

Development of Internet of Things Based Indoor Environment Measurement Sensor Module

저자 (Authors)	김태원, 양영권, 김민영, 문진우, 박진철 Tae Won Kim, Young Kwon Yang, Min Young Kim, Jin Woo Moon, Jin Chul Park
출처 (Source)	한국생활환경학회지 26(1) , 2019.2, 92-100(9 pages) Journal of The Korean Society of Living Environmental System 26(1) , 2019.2, 92-100(9 pages)
발행처 (Publisher)	한국생활환경학회 The Korean Society of Living Environmental System
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07625135
APA Style	김태원, 양영권, 김민영, 문진우, 박진철 (2019). 사물인터넷 기반 실내환경 측정 센서 모듈 개발. 한국생활환경학회지, 26(1), 92-100
이용정보 (Accessed)	중앙대학교 165.194.9.*** 2019/06/11 11:44 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

사물인터넷 기반 실내환경 측정 센서 모듈 개발

김태원¹ · 양영권¹ · 김민영¹ · 문진우² · 박진철²

¹중앙대학교 건축공학과, ²중앙대학교 건축학부

Development of 'Internet of Things' Based Indoor Environment Measurement Sensor Module

Tae Won Kim¹, Young Kwon Yang¹, Min Young Kim¹, Jin Woo Moon² and Jin Chul Park²

¹School of Architecture and Building Engineering, Chung-Ang University, Seoul, Korea

²School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea

Abstract : The purpose of the study is to develop an IoT sensor module for environmental measurement that can compare indoor and outdoor contamination. Low-cost and high-performance indoor environmental devices have been developed for easy access by researchers. The results as follows: The products used the Aduino Uno R3 with outstanding scalability and affordability. Performance verification shows the same trend of Fine dust concentration, Temperature and humidity error rate were 4.08% and 4.96% respectively, Air flow error rate is 4.58%. Therefore, the sensor modules developed in this study can be applied indoor the building for environmental measurement and are easily accessible to other researchers.

Key words : Indoor environment, Sensor module, Internet of things, Single board computer

1. 서 론

4차 산업혁명과 인터넷(Internet) 발달은 사물들을 연결시키는 사물인터넷(IoT ; Internet of Things)에 대한 연구의 증가로 나타나고 있다. 특히 에너지, 의료, 교통, 서비스 분야 등 다양한 산업에서 IoT를 융합하여 이용하고자하는 새로운 연구들이 활발하게 진행되고 있는데, IoT 산업 실태조사에 따르면 스마트 홈(Smart Home), 에너지, 건설 및 시설물 관리·안전·환경 분야 등 건설과 관련된 분야에서 약 33%를 차지하며(Yoon, 2017) 2012년부터 2017년까지 연평균 8.8% 성장하는 등 시장규모는 점차 확대될 것으로 보고 있다(Jeong, Lee, & Jung, 2016). 하지만, 건축분야에서 IoT 기술은 스마트홈, 시설물 관리 등 일부 분야에 한정되고 있어 재실자가 하루 중 90%이상을 거주하는

실내환경에 대한 적용은 매우 미흡한 실정이다(Park, Choi, Yang, Kim, & Moon, 2017). 이러한 요소들은 현실적 요인들에 의해 더욱 문제점이 부각되어지고 있다. 최근 건물들은 기밀화에 따라 환기량이 감소하고 각종 건축자재 및 생활용품의 사용증가로 인한 오염물질방출량 증가가 실내공기질을 악화시키고 있다(Choi, 2013). 또한, 최근 해결 문제로 대두되고 있는 미세먼지는 외부로부터의 유입뿐만 아니라 재실자의 실내 활동 등에 의해 발생된다(Park, Kim, Joe, Yeo, & Kim, 2015, Moon, Kim, 2010). 하지만, 쾌적한 실내환경의 유지를 위해 실외와의 오염도를 비교할 수 있는 실내환경 측정기술 기존 제품들은 개별제품이 아닌 통합제품으로(Kim, 2016) 가격대가 높게 책정 되어 있어 개인접근성이 어려운 한계를 가지고 있다. 이에 따라 연구자와 일반인들이 접근하기 쉬운 저비용, 고성능의 실내환경 측정기의 개발이 필요한 상황이다.

따라서, 본 연구는 기존의 제품들과 달리 측정 센서 모듈(Sensor Module)의 가격대를 낮추고 비전공자와 일반인들이 직접 모니터링(Monitoring)하여 실내·외

교신저자: 박진철 (우 06974)서울특별시 동작구 흑석로 84, 중앙대학교 건축학부
전화번호 : +82-2-820-5261
E-mail : jincpark@cau.ac.kr

의 오염도 비교가 가능한 접근성이 높은 측정용 센서 모듈을 개발하고자 한다. 연구범위는 실내환경 분야에서 미세먼지와 기류 그리고 온습도를 대상으로 하였다. 연구절차는 사전연구와 센서의 특성을 조사하였고 센서 모듈 설계와 센서들이 집약된 케이스 디자인을 개발하여 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 하였다. 또한, 국제공인성적을 보유한 제품과 성능의 안정성을 비교하여 성능을 검증하였다.

2. 이론 고찰

2.1. 센서 모듈 관련 연구

최근 센서 모듈 관련 연구동향 파악을 위해 최근 5년간의 국내 연구 논문을 주제별로 조사·분석했다. 확인된 논문의 수는 258건이며 이중 건축 분야와 관련된 논문의 수는 8건으로 나타났다. 건축 관련 주요 연구로는 재질사 활동량 산출용 센서 모듈 개발 연구(Park & Moon, 2017), 상수시설 통합관리용 복합 센서 모듈을 이용한 실시간 수질 모니터링 연구(Lee, Kim, 2014), 옥외용 LED 조명기구를 위한 인체감지용 멀티 센서 모듈 개발 연구(Hong, Jeong, Kim & Ryeom, 2016) 등의 분야에서 연구가 진행되고 있었다.

2.2. 사물인터넷

케빈 애쉬튼(Kevin Ashton; 1999)에 의하면 사물인터넷이란, 인간과 자연환경을 구성하는 물리적인 각종 사물에 센서와 통신 기능 등과 같은 무선통신을 이용하여 인터넷에 연결하는 기술로 인간이 명시적으로 개입하지 않고 인간, 사물, 서비스가 상호 협력적으로 지능적 관계를 형성하는 사물 공간 연결망이다. 핵심기술로는 Figure 1과 같이 센싱(Sensing), 인터페이스(Interface), 네트워킹(Networking) 기술로 나눌 수 있다(Gong, Chae, & Yoo, 2016).

1) 센싱 기술

물리량을 다양한 방법으로 측정하는 기술로, 센싱을

통해 수집된 정보를 공유하기 위한 기본적인 신호처리 및 알고리즘 수행이 가능한 모듈 기술

2) 인터페이스 기술

IoT 구성요소를 통해 응용서비스와 연동하는 기술로, 다양한 서비스 기능을 구현하여 제공하기 위한 인터페이스 역할의 기능

3) 네트워킹 기술

분산된 환경의 다양한 디바이스들을 물리적으로 연결하는 유무선 네트워킹 기술로 WPAN(Wireless Personal Area Networks), WiFi(Wireless Fidelity), 3G·4G·5G·LTE(Long Term Evolution), Ethernet, 위성 통신 등 이용 가능 기술

2.3. 단일 보드 컴퓨터(SBC; Single Board Computer)

SBC는 컴퓨터의 기능을 하는 기억장치, 입출력 등의 기능, 논리들을 포함하여 단일 회로 기판으로 구성되어 있는 컴퓨터로 대표적인 제품으로 아두이노(Arduino), 라즈베리파이(Raspberry Pi), 바나나파이(Banana Pi), 비글보드(Beagle Board) 등이 있다. 위의 제품들 중 연구에 필요한 관련 부속품들의 접근성이 용이하고 관련 연구가 활발히 이루어지고 있는 대표적인 제품은 아두이노와 라즈베리파이이다.

본 논문에서 사용된 아두이노는 마이크로 컨트롤러(Micro Controller)가 내장되어 있는 기판으로 메모리, 프로그램 가능한 입·출력 장치 등으로 구성되어있으며, 스위치(Switch), 센서 등으로부터 입력 값을 받아 외부 전자 장치를 제어하여 환경과 상호작용 가능한 사물을 만들 수 있는 오픈소스(Open Source) 및 컴퓨팅(Computing) 플랫폼(Platform)과 소프트웨어(Software) 개발환경을 제공한다. Table 1은 아두이노의 대표적인 제품 아두이노 우노 R3(Arduino UNO R3)에 대한 설명이다(Ma, 2014).

3. 센서 모듈 설계 및 성능검증

3.1. 개요

본 연구에서 사용된 아두이노는 타 모듈에 비해 비교적 저렴하고 사용자가 보다 쉽게 접근할 수 있으며, 하드웨어 및 소프트웨어가 오픈소스이기 때문에 회로 설계 시 용이하다. 또한 센서 기반 사물 제작에 최적화되어 실내 환경의 모니터링 측면에서 확장성 및 경제성에 큰 장점이 있다.

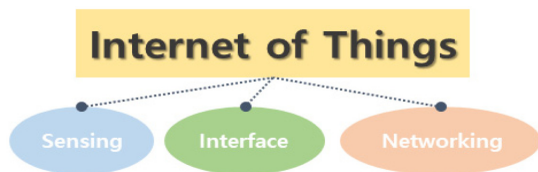



Figure 1. IoT component critical technology.

Table 1. Arduino UNO R3 Specifications

Arduino UNO R3	
	Input voltage(recommend) : 7~12V
	Input voltage(maximum) : 6~2V
	System voltage :5V
	Digital input / output pin : 20
	Analog input pin : 6
	Digital allowable current : 40mA
	Flash memory 32KB
	SRAM : 2KB
	EEPROM : 1KB
	Clock speed : 16MHz
	Size : 68 × 53mm

따라서, 고성능이며 크기가 작은 아두이노 우노 R3를 사용하였다. 측정에 사용 된 센서는 미세먼지 센서, 온·습도 센서, 기류 센서로 국내·외에서 판매되고 있는 제품 중 가격을 고려하여 센서 모듈의 개발 목적성을 위해 요구 값을 구현해 낼 수 있는 제품으로 선정하였다.

미세먼지 센서의 경우 실내·외의 미세먼지 농도에 따른 창문의 개폐 판단을 위해 설치하였다. 온·습도 센서는 실내 쾌적도를 유지 목적으로 창문의 개폐를 판단하기 위해 설치하였으며, 기류 센서는 실외 풍속에 따라 환기시간이 달라지므로 실내 미세먼지 농도 및 쾌적 온·습도 범위를 조절하고자 설치하였다.

3.2. 센서 모듈 설계

센서 모듈의 설계는 선정된 센서의 특징과 성능을 파악하여 통합 회로도 및 가동 코드를 작성하였고 성능 검증을 위한 케이스 제작은 센서 설치 시 특징을 고려하여 내부 디자인을 계획하였다.

1) 미세먼지 센서

미세먼지 센서의 사양은 Table 2와 같으며, 미세먼지 센서는 그림과 같이 중앙의 공간에서 방출된 적외선이 공기 중 먼지의 반사광을 감지하는 광산란법을 통해 측정하는 방식이다. 설치 시 소형의 모터 팬(Motor Fan)을 이용해 공기의 흐름이 중앙의 공간을 순환할 수 있는 환경의 조성이 필요하다.

2) 온·습도 센서

온·습도 센서 설치 시 주변을 개방시켜 흐르는 외기에 노출시켜 설치해야 한다. 또한 주변 기기의 발열 등에 영향을 받지 않도록 적정 간격을 유지하였으며, 온·습도 센서의 자세한 사양은 Table 3와 같다.

3) 기류 센서

기류 센서도 주변 장애물에 영향을 받지 않도록 개방 설치하는 것이 중요하기 때문에 모듈 설계 시 이를

Table 2. Fine Dust Sensor Specifications

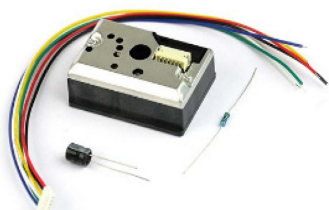
Product	Specifications
 <p>Fine Dust Sensor [GP2Y1023AU0F]</p>	Operating voltage : 5V (±0.5)
	Operating electric current : Max 20mA
	Measuring range : 0 ~ 500 μ g/m ³
	Sensing Sensitivity : 1.0V (100 μ g/m ³)
	Output Type : Digital PWM Signal
	Operating temperature : -10 ~ 65°C

Table 3. Temperature and Humidity Sensor Specifications



Product	Specifications
 Temperature and Humidity Sensor [DHT11]	Supply voltage : DC 3.3-5.5V
	Measuring range (Temperature) : -20~+60°C
	Measuring range (Humidity) : 5~95% RH
	Temperature Accuracy : $\pm 1^{\circ}\text{C}$
	Humidity Accuracy : $\pm 5\%$ RH

Table 4. Air Flow Sensor Specifications

Product	Specifications
 Air flow Sensor [Rev. C]	Supply Voltage : 4 ~ 10V
	Supply Electric Current : 20 ~ 40mA
	Measuring range : 0 ~60 miles/hour
	Accuracy : 15% more precision than previous models
	Output Signal : Analogue

반영하였다. 기류 센서의 사양은 Table 4와 같다.

4) 모듈 제작

각 센서들은 제작사에서 물리적 연결 및 작동을 위한 Code의 기본 정보를 제공하고 있다. 센서 모듈은 Figure 2의 통합 회로도를 기반 제작되었으며 이를 바

탕으로 아두이노를 사용하여 제작된 센서 모듈의 모습은 Figure 3와 같다. 센서 모듈을 가동시키기 위한 통합 코드는 Table 5와 같다.

5) 케이스 제작

센서 모듈 케이스는 사용 용도에 맞게 집약된 각 센서의 측정에 내·외부의 각종 영향을 받지 않도록 설계 및 제작 되어야한다. 본 연구에서 설계 된 케이스는 실

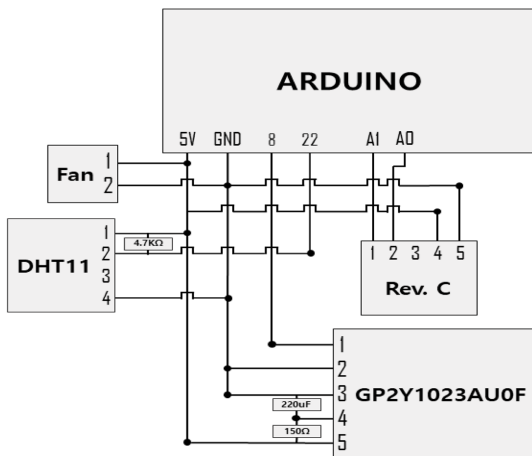
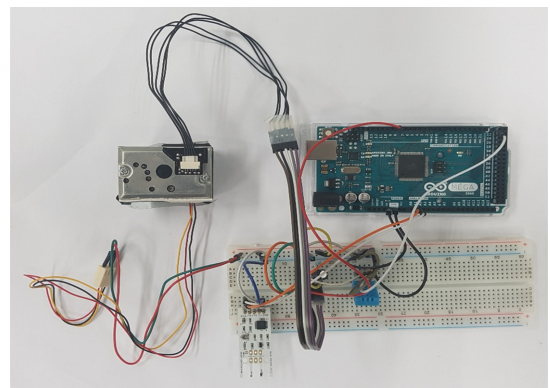
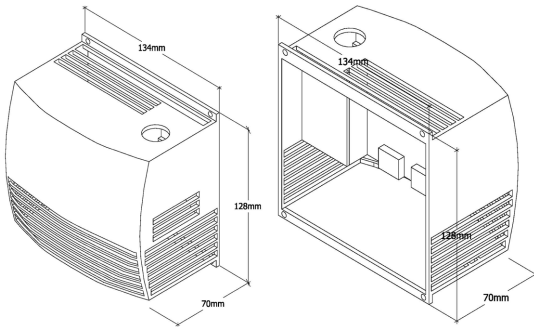
**Figure 2.** Integrated circuit diagram for physical connectivity.**Figure 3.** Integrated sensor module fabrication.

Table 5. Sensor Module Integration Code

```

#include <DHT11.h>
#define analogPinForRV 1 // change to pins you the analog pins are using
#define analogPinForTMP 0
.....
const byte GP2Y1023Pin = 8; // GP2Y1023AU0F (Fine Dust)
float UGM3 = 0.;
const byte DHTPin = 22; // DHT11 (Temp and Hum)
float Temp, Humi;
DHT11 dht11(DHTPin);
int timer = millis(); // (Air flow)
const float zeroWindAdjustment = .2; // negative numbers yield smaller wind speeds and vice versa.
int TMP_Therm_ADunits; //temp termistor value from wind sensor
.....
{ int err;
  err = dht11.read(Humi, Temp); // Read Temp&Humi
  #if DEBUG
  if(err == 0)
  {Serial.print("");Serial.print(Temp);
    Serial.print(",");Serial.print(Humi);
    Serial.print(",");Serial.print(UGM3, 4);
  }
  .....
  WindSpeed_MPH = pow((((RV_Wind_Volts - zeroWind_volts) /.2300 * 1.6 * 1000 / 3600), 2.7265);
  Serial.print(",");
  Serial.println((float)WindSpeed_MPH);
  lastMillis = millis(); } else
  { //error Serial.print("Error No :");Serial.println(err);
  } #endif

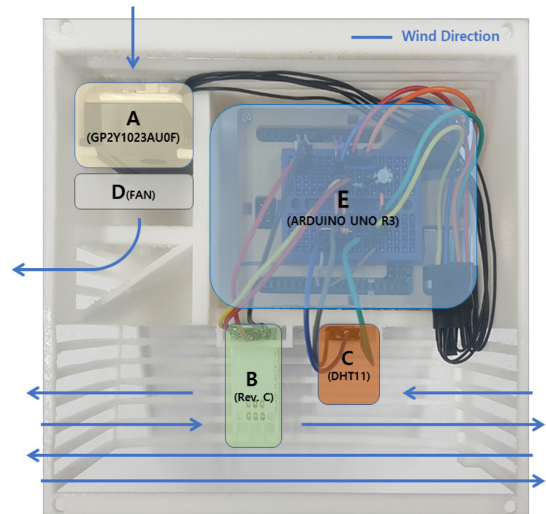
```

**Figure 4.** Sensor module case perspective view.

내 환경 요소를 측정하기 위함으로써, 설치 및 유지, 그리고 보수가 간편하여 사용자로 하여금 접근성을 높일 수 있도록 제작하였다. 실내·외의 벽면에 거치 및 부착이 가능하도록 제작하였으며, Figure 4는 케이스의 사시도이다.

케이스에 적용된 센서들의 위치는 아두이노 우노 R3가 설치된 Figure 5의 E를 기준으로 각 도식된 위치

한국생활환경학회지

**Figure 5.** Location of sensor in case.

에 설치되었다. 미세먼지 센서는 좌측 상단 A에 위치하며 D 위치에 있는 팬으로부터 중앙 공간의 공기를

순환시키는 구조이다. 이때 FAN에서의 바람은 온·습도 센서와 기류 센서에 영향을 줄 수 있으므로 개별적 토출 공간을 구획하였다. 기류 센서와 온·습도 센서는 각각 B, C에 위치하며 주변을 개방시켜 공기의 유동이 방해받지 않도록 하였다.

3.4. 센서 모듈 성능검증

센서 모듈의 성능 검증을 위해 서울특별시 동작구 흑석동의 오피스 건물 옥상에서 실험을 실시하였다. 검증에 사용된 데이터는 총 측정데이터 중 에러 값이 적은 2일간의 연속 데이터를 선정하였다. 측정 높이는 바닥면으로부터 1200mm에서 실시하였다.

미세먼지 센서의 측정 데이터는 기상청에서 제공하는 5분 단위 농도 데이터를 기반으로 01월 18일부터 01월 19일 48시간의 데이터를 분석하였다. 온·습도 센서 성능 검증은 센서모듈과 측정기를 동시에 48시간 가동하여 측정값을 비교하였다. 기류 측정 역시 센서모듈과 측정기를 동시에 48시간 가동하여 측정값을 비교하였으며, 모든 측정값은 5분 간격으로 측정하였다.

미세먼지 센서의 성능 검증을 위해 비교된 측정기는 EDT PM10 모델과의 성능 비교를 실시하였다. EDT PM10은 기상청에서 사용하는 PM10 측정기로써, 해당 데이터는 기상자료개방포털 데이터를 사용하였다 (Korea Meteorological Administration, KMA, 2018). EDT PM10의 자세한 사양은 Table 6와 같다. 온·습도 센서의 성능 검증을 위해 비교된 측정기는 'KIMO INSTRUMENTS'의 다기능 무지향성 기류 프로브 SOM900이며, AMI310 데이터로거에 연결하여 측정하였다. 기류 측정에 비교된 측정기 역시 SOM900 + AMI310 을 사용하였다. 측정기의 사양은 Table 7과 같다.

4. 성능검증 결과

4.1. 미세먼지 센서

미세먼지 센서 성능검증 결과는 다음과 같다. 01월 18일 기상청 미세먼지 농도는 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위에서 농도 변화를, 센서 모듈의 농도 범위는 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위 내에

Table 6. Environmental DustTrak Aerosol Monitor

EDT PM10	Measuring Range
Measured Mass Fraction	PM10
Concentration Range	0-400mg/m ³
Resolution	±0.1% of reading or 0.001 mg/m ³ , whichever is greater
Zero Stability	±0.002 mg/m ³ per 24 hours at 10 sec time constant
Sample Flow Rate	3.0 L/min (±5% of factory set point, internal flow controlled)
Detection Method	Light scattering laser photometer; 90° oA-axis detector
Communications	Wireless: Cloud service capability via Netronix Thiamis 1000 GSM/GPS Modem1 Wired: USB (host and device) and Ethernet
Operating Environment	0° to 50°C standard: extended temperature range capability of -20° to 50° available with optional enclosure heater2; 0 to 100% RH
Sample Inlet	Omni-directional inlet with water trap
Size / Weight	411 × 305 × 311mm (HWD) / 13.6 kg



Table 7. Products Used for Performance Comparison(SOM900)

SOM900	Measuring Range	Accuracy	Angular Resolution
Temperature	-20~+80°C	±3% Of the leading value ±0.25°C	0.1°C
Relative Humidity	0~100%RH	accuracy : ±1.8%RH Calibration Uncertainty : ±0.88%RH	0.1%RH
Wind Speed	0.00~5.00m/s	±3% Of the leading value ±0.05m/s	0.01m/s

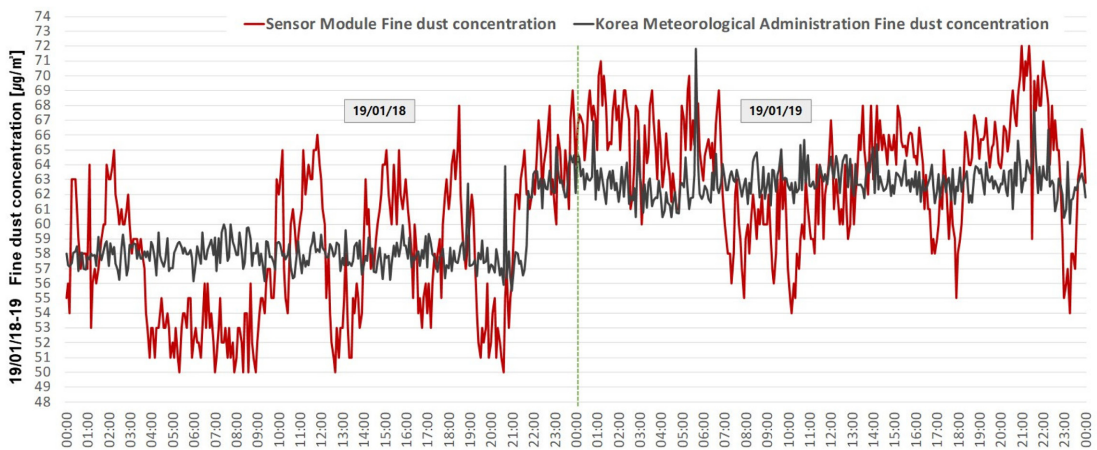


Figure 6. Comparison performance of case fine dust sensors and measurement equipment.

Table 8. Average Concentration of Fine Dust from the Sensor Module and the Korea Meteorological Administration

	Sensor module	EDT PM10
2019/01/18	57	59
2019/01/19	64	63

서 변화를 보였다. 또한, 01월 18일 센서 모듈의 미세먼지 평균 농도는 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기상청 평균 농도 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 같은 추세를 보였다.

01월 19일의 기상청 미세먼지 농도는 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 센서 모듈은 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위 내에서 변화를 보였으며, 센서 모듈의 미세먼지 평균 농도는 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 기상청 평균 농도는 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 같은 추세를 보였다 (Figure 6, Table 8).

Table 9. Temperature Humidity and AirFlow Sensors Error Rate

	Temperature Humidity Sensors		Airflow Sensor
	Temperature	Humidity	
Average	4.08%	4.96%	4.58%
Maximum	12.50%	21.18%	17.07%
Minimum	0.01%	0.04%	0.01%

4.2. 온·습도 센서

온·습도 센서의 성능 검증 결과 온도의 평균 오차율은 4.08%, 습도의 평균 오차율은 4.96%로 나타나 온·습도 모두 5% 미만의 오차를 보였다. 비교 그래프는 Figure 7, Table 9과 같다.

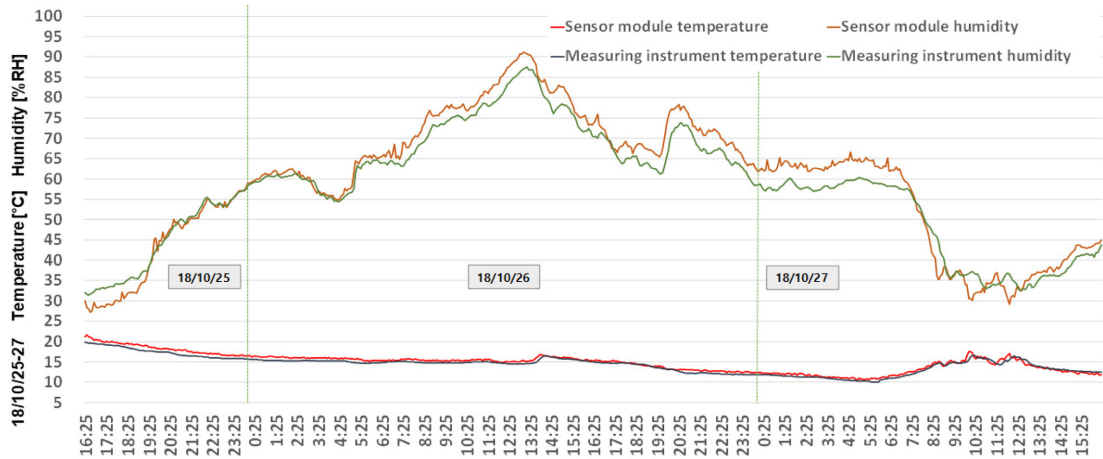


Figure 7. Comparison performance of case temperature humidity sensors and measurement equipment

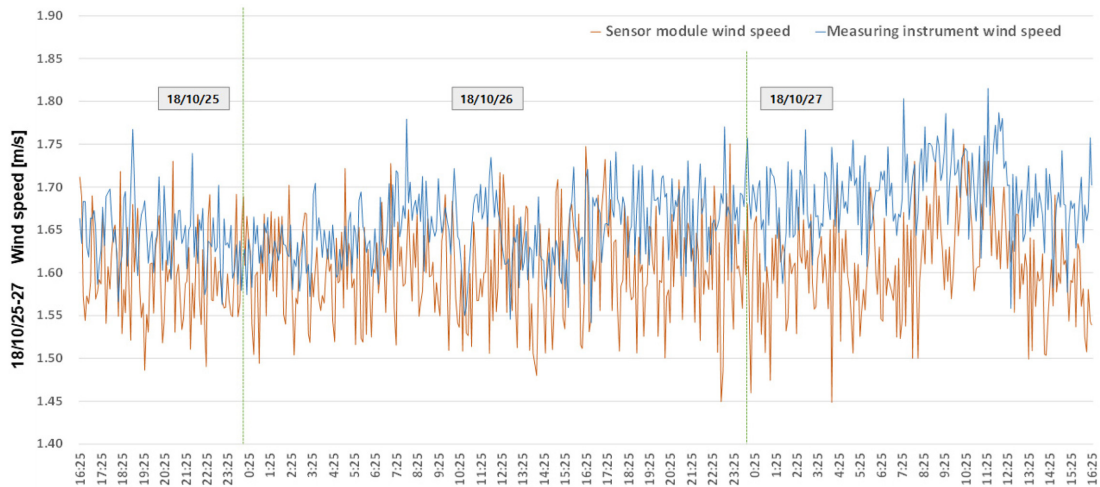


Figure 8. Comparison performance of case Airflow sensor and measurement equipment.

4.3. 기류 센서

기류 센서의 성능 검증 결과 기류의 평균 오차율은 4.58%로 나타나 온·습도 센서와 마찬가지로 5% 미만의 오차를 보였다(Figure 8, Table 9).

5. 결 론

본 연구에서는 저비용 고성능의 실내환경 측정 센서 개발을 위해 SBC 기반의 센서 모듈을 설계 및 제작하여 성능검증을 실시하였다. 본 센서 모듈은 Wi-Fi, Zigbee 등의 무선 네트워크가 가능하고 IoT 기반의 Home network에 적용 가능한 센서 모듈을 제작하였

다. 센서 모듈에 적용된 세부 센서는 미세먼지, 온·습도, 기류이며 성능 검증 결과는 다음과 같다.

(1) 미세먼지 센서

01월 18일 기상청 미세먼지 농도는 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, 센서 모듈의 농도는 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위에서 변화를 보였다. 또한, 센서 모듈 미세먼지 평균 농도는 $57\mu\text{g}/\text{m}^3$, 기상청 미세먼지 평균 농도는 $59\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

01월 19일 기상청 미세먼지 농도는 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$, 센서 모듈 농도 $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위 내에서 변화를 보였으며, 평균 미세먼지 농도는 센서 모듈 $64\mu\text{g}/\text{m}^3$, 기상청 $63\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

(2) 온·습도 센서

온도 평균 오차율은 4.08%로 나타났으며, 습도 평균 오차율은 4.96%로 나타났다. 온·습도 오차를 모두 5% 미만의 값을 보였다.

(3) 기류센서

기류의 평균 오차율은 4.58%로 나타나 5% 미만의 오차를 보였다.

위와 같이 본 연구에서 개발되어진 실내환경 측정 센서 모듈은 미세먼지 센서가 기상청 측정기와 같은 양상의 농도를 나타내고 있었으며, 온·습도 및 기류 센서 또한 오차범위 5% 내에 있어, 실생활에 적용이 가능하다고 판단된다. 하지만, 공정시험방법에 기준되는 초정밀의 측정기와 비교하면 정확도가 낮은 것이 사실이다. 이는 현재 급격하게 증가되고 있는 센서 시장의 영향으로 개발되는 고성능 저비용 센서를 활용하여 해결이 가능할 것으로 사료된다.

본 센서 모듈은 고가의 측정 장비를 대체하기 위한 제품이 아니며, 확장성이 뛰어난 SBC를 활용한 저비용의 측정 장비를 개발하고자 했다. 이를 통해 개인 개발자들도 IoT 기반의 실내 환경 측정 센서를 저비용으로 구현하고 응용할 수 있을 것이라 사료된다. 또한 본 연구의 자료를 토대로 기타 환경 측정 센서를 쉽게 추가하여 타 개발자들이 자유롭게 건물 내부의 환경에 대한 정보를 실시간 모니터링 할 수 있고, 건물환경관리 통합제어 시스템에 적용되기를 기대한다.

감사의 말

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(18CTAP-C133322-02)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Yoon, J. R. (2017). A Survey on the Actual Condition of the Internet of Things Industry in 2017, *National IT Industry Promotion Agency*.
- Jeong, S., Lee, J. J., & Jung, W. K. (2016). A Indoor Management System using Raspberry Pi. *Journal of the Korea Academia-Industrial*, 17(9), 745-752.
- Park, B. R., Choi, E. J., Yang, Y. K., Kim, T. W., & Moon, J. W. (2017). Preliminary Study for the Developing Sensor Module for Estimating Occupant Metabolic Rate. *KIEAE Journal*, 17(6), 193-197.
- Choi, Y. J. (2013). A Study on Improvement of Indoor Air Quality in Homes. *The Seoul Institute Policy Reports*, 1-201.
- Park, S. J., Kim, J. H., Joe, G. S., Yeo, M. S., & Kim, K. W. (2015). Analysis of Size-resolved Indoor and Outdoor Particle Sources to Indoor Particles in a Child-care Center. *Architectural Institute of Korea*, 31(12), 215-222.
- Moon, J. W. & Kim, J. J. (2010). ANN-based thermal control models for residential buildings. *Building and Environment*, 45, 1612-1625.
- Kim, S. H. (2016). IoT(Internet of Things) Technics. *The Institute of Electronics Engineers of Korea*, 43(3), 64-71.
- Lee, J. Y. & Kim, Y. S. (2014). Real-time Water Monitoring System for Small Water Supply Facility using Multi-sensor Module. *Journal of the Korean Society of Urban Environment*, 14(2), 119-125.
- Hong, S. G., Jeong, H. S., Kim, K. T., & Ryeom, J. D. (2016). Development of Multi-Sensor Module to Detect the Human Body for Outdoor LED Lighting Fixtures. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 30(10), 9-19.
- Gong, M. S., Chae, H. J., & Yoo, B. H. (2016). Trends and Prospects of Internet of Things(IoT) Technology. *Journal of the KSME*, 56(2), 32-36.
- Ma, S. B. (2014). Open Platform Aduino : Utilising the controller for lighting control in the Aduino. *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 28(6), 40-47.
- Korea Meteorological Administration, Weather data open portal, <https://data.kma.go.kr/data/gmd/selectAsosRltmList.do?pgmNo=36>
- 투 고 일: 2018. 12. 14
수정접수일: 2019. 1. 10
게재승인일: 2019. 1. 29