USN에 사용되는 공기질 측정 센서의 보정방법
Calibration Methods of Air Quality Monitoring Sensor using ubiquitous sensor network

박덕신*, 조영민*, 권순박*, 박병현*, 박은영*
Park, Duckshin Cho, Young-Min Kwon, Soonbark Park, Byunghyun Park Eunyoung

---

ABSTRACT

The emergence of sensor networks as one of the dominant technology trends in the coming decades. These networks are likely to be composed of hundreds, and potentially thousands of tiny sensor nodes, functioning autonomously, and in many cases, without access to renewable energy resources. Cost constraints and the need for ubiquitous, invisible deployments will result in small sized, resource-constrained sensor nodes.

Ubiquitous sensor network(USN) module with 4 kinds of air quality monitoring sensors was developed for indoor environment monitoring system in subway stations. The module has various enlargement for various kinds of sensors such as temperature sensor, humidity sensor, CO_2 sensor, particulate sensor. To reduce the measurement error of sensors, we calibrated each sensor using standard gases and particles. The development wireless node is very convenient to be installed in the subway stations. USN is expected to be used for the cheap and easy way for indoor air quality monitoring.

---

1. 서 론

지하공간에서 문제가 되고 있는 실내오염물질은 미세먼지(PM-10), 이산화질소(NO_2), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO_2), 포름알데히드(HCHO), 휘발성유기화합물(VOC), 악취 등을 들 수 있다. 이와 같은 오염물질은 외부공기의 상태·환기율·실내에서의 미세기후 등의 요인에 의해 일반적으로 발생되며, 공기 중에 장시간 체류하면서 이용 승객들에게 영향을 미치게 된다.

본 논문은 실내공간에서 공기질을 보다 효과적으로 모니터링하기 위해 지능화된 센서네트웍을 개발하면서 센서노드에 사용되는 공기질 계측 센서의 보정방법과 과정을 정리한 것이다. 본 연구에서는 온도, 습도, 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO_2) 등의 센서를 사용하였다. 무선 센서네트웍에는 대부분 저가의 센서가 사용되며, 센서노드에 장착하기 전 관련 규격에서 정하고 있는 장비를 사용하여 보정을 실시하여 사용되는 센서의 측정오차를 최소화하여야 한다.

---

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
** 한국철도기술연구원 연구원, 정회원

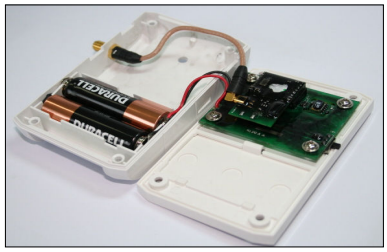

그림 1. 온·습도 센서노드.

그림 2. CO_2 센서 노드.

그림 3. PM10 센서 노드.

2. 연구방법

본 연구에서는 온·습도(SHT-15), CO_2(NAP-21A), 먼지(PS02C-PWM) 등 3가지의 센서노드를 사용하였다. 온·습도 센서노드는 그림 1에서와 같이 온도와 습도를 센싱하는 부분과 RF(radio frequency) 기능과 MCU(microcontrollers) 기능을 하는 OCX-Z 모듈, 센서와 전원부가 있는 센서 보드로 나뉘어 진다. CO_2 센서노드는 그림 2에서와 같이 CO_2 농도를 감지하는 센서보드와 센서 값을 RF를 통해 전달하고 제어하는 Nano-24 메인 모듈로 구성되어 있다. CO_2 센서노드는 Nano-24 메인 모듈과 CO_2 센서 모듈을 스택하여 동작한다. 그림 3의 먼지 센서노드는 RF와 MCU의 기능을 위해 CO_2 센서노드와 동일한 Nano-24 메인 모듈을, 센서노드로는 PS02C-PWM를 사용하였다. 이 센서노드는 입자의 크기에 따라 일정한 4.6V의 출력을 냄으로써 출력 시간을 적산하면 공기의 먼지의 농도를 계산할 수 있다.

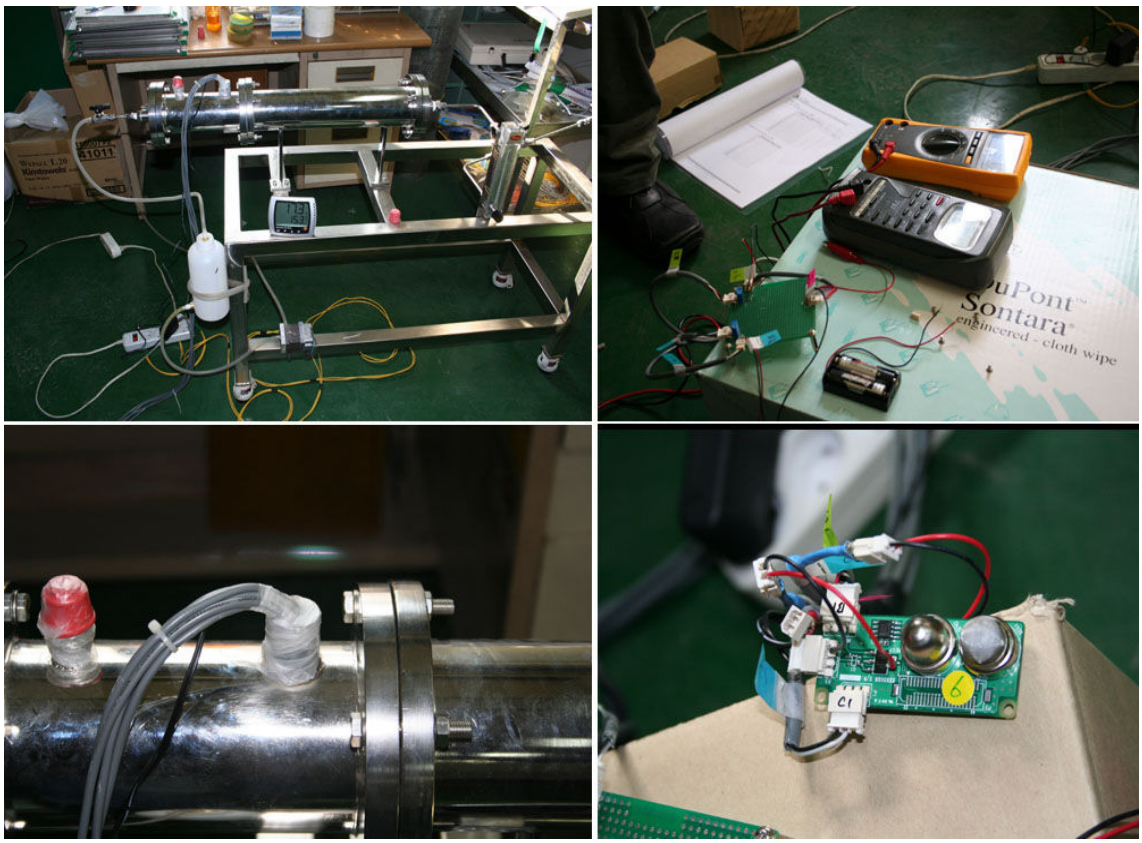

그림 4. CO_2 센서 보정 실험.

3. 결과 및 고찰

온・습도 센서노드로 사용된 SHT-15는 기존의 아날로그 센서와는 달리 온도와 습도 값을 센싱하고 그 값을 센서 내부에서 보정하여 디지털 값으로 제공한다. 기존의 아날로그 방식의 센서는 온도와 습도가 서로 변수로 작용해 온도에 따른 습도 출력 값이 변화하는 양상이 있었으나, SHT-15는 온도와 습도의 변수관계까지 계산해 출력 값을 표시해준다. SHT-15를 항온・항습 챔버에서 테스트한 결과 0.1% 이내의 오차범위를 보였다. CO_2 센서노드는 CO_2 센서인 NAP-21A와 보정을 위한 가변 저항으로 이루어져 있다. NAP-21A 센서는 아날로그 센서로 CO_2 농도에 따라 0에서 20mV 사이의 선형적인 전압이 출력된다. 따라서 MCU에서는 센서에서 나오는 전압의 출력에 따라 CO_2 농도를 계산하기 작업이 필요하며, 센서의 특성에 따른 변화를 조절하기 위해 보정을 해야 한다. 보정절차는 CO_2 센서보드를 그림 4에서와 같이 가스 보정용 챔버 내부에 설치한 후 20, 40, 60%의 표준 CO_2 가스를 챔버에 주입하고, 센서보드에서 외부로 연결한 측정기기를 통해 전압의 변화를 확인하고, 오차의 보정을 위한 보정 식을 도출하였다. 표 1은 표준 CO_2 농도에 따른 센서의 출력전압 값을 표시한 것이며, 그림 5는 표준 CO2 가스 농도에 대한 센서의 전압 값의 변화를 나타낸 것이다.

표 1. CO_2 센서 보정 값.

	CO_2 농도 (%)	Reg. Input (V)	출력전압 (mV)	출력저항 (Ω)
1	0	1.801	2.1	0.490k
2	20		6.9	
3	20		8.0	0.496k
4	40	1.801	12.9	
5	60		16.4	

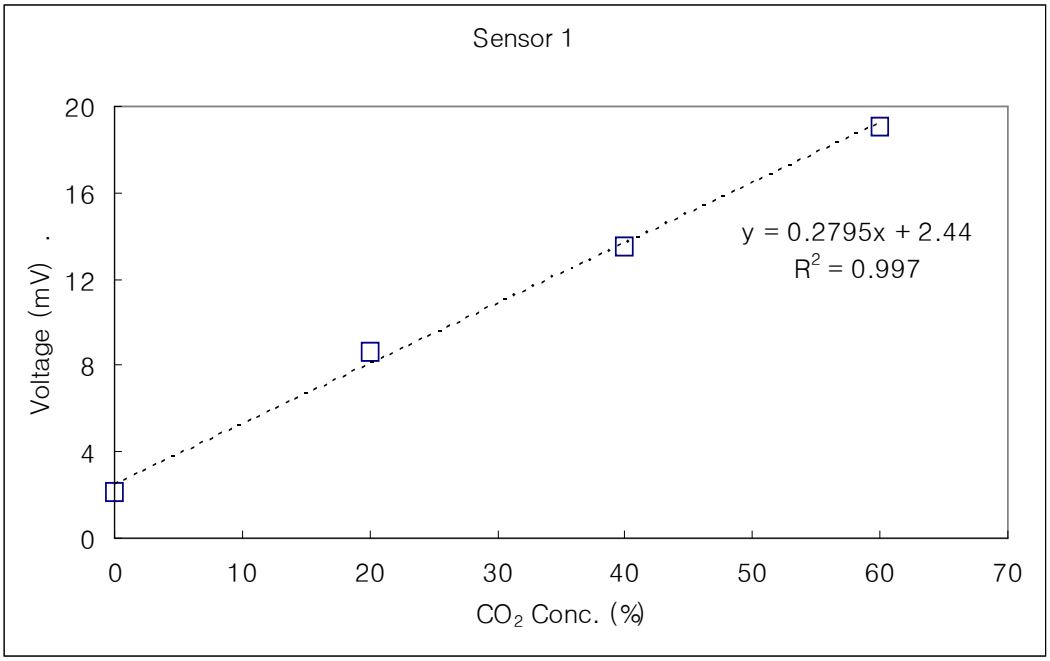

그림 5. 표준 CO_2 농도에 따른 센서의 전압 값.

PM10 센서의 보정은 먼저 센서를 그림 6에 나타낸 ASHRAE 규격에 맞게 제작된 풍동에 설치하고, 외부의 측정기기를 연결한 후 일정 유량으로 풍동 내부의 공기를 배출시키면서 동시에 입구의 투입구를 통해 일정량의 표준입자를 투입하면 풍동내부의 먼지의 농도를 알 수 있다. 일정 시간이 지나면 풍동 내부의 먼지농도가 일정해지면 이때 먼지센서의 변화를 확인한다. 풍동을 이용한 실험으로 센서가 먼지농도의 변화에 따라 출력 값이 변하는 것을 표 2와 그림 7에서와 같이 확인할 수 있었다.

그림 6. PM 센서 보정 실험.

표 2. PM 센서의 보정 실험결과.

횟수	차수	시간	값	횟수	차수	시간	값
1	1	130617	10.419%	2	1	134528	0.132%
	2	130721	1.880%		2	134632	0.630%
	3	130825	7.350%		3	134736	1.410%
	4	130329	7.185%	3	1		
	5	131033	2.902%	4	1	142908	53.280%
	6	131137	4.514%		2	143012	65.934%
	7	131241	6.200%		3	143116	60.689%
	8	131345	3.684%		4	143220	69.785%
	9	131449	12.655%		5	143324	61.384%
	10	131553	7.947%		6	143428	51.515%
	11	131657	8.998%		7	143532	48.801%
	12	131801	8.201%		8	143636	34.124%
	13	131905	9.649%		9	143740	0.664%
	14	132009	14.966%		10	143844	0.609%

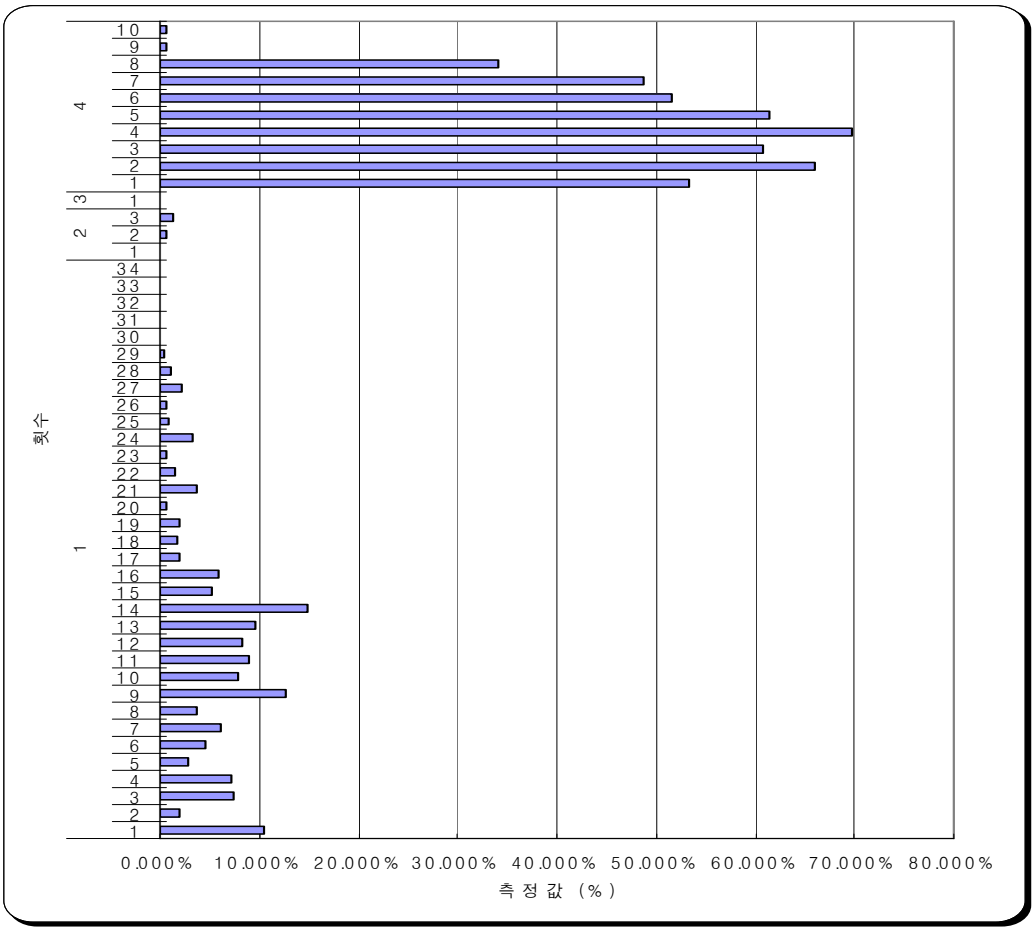

그림 7. PM 센서의 보정실험 결과 값.

본 연구에서는 온·습도, CO_2, 먼지 등 3가지 센서노드를 저전력 센싱 알고리즘의 구현을 위해 Zigbee 기반으로 개발하였으며, 각 센서의 정확도를 높이기 위해서는 센서를 노드에 장착하기 전 보정이 필요한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Railroad USN 기술연구회(2006)「USN 환경 기반의 지하철 역사내 지능형 대기오염 모니터링 및 관제시스템 개발」, 1차년도보고서.
2. 한국철도기술연구원(2005)「지하공기질정화용 접촉면적증대 촉매 및 시스템 개발」, 1차년도보고서.