

## 지하철 역사내의 환경 모바일 센서 모듈 개발

\*김규식<sup>1</sup>, 이병석<sup>1</sup>, 이준화<sup>1</sup>, 김조천<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부, <sup>2</sup>건국대학교 환경공학과

### Development of Environmental Mobile Sensor Module for Subway Stations

\*Gyu-Sik Kim<sup>1</sup>, ByungSeok Lee<sup>1</sup>, Joon Hwa Lee<sup>1</sup>, Jo-Chun Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul, <sup>2</sup>Dept. of Environmental Engineering, Konkuk University

**Abstract** - 본 논문에서는 하루에 수백만 명이 이용하는 지하철 역사내의 환경 관리를 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 적용하여 실질적이고 효과적으로 실행하는 방안을 제안하고자 한다. 지하철 역사는 지하라는 특수한 환경이기 때문에 외부의 신선한 공기를 유입하여 역사내의 공기질을 쾌적하게 유지해야 할 필요가 있다. 또한 실내 공기질을 오염시키는 환경가스나 미세먼지 등의 오염도에 대해서도 지속적으로 감시하여야 한다. 이를 위해 설치 가 간편하고 소형의 측정 장치를 지하철역사내의 주요 지점에 설치하여 오염 물질을 측정하고 그 결과 데이터를 모으는 집중기(Collector)를 운영하여 최종적으로 측정 데이터를 중앙 서버까지 전송할 수 있다면 지하철 관리자에 의한 지하철역사내의 오염물질을 효과적으로 관리·감독하는 종합적인 지하철 환경 관리시스템의 운영이 가능할 것으로 판단된다.

#### 1. 서 론

서울시 인구 1천2백만 대다수 시민이 이용하는 지하철은 그 이용도로 비추어 볼 때 시민들의 실내공기질 오염의 노출에 지대한 영향을 미친다. 하루에 500만 명 이상의 시민들이 지하철을 대중교통 수단으로 사용하고 있다. 이용시간 또한 짧게는 수 분 혹은 수십 분에서 길게는 1시간 이상을 지하철 안이나 지하철역사내에서 활동하기 때문에 지하철 역구내의 오염 정도를 관리·감독하는 통합관리시스템이 필요하다. 지하철역사내에서 존재할 수 있는 오염물질로는 미세먼지(PM10), 독성가스(CO, NO<sub>2</sub>), 이산화탄소 등이 존재한다. 이런 물질들은 실내공기질을 오염시켜 지하철 근무자나 이용자들의 건강에 악영향을 끼친다. 따라서 실내공기질 오염물질 등을 실시간으로 측정하고 모니터링 할 수 있는 시스템이 필요하다. 이를 위해 실내공기질 오염물질과 온·습도 등을 종합적으로 측정할 수 있는 소형이며 설치가 간편한 환경 모바일 센서 모듈을 개발하여 지하철역사내의 주요 지점에 설치하고 근거리 무선 통신망을 통하여 각 역에 1 ~ 2 대 정도 설치될 수 있는 집중기(Collector)까지 전송이 가능한 환경오염 측정 시스템의 개발이 요구되어진다.

환경 모바일 센서 모듈은 여러 오염물질을 측정할 수 있도록 각종 가스 센서들을 포함할 수 있다. 그리고 이를 적절히 운용하기 위해 소형의 연산 장치(CPU)를 사용하여 측정 결과 데이터를 전송하기 용이하도록 처리하여 집중기까지 무선으로 전송해야 한다. 집중기에서는 각 환경 모바일 센서 모듈에서 받은 데이터를 CDMA 모듈을 통해 원거리의 서버까지 전송하여 결과적으로 지하철역사내 환경을 종합적으로 관리하는 지하철 환경 관리시스템을 구성할 수 있다.

본 논문은 종합적인 지하철 환경을 관리하는 역할을 담당할 환경 모바일 모듈 개발을 위해 적용할 수 있는 실내공기질 오염물질 센서들의 타당성 검토와 통신 모듈, CPU 등의 테스트를 통해 그 가능성을 검토하여 지하철역사내의 환경을 관리하는데 적용할 수 있음을 보이고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 실내 공기질 측정

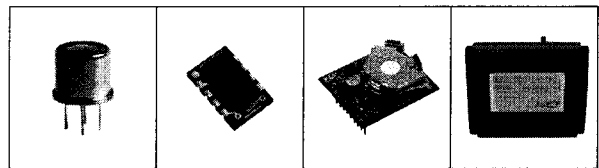
지하철역사내의 공간은 불특정 다수인이 이용하는 공간으로 실내공기질 관리법에서 언급하는 다중이용시설에 해당된다.[2] 다중이용시설은 이용자와 밀접한 관련이 있다. 시민들은 대부분의 시간을 지하철과 같은 제한된 실내 공간에서 보내기 때문에 오염된 실내 공기질의 노출을 통해 호흡기 질환, 인체의 생화학적 부작용 등과 같은 건강상의 영향을 받게 된다.[1] 이에 주요 오염물질 중 미세먼지(PM10), 독성가스(CO, NO<sub>2</sub>), 이산화탄소 등을 측정하여 환경 관리 시스템에 이용하여야 한다. 이런 주요 오염물질의 지하철역사내 유지기준은 <표 1>과 같다.[2]

<표 1> 실내공기질 권고기준

오염물질	PM10 (μg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)
지하역사	150 이하	10 이하	1,000 이하	0.05 이하

##### 2.1.1 실내공기질 측정을 위한 센서

오염물질의 측정을 위해서는 센서 자체의 정밀도와 해상도가 중요하지만 외부에서 제어할 때 편리한 인터페이스 또한 환경 모바일 센서 모듈의 개발에 도움이 된다. 2선 방식(IIC, TWI), RS232C 등의 편리한 통신방식을 제공하거나 전압 혹은 전류로 아날로그 값을 출력하여 A/D 컨버터로의 입력이 가능한 센서를 살펴보면 아래 <그림 1>과 같다.

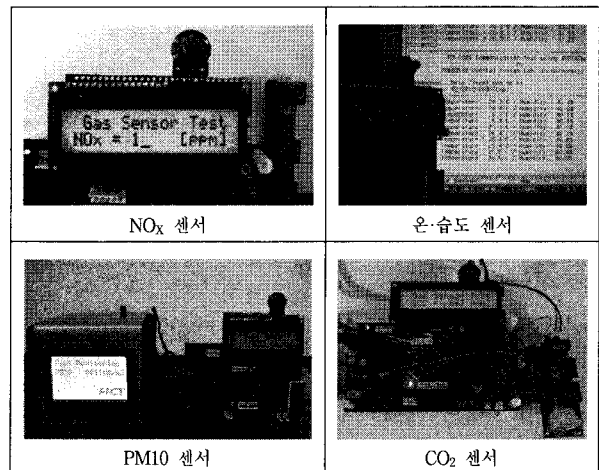


<그림 1> 오염물질 측정 센서 (왼쪽부터 NO<sub>x</sub>, 온도, CO<sub>2</sub>, PM10)

위 센서 중 NO<sub>x</sub>의 경우 load 저항을 추가하여 전압값을 A/D 변환할 필요가 있다. 또한 반도체 방식으로 그 정밀도 및 해상도가 고가의 센서에 비해 사양이 높지 않아 보완 되어져야 할 부분이다. 온·습도 센서의 경우는 내부에 14bit ADC를 내장하고 있고 2선 방식의 접속 구조를 갖고 있다. 내부에 온도와 습도 센서 둘 다 내장되어 있어 환경 모바일 측정 모듈에 적합한 센서이다. 그리고 CO<sub>2</sub> 센서의 경우는 소형이면서 비분산 적외선(NDIR : Non Dispersive InfraRed)법을 사용하기 때문에 가격대비 우수한 성능을 가지고 있다. 미세먼지의 경우는 광학적인 방법으로 입자를 계수하는 장비가 이용하였다. 측정 결과가 RS232C 방식으로 전송되기 때문에 사용이 편리한 이점을 가지고 있다.

##### 2.1.2 센서 구동을 위한 CPU 및 테스트 결과

위 <그림 1>의 센서들을 구동하기 위해 적절한 CPU를 선정하고 센서들과의 인터페이스를 통해 측정 데이터를 얻는 과정이 필요하다. 가격적인 면과 개발환경, 다양하게 이용될 수 있는 주변장치의 종류 및 수, 회로의 규모를 작게 할 수 있는 내부 메모리의 크기를 고려대상으로 삼았다. 또한 여러 센서를 구동할 때 시스템에 부하를 크게 주지 않는 적당한 처리 속도를 갖는 범용 8-bit ATmega128(L)이라는 CPU를 선정하여 각각의 센서들을 테스트 하였다. ATmega128(L)은 내부 128Kb의 플래쉬 메모리가 내장되어 있어 자유로운 프로그래밍이 가능하며, 처리속도 또한 16MIPS로 센서가 데이터를 수신하고 외부로 전송하는 시스템에 적합한 사양을 가지고 있다.[6]



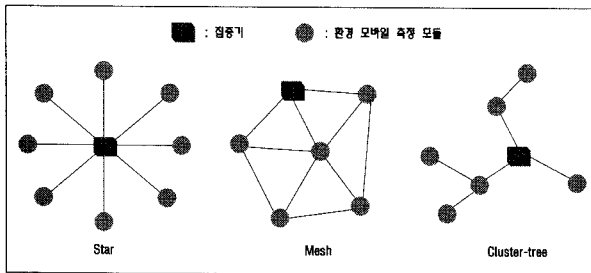
<그림 2> 센서 모듈 시스템

## 2.2 유비쿼터스 기술을 이용한 센서 네트워크

종합적인 환경관리 시스템을 구축하기 위해서는 환경 모바일 측정 모듈에서 계속된 센서의 결과값을 데이터를 종합하는 집중기(Collector)로 실시간 전송이 가능해야 한다. 이른바 유비쿼터스 센서 네트워크(USN : Ubiquitous Sensor Networks)기술이 필요하다.[3] 이를 위해 유선망을 이용하는 것보다 무선망을 이용한 시스템이 확장성과 설치의 용이함, 환경에 덜 제한적인 사용의 유연성을 제공한다. 무선망은 다양한 방식으로 계획할 수 있다. 사용허가 없이 이용할 수 있는 산업·과학·의료용 주파수 대역(ISM radio bands : Industrial, Scientific and Medical radio bands)을 이용한 일반적인 주파수 편이 변조(FSK : Frequency Shift Keying)방식의 무선모듈을 사용할 수도 있고, 요즘 근거리 통신망 특히 센서 네트워크에 널리 사용되는 ZigBee 통신 모듈을 사용할 수도 있다.

### 2.2.1 통신모듈 선정

규모에 따라 차이가 있겠지만 한 개의 지하역사내에 환경 모바일 측정 모듈을 10개 내지 그 이상의 주요 지점이나 오염물질 측정 및 감시를 필요로 하는 지점에 설치할 수 있다. 그런 경우 역사 내에 1~2 대 운영될 수 있는 집중기까지 운영된다면 <그림 3>과 같은 Star, Mesh, Cluster-tree Topology의 무선망 구조를 지원할 수 있고, 네트워크에 접속되는 노드의 수 또한 수십 개 이상은 지원을 해줘야 할 것이다. 그리고 전력소모가 적고 무선망을 위한 인터페이스가 복잡하지 않아야 할 것이다.[4][5]



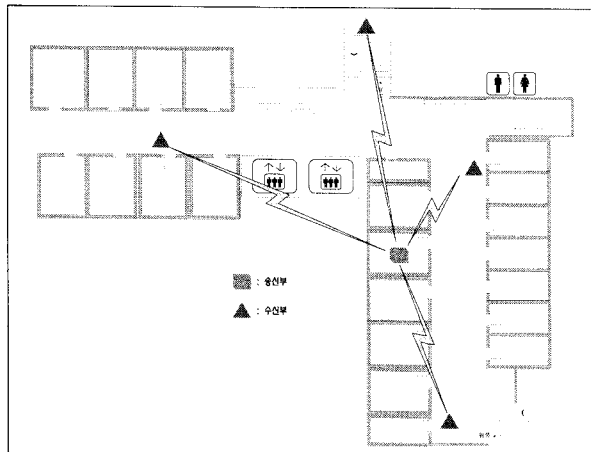
<그림 3> 지하역사 환경에 적합한 Network topology

### 2.2.2 ZigBee 통신모듈을 이용한 테스트

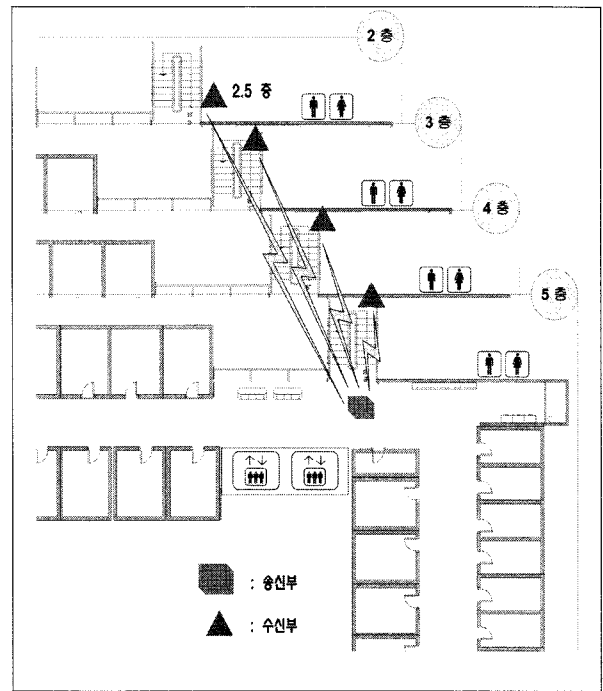
통신모듈의 선정 조건을 만족하는 사양을 위해 근거리 무선 센서 네트워크 기술 중 하나인 ZigBee를 선택하였다. 센서 테스트를 위해 사용한 ZigBee 통신 모듈은 ISM 주파수 대역 중 2.4GHz 대역의 주파수를 사용한다. 테스트 환경은 지하역사와 같은 복잡한 구조는 아니지만 완전 개방된 공간이 아닌 "ㄱ" 구조의 건물 특정 위치에서 온도 및 이산화탄소 농도를 측정하여 송신할 때 어느 정도의 범위에서 수신이 가능한지를 테스트 하였다. <그림 5, 6>에서 표시된 수신부의 위치는 모두 수신 가능한 지점을 나타내고 있다.

	· 출력파워 : 10mW
	· 실내 : 100m, 실외 : 1.6km의 무선영역
	· Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Peer-to-Peer 지원
	· 250Kbps의 RF data rate

<그림 4> ZigBee 통신모듈을 이용한 테스트 보드 및 사양



<그림 5> ZigBee 모듈을 이용한 센서 데이터의 무선 송수신 테스트 예



<그림 6> ZigBee 모듈을 이용한 센서 데이터의 무선 송수신 테스트 예

지하역사내의 환경을 고려하여 <그림 5>의 테스트가 2차원적이라면 <그림 6>의 경우는 실제 환경과 같은 조건은 아니지만 수직적인 환경을 감안하여 3차원적인 환경에서의 테스트를 실시하였다. 테스트 결과 지하철이 보통 지하 3~5층의 깊이에 있음을 감안하면 집중기의 위치에 따라 직접적인 데이터 전송이 가능하고, 중계기를 중간 노드에 위치시킨다면 더 깊은 곳과 더 먼 거리에서의 측정이 가능할 것으로 판단된다.

## 3. 결 론

여러 선진국들의 경우와 마찬가지로 사회가 발전할수록 환경에 대한 인식은 점점 높아지고 있다. 인구의 4분의 1 이상이 수도권에 편중돼 있고 지하철의 이용도가 매우 높은 우리나라의 경우는 특히 지하역사내의 환경에 각별한 관리가 필요하다. 이에 실내공기질 등을 실시간 모니터링 하고 위험성 정보와 중앙 서버로의 데이터 전송 등 종합적인 지하철 환경 관리 시스템 도입이 필요한 시점이다. 본 논문에서 제시한 환경 모바일 측정 모듈은 이런 시스템을 구축하는데 일조할 것으로 판단된다. 더 나아가 다중이용시설의 실내공기질 권고기준을 측정할 수 있는 소형 센서의 확보 및 개발이 보완되어 실내공기질 개선에 일조함으로써 많은 시민들이 현재보다 더 쾌적한 환경의 지하철을 이용할 수 있을 것이다.

## 감 사 의 글

본 논문은 2007년도 서울시 산학연 기반기술 특정과제(CS070160) 연구개발 지원사업의 지원으로 연구되었습니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 김운수, 김경아, "서울시 다중이용시설의 실내공기질 실태조사 및 관리 방안 연구", 서울시경제발전연구원, 2004-R-17, pp.3-5, 2004
- [2] 환경부령 제279호, "다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙 일부개정령", 환경부, 2008
- [3] 서창수, 이철희, "유비쿼터스 센서 네트워크 시스템", 한빛전자 기술연구소, pp. 45, 2008
- [4] Liting Cao, Wei Jiang, Zhaoli Zhang, "Networked wireless meter reading system based on ZigBee technology", Control and Decision Conference 2008, pp. 3455-3460, July, 2008
- [5] ZigBee alliance, ZigBee Specification, [www.ZigBee.org](http://www.ZigBee.org), 2008
- [6] ATMEL, "ATmega128(L) datasheet", Revision P, 2008
- [7] 권중원, 박용만, Odgerel Ayurzana, 김희식, "ZigBee무선표준을 이용한 상수도 원격검침 네트워크 구현" 정보 및 제어 심포지움, ICS'06, 대한전기학회, 대한전자공학회, pp.168~170, 2006. 4
- [8] 권중원, 오드게렐, 박용만, 구상준, 김희식; "ZigBee를 이용한 실시간 임베디드 리눅스 기반의 저전력형 U-Health 시스템 구현" 2007 정보 및 제어 심포지움, ICS'2007, pp.436~438, 2007. 4