

# 모바일 환경센서 모듈을 이용한 지하철 2호선의 공기질 분석

## Air Quality Analysis of Subway Station Line Number 2 Using Mobile Environmental Sensor Modules

나형욱\*, 김창훈\*, 김규식\*, 김희식\*, 김조천\*\*  
(Hyeong-Uk Na, Chang-Hoon Kim, Gyu-Sik Kim, Hie-Sik Kim, Jo-Chun Kim)

**Abstract** - Air quality analysis is done for subway trains and subway platforms of subway line number 2 using mobile environmental sensor modules. CO<sub>2</sub> and PM10/PM2.5 particulate concentration are investigated for screen door systems, under-ground platforms, and transfer stations. These results would help to increase the quality of life of subway railroad passengers.

**Key Words** : environmental, sensor modules, air quality, mobile sensors, subway trains.

### 1. 서론

본 연구에서는 서울 지하철 중에서 가장 대표적인 2호선을 대상으로 실험을 행한다. 2호선은 신정지선과 성수지선을 제외하면 43개의 역사로 이루어져 있다. 이들 43개의 역사를 중심으로 지하철 공기질에 가장 영향을 미치는 CO<sub>2</sub> 농도와 미세먼지 농도에 대한 측정 및 분석을 통해 지하철 승객의 건강 향상을 위한 방안을 마련하려고 한다. 이들 역사가 지하역사인 지, 지상역사인 지, 혹은 환승역인지 아닌지, 최근에 스크린도어를 설치하였거나 아직 미설치역인가의 따른 역사의 공기질에 어떤 영향을 갖고 있는지를 면밀하게 조사해본다. 또한, 지하철 차량 안에서의 공기질은 어떠한지도 조사하여 공기질 개선을 위한 방안을 마련하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 모바일 CO<sub>2</sub> 환경센서 모듈

모바일 CO<sub>2</sub> 환경센서 모듈은 시중에서 시판되는 저가이며 적당히 정밀도를 유지할 수 있는 NDIR (Non Dispersive Infrared : 비분산 적외선) 방식의 센서를 CPU 보드와 인터페이스 하여 측정된 CO<sub>2</sub> 농도를 LCD 디스플레이에 보여주거나 컴퓨터에 데이터 통신이 가능하도록 하는 구조를 갖도록 설계된다. NDIR 방식의 CO<sub>2</sub> 센서는 그림 1과 같은 외형을 갖고 있으며 국내기업인 (주)이엘티가 개발하여 판매하고

있다.

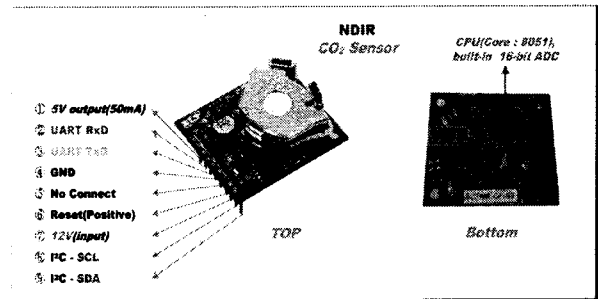


그림 1. NDIR 방식의 CO<sub>2</sub> 센서 ((주) 이엘티)

센서의 출력은 TTL 레벨의 논리신호가 나오므로 ATmega128(L)의 UART 단자에 연결하여 LCD로 디스플레이 하거나 MAX232 Chip을 거쳐 일반 Desktop PC에 CO<sub>2</sub> 센서 데이터 값이 표시될 수 있도록 할 수 있다. 그림 2는 CO<sub>2</sub> 센서 자체의 문자열로 되어 있는 메시지나 단위표시(ppm)등을 제외하고 실제 숫자 데이터만을 추출하도록 프로그래밍을 하여 나오는 데이터를 ATmega128(L) 테스트 보드에 부착한 LCD에 출력된 결과를 보여준다.

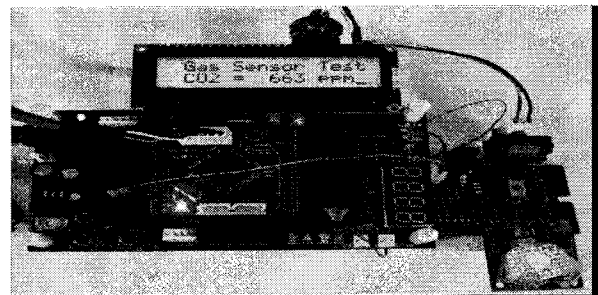


그림 2. NDIR CO<sub>2</sub> 센서의 농도데이터 디스플레이

\* 정희원, 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부  
(Dept. of Electrical and Computer Engineering,  
University of Seoul)

\*\* 건국대학교 환경공학과  
(Dept. of Environmental Engineering, Konkuk  
University)

## 2.2 휴대용 미세먼지 측정기

대기 중의 미세먼지를 단일입자 측정방법(계수법: 광학입자 계수기)을 이용하여 실험하였다. 계수법은 그림 3과 같이 입자가 관측체적을 지나면서 산란시키는 빛의 양에 의거하여, 입자의 광학적 크기 및 개수를 실시간으로 측정하는 방법이다. 그림 3에서 보듯이 샘플링 된 입자는 관측체적 내로 1개씩 통과 시키며 산란된 빛은 집광장치에 의해 광 검출기로 전달되며, 산란광의 양에 비례하여 전압(전류)의 세기로 변환된다. 전기적 신호로서 나타나는 Pulse의 높이 및 개수를 측정하며 Pulse의 높이는 Calibration Data에 따라 입자의 크기로 변환되고 Pulse의 개수는 입자의 개수로 표시된다.

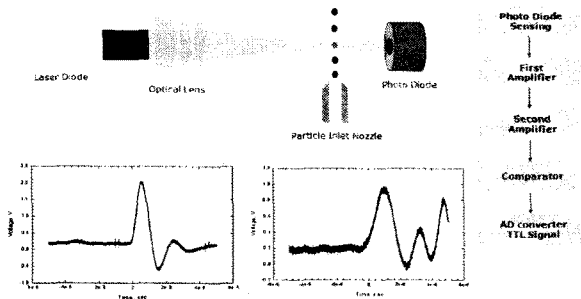


그림 3. 계수법에 의한 미세먼지 측정원리

한편, 미세먼지 측정 구분은 다음과 같다.

PM 2.5 : 직경 2.5 $\mu\text{m}$  이하인 미세먼지 농도를 측정

PM 10 : 직경 10 $\mu\text{m}$  이하인 미세먼지의 농도를 측정

TSP(Total Suspended Particulate) : 총 부유 미세먼지

본 연구를 위해 채용된 휴대용 미세먼지 측정기는 그림 4와 같다.

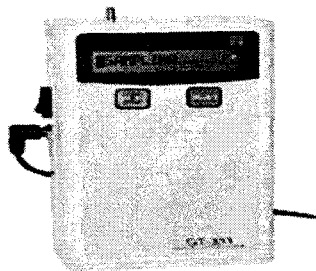


그림 4. 미세먼지 측정기 GT-331

## 3. 실험

### 3.1 2호선 43개 역사 승강장의 공기질 분석

첫 번째 실험으로는 2호선 43개 역사의 승강장 전체에 대해 미세먼지와 CO<sub>2</sub>의 농도에 대해 조사하고자 한다. 하루에 역사 한곳을 측정한다면 43일 걸려서 실험을 진행시켜야 하기 때문에 평일 오후 1시부터 6시 사이에 (미세먼지와 CO<sub>2</sub>의 농도가 대체로 균일한 시간대) 한 역사에 30분을 할애해서 측정하였다. 미세먼지와 CO<sub>2</sub>의 농도에 영향을 미칠 것으로

추측되는 요인으로 지상역인지 지하역인지, 환승역인지 아닌지, 그리고 PSD(스크린도어)가 설치되어 있는 곳과 아직 설치되어 있지 않은 승강장인지를 구별해서 정리해 보았다.

그림 5는 승강장의 CO<sub>2</sub> 농도의 평균치를 보여주는 것으로 CO<sub>2</sub> 농도의 평균치는 지하역사가 지상역사에 비해 높은 편이었다. 이는 지상역의 경우는 외부로부터 공기가 자유롭게 유입, 유출이 되어 항상 외기와 비슷한 조건으로 유지되지만, 지하역은 강제 환기가 있긴 하지만 공기의 유입, 유출이 지상역에 비해 미미하기 때문에 승객이 뿜어내는 CO<sub>2</sub>를 희석시키는데 한계가 있는 것으로 판단되었다. 환승역이 미환승역보다 CO<sub>2</sub>농도가 약간 높은 것으로 나타났는데 이는 환승역이 대체적으로 이용 승객이 더 많기 때문으로 추측되었다. 또한, 스크린도어 설치역이 미설치역보다 CO<sub>2</sub>농도가 높게 나오는 것은 스크린도어에 의해 승강장의 공기가 갱신되기 때문으로 생각된다.

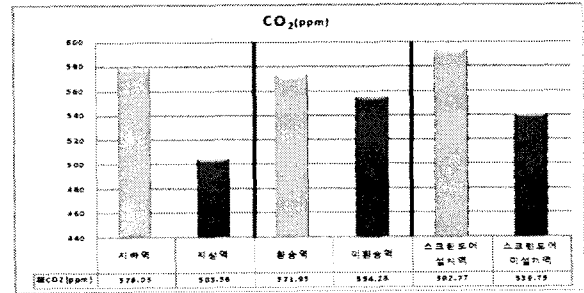


그림 5. 승강장 CO<sub>2</sub> 농도의 평균치

그림 6-8은 승강장에서의 미세먼지 농도 PM 2.5, PM 10, 그리고 TSP의 대해 측정한 결과 값이다. 승강장에서의 미세먼지는 지상역사가 지하역사보다 훨씬 높았다. 지하역사의 환기 시설이 24시간 가동되는데 반해 지상역사는 차도나 자동차 등으로부터 나오는 온갖 미세먼지가 유입되는데 이를 제거하기 위한 필터나 환기시설이 설치되어 있지 않고 방치되어 있기 때문으로 생각되었다. 환승역이 미환승역보다 미세먼지 농도가 약간이나마 낮은 이유는 이동하는 승객수가 많음에도 불구하고 통로가 많아 승강장에 있는 부유 미세먼지가 쉽게 퍼지며 농도를 떨어뜨리는 것으로 판단되었다. 스크린도어 설치역의 경우 당연히 미세먼지 농도가 낮게 나왔다. 스크린도어 미설치역의 경우는 터널 안에 있는 온갖 미세먼지가 열차 풍에 의해 부유하여 승강장 미세먼지 농도를 높인 것으로 판단되었다. 또한, 미세먼지 농도는 서로 유사한 경향을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

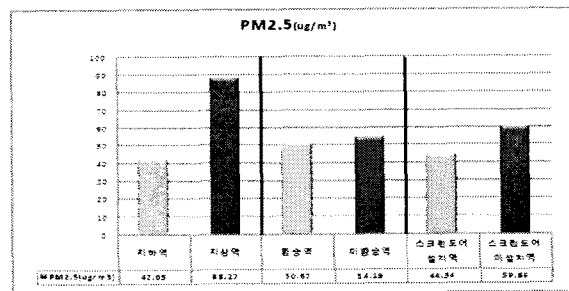


그림 6. 승강장 PM 2.5 농도의 평균치

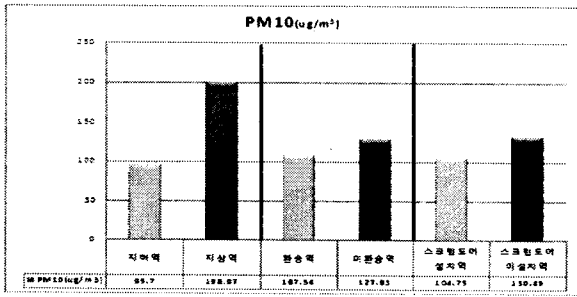


그림 7. 승강장 PM 10 농도의 평균치

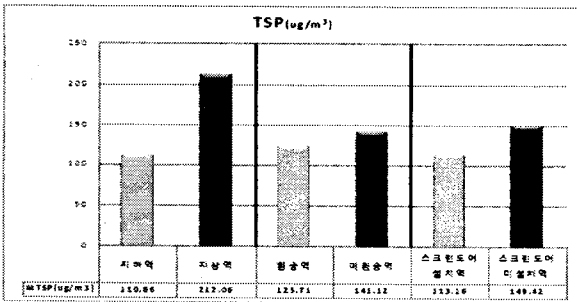


그림 8. 승강장 TSP 농도의 평균치

### 3.3 전동차 내부에서의 공기질 분석

두 번째 실험은 2호선 전동차 내의 미세먼지와 CO<sub>2</sub> 농도에 대해 전동차가 운행을 시작하고 승객이 서서히 증가하는 12월 23일 (화요일) 오전 7:00부터 오후 11:00까지 16시간 동안 2호선 순환전동차를 타고 11바퀴 돌면서 측정된 결과를 35분 간격으로 평균해서 구한 것이 각각 그림 9와 10에 있다. 미세먼지 농도는 전동차 안의 경우가 승강장에 비해 대략 50% 정도 높은 것으로 나타났고 CO<sub>2</sub>농도는 전동차 안의 경우가 승강장에 비해 대략 3~4배 높은 것으로 나타났다.

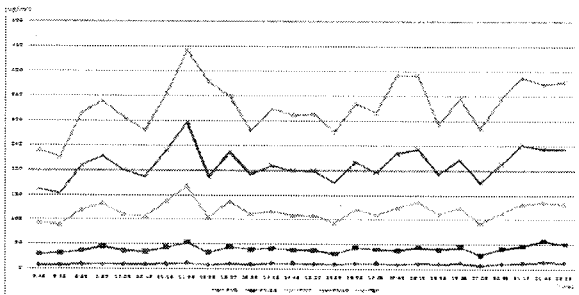


그림 9. 전동차 내에서의 미세먼지 농도변화

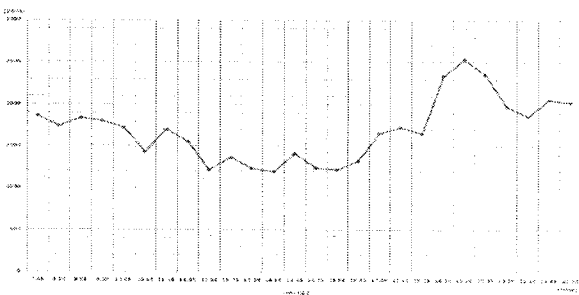


그림 10. 전동차 내에서의 CO<sub>2</sub> 농도변화

## 4. 결론

수도권의 대표적인 교통수단인 지하철을 이용하는 시민들의 건강에 가장 영향을 미치는 요인인 미세먼지 농도와 CO<sub>2</sub> 농도에 대해 승강장과 전동차 내에서의 실태를 조사하고 이를 개선하기 위한 방안을 생각해 보자는 취지로 연구를 시작하였다. 이를 위해 이동성과 조작성이 편리한 휴대용 미세먼지 측정기와 모바일 CO<sub>2</sub> 센서 모듈을 구성하고 두 가지 실험을 하였다.

첫 번째 실험으로, 2호선 43개 역사의 승강장 전체에 대해 미세먼지와 CO<sub>2</sub>의 농도에 대해 조사하였다. 두 번째 실험으로, 2호선 전동차 내의 미세먼지와 CO<sub>2</sub>의 농도에 대해 측정해 보았다.

이 실험을 통해 우리가 이용하고 있는 지하철 2호선의 공기 질에 대해 알 수 있었다. 스크린도어가 차후 설치되는 것으로 인한 미세먼지 농도 감소효과는 거둘 수 있겠지만 근본적인 대책은 되지 않을 것으로 생각된다. 또한, 지상역사에서의 대책도 마련해야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 2007년도 서울시 산학연 기반기술 특정 과제 (CS070160) 연구개발 지원사업의 지원으로 연구 되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] 권종원, 박용만, Odgerel Ayurzana, 김희식, "ZigBee무선표준을 이용한 상수도 원격검침 네트워크 구현" 정보 및 제어 심포지움 ICS'06, pp.168-170, 2006. 4
- [2] 권종원, 오드케렐, 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
- [3] 박용만, 김희식, 김규식, 이문규, "지하철 역내 가스 검출 원격 모니터링 시스템 구현" 2007 정보 및 제어 심포지움 ICS'2007, pp.439-441, 2007. 4
- [4] 오준태, 박재우, 전진용, 김규식, 박기호, "디지털 저항을 이용한 용접기용 무선 리모콘", "정보 및 제어 심포지움 ICS'08, pp.225-227, 2008. 4
- [5] 이병식, 이준화, 김규식, 김조천, "초소형 비행체 Quad Rotor를 이용한 USN 환경가스센싱 시스템", "정보 및 제어 심포지움 ICS'08," pp.45-46, 2008.4