

무선 센서네트워크를 이용한 역사에서의 대기오염 모니터링

Air Pollution Monitoring of Subway using Wireless Sensor Network

박덕신* 조영민** 권순박** 박은영***
Park, Duck-Shin Cho, Young-Min Kwon, Soon-Bark Park, Eun-Young

ABSTRACT

It was intended in this study to seek for the measures to utilize the USN technique, which has high usability due to low price and low power consumption, in air quality monitoring. As a method, the sensors of temperature, humidity, particulate matters (PM10), and carbon dioxide (CO₂) were installed in the self-manufactured sensor nodes; the nodes were installed in the waiting rooms and platforms of a subway station and the measurements were collected at real time with use of a computer which micro gateway was built in. Collected data was to be processed by the statistics program installed in the computer; the collected data is to be used in managing the air quality of stations after transmission to the ventilation system of ventilation chambers.

1. 서 론

한국의 지하철은 1974년 영업을 시작한 이후 서울의 263개 역을 포함하여 전국에 총 445개의 역사가 있으며, 연간 20억명 이상의 승객이 이용하는 주요 대중교통수단이다. 지하역사의 경우 스크린도어(PSD)의 설치, 집진차량과 살수차의 운행, 환기실에 공기청정장치의 설치 등 지속적인 환경개선 노력으로 공기질이 점차 개선되고 있다. 그러나 외부 공기의 악화로 미세먼지의 경우 환경부 실내공기질 기준을 만족하지 못하는 경우가 빈번하다.

가정, 사무실 등의 무선 네트워킹에서 근거리 통신 프로토콜인 Zigbee를 기반으로 한 Ubiquitous Sensor Network (USN) 기술은 홈네트워크, 빌딩 및 산업 기기의 자동화, 물류, 환경 모니터링, 군사, 보안, 재고관리, 동물관리, 자연재해관리, 지능형교통시스템(ITS), 헬스케어(Health Care) 등에 다양하게 응용되고 있다. 특히, 환경 모니터링 분야에서는 광범위한 지역이나 공간구조가 복잡한 역사와 같은

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

E-mail : dspark@krri.re.kr

TEL : (031)460-5367 FAX : (031)460-5319

** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

*** 한국과학기술연합대학원 대학교

실내 환경에서 기존의 측정기기를 대체하여 오염물질의 농도를 모니터링 할 수 있는 새로운 방법으로 인식되고 있다 (Chung and Oh (2006)).

본 연구에서는 최근 저가, 저전력으로 활용도가 높은 USN 기술을 공기질 모니터링에 활용할 수 있는 방안을 모색하였다. 그 일환으로 자체 제작한 센서노드에 온도, 습도, 미세먼지 (PM10), 이산화탄소 (CO₂) 등의 센서를 각각 장착하여 지하역사의 대합실과 승강장에 설치한 후 마이크로 게이트웨이를 탑재한 컴퓨터에서 측정데이터를 실시간으로 수집하였다. 수집된 데이터는 컴퓨터에 자체 내장된 통계프로그램에 의해 처리가 되도록 하였으며, 향후 수집된 데이터는 환기실의 환기시스템에 전달되어 역사의 공기질을 관리하는데 이용될 수 있도록 할 계획이다.

2. 연구 방법

온·습도(모델명; SHT-15), 먼지(모델명; PS02C-PWM), CO₂(모델명; NAP-21A) 등 3가지의 센서노드를 사용하였다. 온·습도 센서노드는 역사 및 승강장에서의 온도와 습도의 변화 추이를 관찰하기 위해 저전력 센싱 알고리즘을 사용하여 AA 사이즈의 배터리로 동작을 할 수 있는 장치이다. CO₂ 센서노드는 CO₂ 농도를 측정하기 위한 장비로서 열전도(thermal conductive) 방식인 센서노드 자체의 전력 소모량이 많아서 상용전원을 사용하였다. 먼지 센서노드는 미세먼지 농도를 측정하기 위한 장비로서 광산란 방식으로 CO₂ 센서와 마찬가지로 전력소모량이 많아서 상용전원을 사용하였다. 센서노드는 측정을 위한 센싱파트, 데이터를 무선으로 주고받기 위한 RF(radio frequency) 파트, 센싱파트와 RF 파트를 관장하여 들어오는 데이터를 처리하고 각 파트를 제어하는 MCU(microcontrollers) 파트로 구성하였다.

사용된 RF 기술은 IEEE802.15.4 표준인 Zigbee를 기반으로 하였다. 이 프로토콜은 저속과 저전력을 목표로 하며, 현재 센서 네트워크 구현에 가장 적합한 통신기술로 인식되고 있다. Zigbee는 무선통신 분야에서 경량, 저전력, 저가격으로 AA 건전지 2개만으로도 수개월에서 1~2년까지 사용이 가능하다. 센서노드는 Zigbee의 특성상 평지에서 100m 정도의 근거리 통신만 가능하므로 센서노드에서 RF를 통해 데이터를 수신하고, 마이크로 게이트웨이나 다른 라우트 노드로 송신하는 중계 역할을 하는 라우트 노드를 사용하였다. 마이크로 게이트웨이는 센서노드나 라우트 노드에서 수신되는 정보를 취합하고, 이를 이더넷 인터페이스를 통해 서버나 모니터링으로 전달하는 기능을 한다. 마이크로 게이트웨이는 센서 네트워크의 가장 상위에 위치하여 네트워크 하위 노드들의 센싱 주기 및 슬립 주기들을 통제하는 기능을 하며, 네트워크 전체를 제어한다. 따라서 항상 동작하여야 하므로 상용 전원을 사용한다. 센서노드에 대한 정보는 소프트웨어를 통해 GUI(graphic user interface)화 하여 컴퓨터의 화면에 나타내었다. 각 센서 노드들에서 얻어진 데이터는 그래프와 표로 표시할 수 있도록 하였으며, 그 값들이 전달된 경로를 네트워크 구조도를 통해 표현하도록 구성하였다.

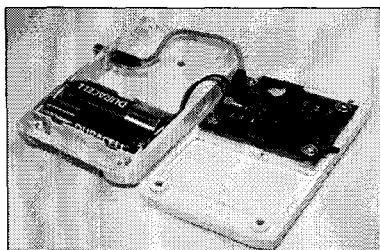


Fig. 1. Temperature and humidity sensor node.

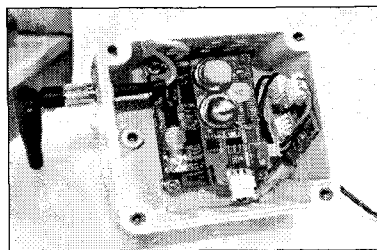


Fig. 2. CO₂ sensor node.

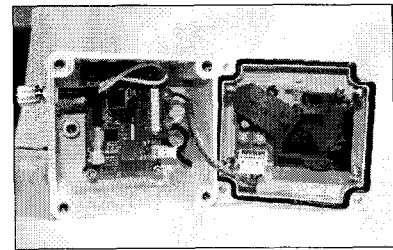


Fig. 3. PM10 sensor node.

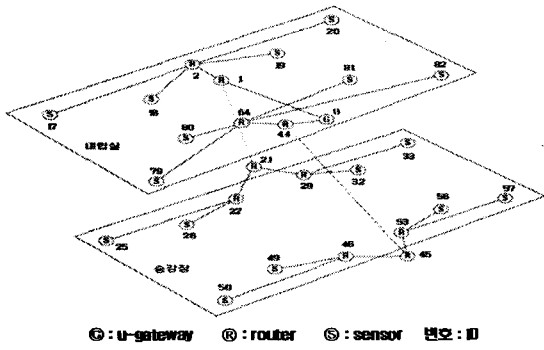


Fig. 4. Sensor network used in this study

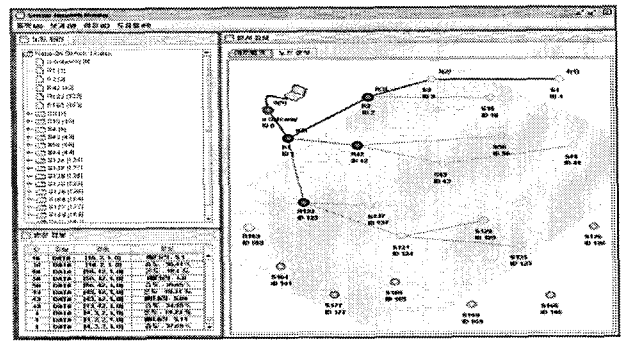


Fig. 5. Monitoring system for subway station.

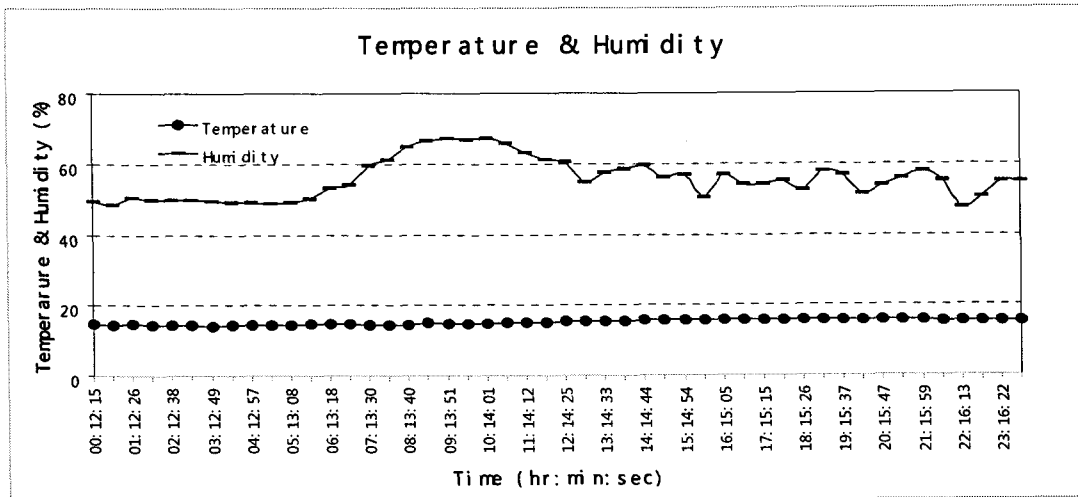
3. 결과 및 고찰

네트워크는 그림 4와 같이 지하역사의 승강장과 대합실의 2개 층에 구성하였으며, 배터리로 동작하는 노드들의 소모 전력을 최소화하기 위해 센싱주기와 슬립주기는 30분 간격으로 하였다. 20개의 센서노드, 라우트 노드, 그리고 메인컴퓨터에 마이크로 게이트웨이를 설치하였다. 네트워크 구조는 트리 구조를 기본으로 하였다.

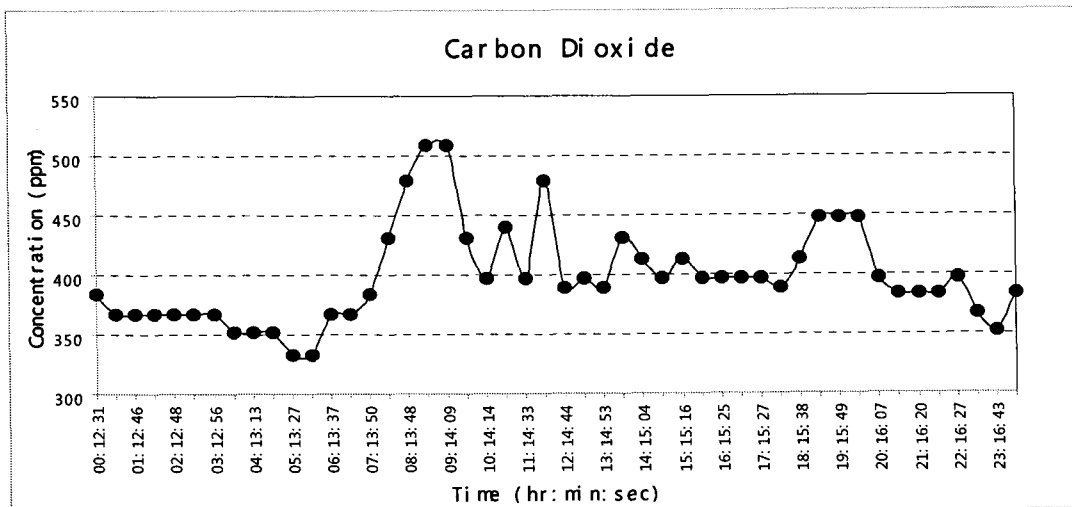
모니터링 시스템은 역사에 설치된 각 센서노드로부터 전달받은 센서 데이터와 네트워크 구조를 GUI를 통해 사용자에게 그림 5와 같이 표현하고, 파일 로그 기능을 통해 데이터를 저장하는 기능을 한다. 모니터링 시스템은 JAVA 플랫폼을 사용하여 구현하였다. 그림 5의 왼쪽의 트리 창에는 현재 네트워크 상에 등록된 노드들이 표시되고, 그 아래의 받은 정보 창에는 센서 노드들로부터 받은 센싱 값에 대한 정보와 데이터 전달 경로의 ID가 표시된다. 오른쪽 센서 정보 창에는 네트워크와 노드정보 탭이 존재한다. 네트워크 탭은 네트워크 내부의 노드와 네트워크 연결 상태 등을 GUI를 통해 표시해주고, 노드 정보 탭은 센서노드들의 센서 데이터 값을 그래프를 통해 표현해 준다.

그림 6 (a)에 온도 및 습도 센서노드에서 2007년 4월 10일 모니터링된 데이터를 나타내었다. 지하역사에서 온도의 범위는 15~20 °C로 거의 일정한 수준이었으며, 습도의 경우 0~8시 사이에 50% 정도를 유지하다가 지하철의 운행 횟수가 많은 출근 시간대에 70 °C 까지 증가하는 경향을 보였다. 그림 6 (b)에 나타낸 CO₂ 센서에 의해 계측된 CO₂는 330~520 ppm으로 환경부의 실내공기질 기준인 1,000 ppm 보다 훨씬 낮은 농도를 보였으며, CO₂ 농도 역시 열차의 운행과 이용 승객이 증가하는 8시 이후에 증가하였다. 센서노드로 계측된 PM-10의 농도 값은 그림 6 (c)에 나타낸 것과 같이 90~250 µg/m³의 범위를 보였다. PM-10 측정 센서의 경우 상용화된 모델이 많지 않아서 저가의 센서를 사용했으며, 자체 캘리브레이션 결과 센서 간에 편차가 심해서 센서노드를 통해 무선으로 계측된 측정 값을 신뢰하기에는 다소 무리가 따르는 것으로 사료된다. 향후 PM-10 센서에 대한 추가 연구를 진행할 계획이다.

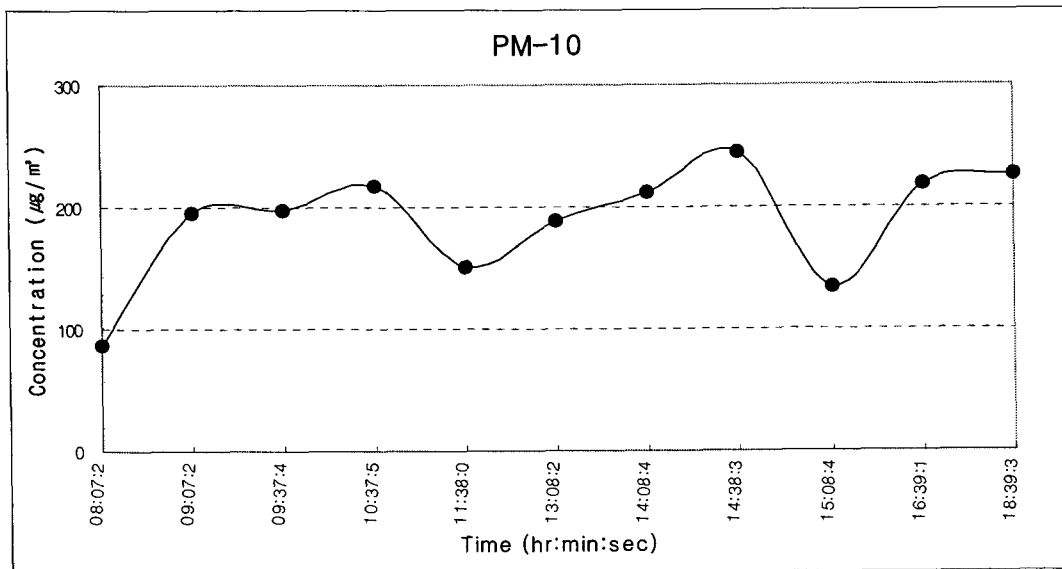
본 연구에서는 지하역사에서 지능화된 무선센서네트워크를 이용하여 공기질을 모니터링하는 새로운 방법을 제안하였다. Zigbee 기반의 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용할 경우 기존의 공기질 모니터링 방식보다 시스템의 구성에 적은 비용이 들고, 통신 케이블의 설치가 편리하여 손쉽게 네트워크를 구성할 수 있다. 현재 지하역사에 설치된 네트워크 시스템을 보완하기 위한 연구를 지속적으로 수행할 예정이며, 본 시스템의 개발이 완료될 경우 실내공기질의 개선에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.



(a) Variation of temperature and humidity



(b) CO₂ concentration



(c) PM-10 concentration

Fig. 6. Variation of temperature/humidity, CO₂ and PM10 concentration at the subway station.

참 고 문 헌

- Railroad USN 기술연구회(2007) 「USN 환경 기반의 지하철 역사내 지능형 대기오염 모니터링 및 관제 시스템 개발」, 2차년도보고서.
- Wan-Young Chung and Sung-Ju Oh, Remote monitoring system with wireless sensors module for room environment, Sens. Actuators B 113 (2006) 64-70.