무선센서네트워크에 기반한 공기질 모니터링 연구

Study of Air Quality Monitoring based on Wireless Sensor Network

박덕신[1)] 조영민[2)] 권순박[2)] 박은영[3)] 옥민환[2)]

Park, Duckshin Cho, Youngmin Kwon, Soonbark Park, Eunyoung Ok, Minhwan

---

ABSTRACT

In this study, it was suggested how to monitor the air quality with use of intelligent wireless sensor network in the subway station. When Zigbee-based ubiquitous sensor network was used, smaller budget was required in configuring the system compared to existing air-quality monitoring method and this system may easily be configured due to easy installation of communication cables. The study will be continued to supplement the network systems currently installed in subway stations and the completion of development of this system is expected to make a large contribution in improvement of indoor air quality.

---

1. 서 론

기존 공기질 모니터링 시스템의 경우 고가의 센서를 사용하므로 측정데이터의 정확도는 높지만 장치의 규모가 크고 가격이 고가여서 지하역사와 같이 넓은 장소의 원하는 위치에 설치하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 근거리, 저전력, 저가의 센서를 사용하는 Zigbee를 기반으로 하는 무선 센서네트워크를 공기길 측정에 응용하고자 하였다.

상용화된 PM10, CO_2, CO, 스모크, 온.습도센서 등을 사용하여 모니터링 시스템을 구성하여 지하역사에 설치하였다. 본 연구에서 사용한 센서의 경우 가격이 저렴하고, 전력 소모가 적은 장점이 있지만 센서의 출력 값에 대한 정확한 정보가 제공되지 않아서 자체 실험을 통해서 데이터를 수집하였다. PM10 센서는 풍동을 이용하고, CO_2 센서는 소형 챔버를 이용하여 보정을 하였다.

센서 네트워크는 센서노드의 RF 통신 거리와 현장의 도면을 입력변수로 사용하여 설계를 한 후 실제 현장에서 검증을 통해 설치위치를 결정하였다. 전력소모가 많은 PM10센서와 CO_2센서의 경우 배터리로는 전력소모를 감당할 수 없어서 상용전원을 사용하였다. 향후, 센서들의 전력소모를 최소화할 수 있는 기술이 요구된다. 또한, 광범위한 영역을 모니터링 하기 위해서는 더 많은 센서노드를 사용해야 하므로 새로운 전원공급 장치의 개발도 필요하다. 저가의 센서를 사용하면서 센서의 정확도가 다소 낮아지는 문제는 보정실험과 측정결과의 통계적 처리를 통해 보완 될 수 있을 것으로 기대된다.

---

1) 한국철도기술연구원 정회원, E-mail : dspark@krri.re.kr, TEL : (031)460-5367 FAX : (031)460-5279

2) 한국철도기술연구원 정회원,

3) 한국과학기술연합대학원 대학교 박사과정

2. 연구방법

센서네트워크는 Ad-hoc 네트워크의 일종으로 감지 기능과 계산처리 그리고 무선통신 기능을 가지는 센서노드와 게이트웨이 또는 데이터 집중국 역할을 하는 베이스 스테이션 등으로 구성된 무선 센서네트워크로 정의할 수 있다. 기본적으로 센서노드는 감지된 정보를 베이스 스테이션으로 전달하고, 베이스 스테이션은 인터넷과 같은 기존의 네트워크를 통하여 사용자에게 해당 정보를 제공한다. 여기서, 사용자는 사람이 될 수도 있고, 센서 네트워크 응용 소프트웨어가 탑재된 장치가 될 수도 있다. 그 과정에서 센서노드들은 기존에 미리 설치된 네트워크의 이용 없이 스스로 Ad-hoc 네트워크를 구성하여 베이스 스테이션으로 데이터를 전송한다. 센서노드들의 역할은 단순히 감지한 데이터를 전처리하여 베이스 스테이션으로 전달하는데 국한하지 않고, 주변의 다른 센서노드들과의 협력을 통하여 추상화된 고급 문맥 정보를 생성할 수 있다.

센서네트워크는 응용 목적에 따라 다양한 요구사항을 가지지만, 설계시 센서노드의 수명을 늘리기 위해 전력소모를 줄여야 하고, 광범위한 지역에 다량의 센서를 설치해야 하므로 가격이 저렴해야 한다. 그리고상황변화에 능동적으로 대처해야 하므로 토폴로지 변화의 수용 및 해결능력 등을 갖추어야 한다.

본 연구에서는 그림 1에서 보듯이 Berkeley MICA Mote를 기반으로 마이크로 프로세스, 운영체계가 탑재된 메모리, 무선통신을 위한 RF(radio frequency) 등으로 구성된 센서노드와 노드의 프로그래밍, 업데이터, 네트워크 관리와 수집한 데이터를 이더넷(ethernet)으로 연결하는 역할을 하는 싱크노드를 개발하였다.

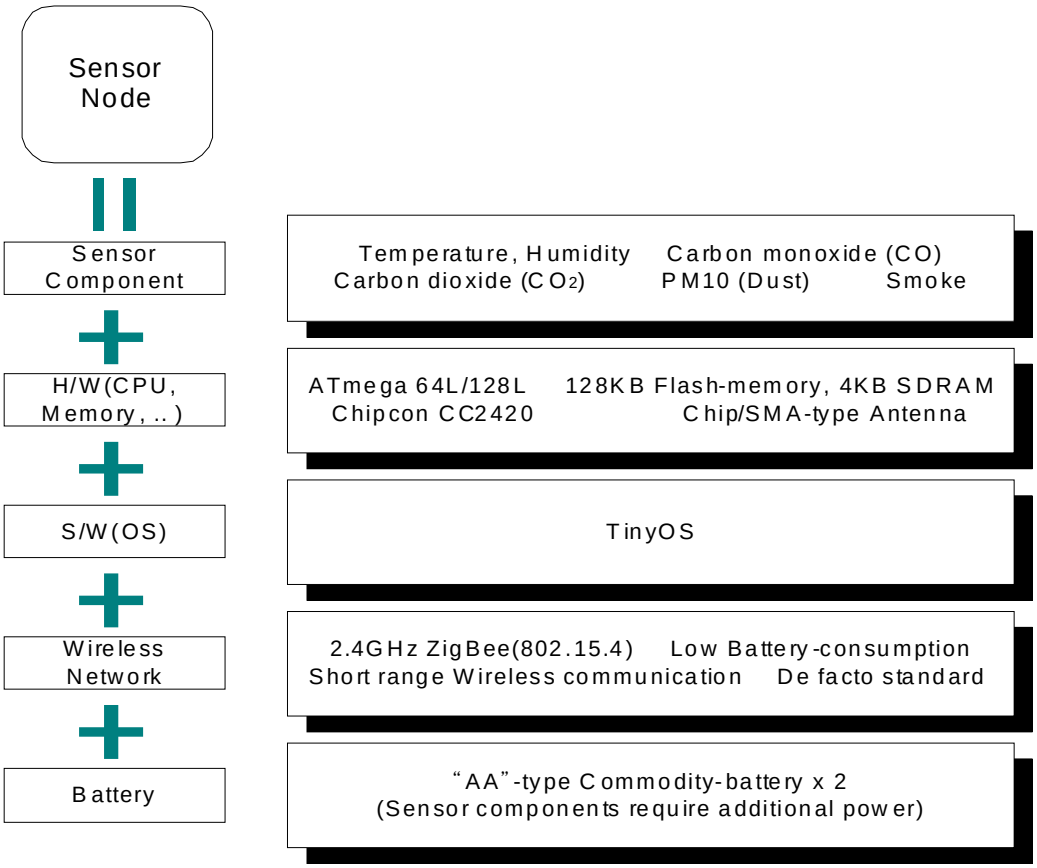

그림 1. 센서노드 구조와 연구에 사용된 센서(PM10, CO_2, CO, smoke, etc).

3. 결과 및 고찰

3.1 파일럿시스템의 네트워크

파일럿 시스템의 네트워크는 지하역사의 승강장과 대합실의 2개 층에 걸쳐 총 3개 채널로 트리 구조를 기본으로 구성하였다. 배터리로 동작하는 노드들의 전력 소모를 줄이기 위해 감지주기는 30분 간격으로 설정하여 슬립 (sleep) 시간을 가지도록 하였다. 대합실은 하나의 공간으로 되어있으므로 그림 2에 나타낸 것과 같이 1개의 Zigbee 채널을 할당했다. 승강장은 공간이 상행과 하행으로 분리되어 있으므로 2개의 Zigbee 채널을 할당해서 네트워크를 구성했다. 각 채널에서 로그인 되는 데이터는 한대의 서버에서 통합 처리되도록 하였으며, 입력 데이터는 통계 처리되도록 시스템을 구성했다.

트리 구조는 저전력을 위해 고안된 구조로서 트리 구조의 모든 노드는 최상위 노드로부터 감지주기와 슬립주기의 제어를 받아 전력소모를 최소화한다. 무선 센서가 서로 멀리 떨어져 있는 경우 중간에 데이터를 연결하는 역할을 해줄 루트가 필요하다. 루트는 자신의 센서 데이터를 상위 노드(parent-node)에게 전송하고, 자신의 하위 노드(child-node)의 센서 데이터를 상위 노드로 전달하는 역할을 한다. 본 연구에서 사용한 저전력을 위한 알고리즘은 센서노드는 평상시에는 작동하지 않다가 일정한 신호가 입력되면 동작을 시작해서 데이터를 보내고 다시 슬립모드로 들어가는 미리 설정된 시나리오에 의해 동작하도록 설정하였다.

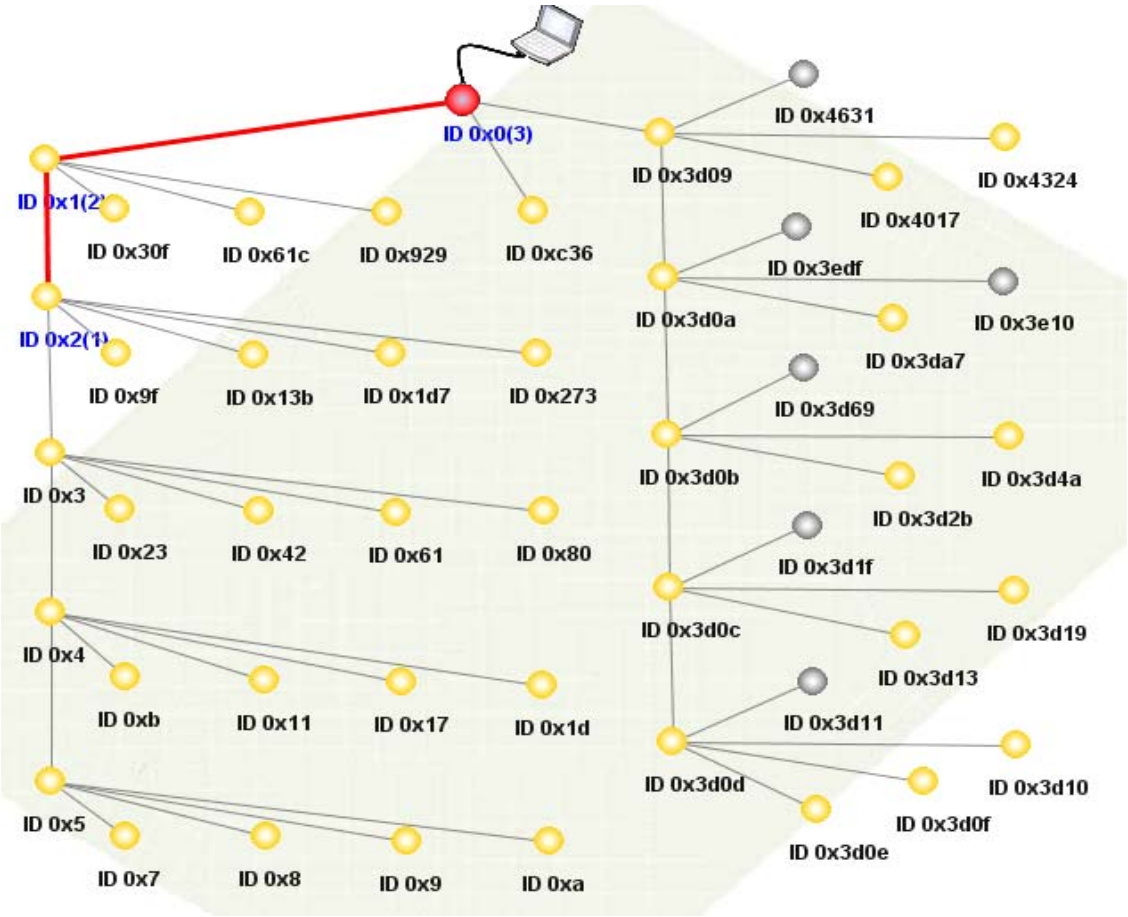

그림 2. 승강장에 설치된 1번 채널의 네트워크 구조

3.2 파일럿시스템의 모니터링

모니터링 시스템은 그림 3에서와 같이 각 센서노드로부터 전달받은 센서 데이터 값과 네트워크 구조를 GUI(graphic user interface) 환경을 통해 사용자에게 보여주고, 파일 로그 기능을 통해 데이터를 저장하는 기능을 한다. 모니터링 시스템은 JAVA 플랫폼을 사용하여 구현하였다. 그림 3에서 왼쪽의 노드 트리 창에는 현재 네트워크 상에 등록된 노드들이 표시되고, 그 아래의 받은 정보 창에는 센서 노드들로부터 전달받은 감지 값의 정보와 데이터 전달 경로의 ID가 표시된다. 오른쪽 센서 정보 창에는 네트워크와 노드정보 탭이 존재한다. 네트워크 탭은 네트워크 내부의 노드와 네트워크 연결 상태 등을 윈도우를 통해 표현해 주고 노드정보 탭은 센서 노드들의 센서 데이터 값을 그래프를 통해 표현해 준다.

3.3 파일럿시스템의 현장설치

PM10, CO_2 이외에 CO, smoke, 온.습도 센서 등 센서노드 20개를 과천선 경마공원역에 설치하였다. 파일럿 시스템은 일반 사무용 PC 한 대에 게이트웨이 3개를 연결하고, 안정적으로 전원을 공급해 주기 위해 무정전 전력공급장치를 추가로 설치하였다.

장애물이 있을 경우 RF 통신에 방해를 받기 때문에 센서노드를 설치하기 전 네트워크 설계를 하고 설계자료를 바탕으로 실제 현장에서 설치위치를 변경시키면서 테스트를 하여 최적의 위치를 선정하였다. 대합실의 경우 그림 4에서와 같이 통신에 유리하고 설치가 쉬운 중앙 기둥을 설치장소로 하였다. 센서노드의 설치높이는 제연경계벽 보다 약간 아래로 하여 경계벽에 의한 통신방해를 줄일 수 있도록 하였다. 승강장의 경우 상.하행선의 벽면에 각 센서노드를 그림 18과 같이 설치하고 연결통로에 라우트를 설치하여 데이터가 승강장에서 대합실로 원활하게 전달될 수 있도록 하였다.

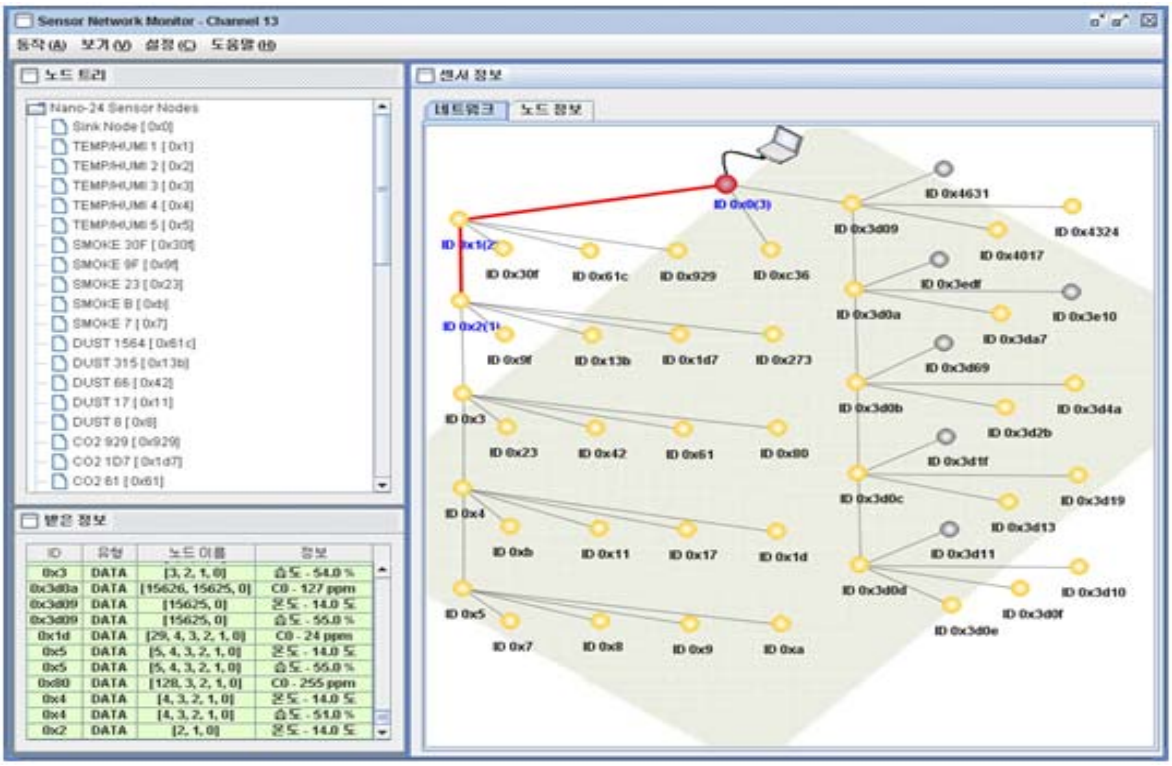

그림 3. GUI (graphic user interface) 환경의 모니터링 시스템

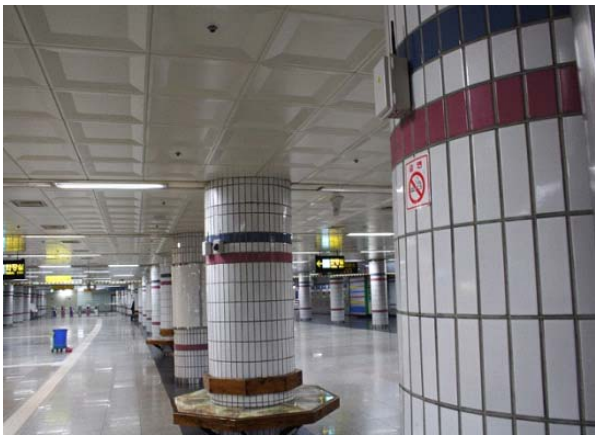

그림 4. 지하역사 승강장에 설치된 센서노드

4. 결 론

기존 공기질 모니터링 시스템의 경우 고가의 센서를 사용하므로 측정데이터의 정확도는 높지만 장치의 규모가 크고 가격이 고가여서 지하역사와 같이 넓은 장소의 원하는 위치에 설치하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 근거리, 저전력, 저가의 센서를 사용하는 Zigbee를 기반으로 하는 무선 센서네트워크를 공기길 측정에 응용하고자 하였다.

PM10, CO_2, CO, 스모크, 온.습도센서 등을 사용하여 모니터링 시스템을 구성하여 지하역사에 설치하였다. 본 연구에서 사용한 센서의 경우 가격이 저렴하고, 전력 소모가 적은 장점이 있지만 센서의 출력 값에 대한 정확한 정보가 제공되지 않아서 자체 실험을 통해서 데이터를 수집하였다. PM10 센서는풍동을 이용하고, CO2 센서는 소형 챔버를 이용하여 보정을 하였다.

센서 네트워크는 센서노드의 RF 통신 거리와 현장의 도면을 입력변수로 사용하여 설계를 한 후 실제 현장에서 검증을 통해 설치위치를 결정하였다. 전력소모가 많은 PM10센서와 CO_2센서의 경우 배터리로는 전력소모를 감당할 수 없어서 상용전원을 사용하였다. 향후, 센서들의 전력소모를 최소화할 수 있는 기술이 요구된다. 또한, 광범위한 영역을 모니터링 하기 위해서는 더 많은 센서노드를 사용해야 하므로 새로운 전원공급장치의 개발도 필요하다. 저가의 센서를 사용하면서 센서의 정확도가 다소 낮아지는 문제는 보정실험과 측정결과의 통계적 처리를 통해 보완 될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

1) 한국철도기술연구원(2008) USN 환경기반의 철도시스템 기술개발, 1차년도 최종보고서.

2) Wan-Young Chung and Sung-Ju Oh(2006) Remote monitoring system with wireless sensors module for room environment, Sens. Actuators B 113, 64-70.

3) K. Martinez, J. K. Hart and R. Ong(2004) "Sensor Network Applications", *IEEE Computer* Aug. pp.50-56.

4) N. Jain and D. P. Agrawal(2007) "Current Trends in Wireless Sensor Network Design", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 1, January, pp.101-122.