

USN 기반의 지하역사 모니터링 시스템의 설계 및 개발

이석철[†], 정신일^{**}, 김창수^{***}

요 약

본 논문은 지하철 역사의 쾌적한 환경 유지를 위한 USN 기반의 환경 모니터링 시스템에 관한 내용을 수록하고 있다. 개발된 시스템은 통합 센서 장비 기반의 센서 필드, 측정된 센서 장비의 데이터를 수집, 분석, 저장하는 미들웨어, 수집된 데이터를 사용자에게 서비스하는 로컬 및 웹 기반 모니터링 시스템으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 환경 측정을 위해 온/습도, 미세먼지 센서와 선로의 청결 유지 관리를 위한 물탱크의 수위 레벨 센서를 기본적인 실험환경으로 구성하였고, 기존 설치된 센서와의 연동을 위한 4~20mA의 아날로그 센서와 지그비(Zigbee) 기반 센서 네트워크 장비인 Telos-b를 연동한 장치로 구성하여 현장에 기 구축된 센서의 재사용이 가능하도록 하였다. 미들웨어는 멀티 홉 센서 네트워크를 통한 데이터 수집과, 수집된 데이터를 분석, 저장하는 기능을 내장하였고, 모니터링 시스템은 상황실을 위한 로컬 모니터링과 원격지에서의 웹 기반 모니터링을 지원한다. 본 논문에서 제안하는 미들웨어와 모니터링 시스템은 컴포넌트 형태로 구성되어 개발된 센서의 종류가 변경되거나 응용 프로그램의 목적이 변경되어도 재사용할 수 있는 장점을 가진다. 개발된 시스템은 기존의 PLC 기반의 시스템과 비교하였을 때, 센서 장치의 이동성과 시스템의 분산 환경을 지원하고 미들웨어에서 지원하는 데이터 수집 및 관리 기능은 각종 통계자료로 활용이 가능하다.

Design and Development of Monitoring System for Subway Station based on USN

Seok-cheol Lee[†], Shin Il Jeong^{**}, Chang-soo Kim^{***}

ABSTRACT

This paper describes the environmental monitoring system for supporting comfortable subways based on USN. Our development system includes the sensor field based on integrated sensor, monitoring system for supporting the local and remote monitoring and middle-ware performs the collecting, analyzing, and storing the data. In this paper, we installed the temperature, humidity, micro-dust sensor and water-level sensor for supporting the rail-roads and make up the integrated sensor enables to reuse the analog device from 4~20mA output with connection of wireless sensor device. Middleware includes the modules of collecting, analysis, and storing the data and monitoring system supports the local for administrator and remote monitoring for citizen services based on web. The middleware and monitoring in this paper is comprised of some components can reuse and support the change of application and sensors. Our development system supports the mobility of sensor devices and distributes system. Data collection and management function supported by middleware will use assessment.

Key words: Environmental Monitoring(환경모니터링), Ubiquitous(유비쿼터스), Sensor Network(센서 네트워크)

※ 교신저자(Corresponding Author): 정신일, 주소: 부산광역시 남구 대연 3동 599-1(608-737), 전화: 051)629-6231, FAX: 051)629-6210, E-mail: sijeong@pknu.ac.kr
접수일: 2009년 6월 12일, 수정일: 2009년 10월 26일
완료일: 2009년 11월 10일

[†] 준회원, 부경대학교 정보보호학협동과정 박사과정

(E-mail: host2000@pknu.ac.kr)

^{**} 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

^{***} 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
(E-mail: cskim@pknu.ac.kr)

※ 이 논문은 2007년도 부경대학교 연구년 교수 지원사업에 의하여 연구되었음(과제번호: PS-2007-020)

1. 서 론

대표적인 지하공간의 다중이용시설인 지하철 역사는 밀폐된 공간적인 특성으로 인하여 지상공간에 비해 실내 공기 질, 환기 문제 등의 환경적인 제약 조건이 많다. 특히 지하공간의 복층 형태와 지하 심도의 증가는 이러한 문제를 더욱 가속화 하고 있다. 현재 서울 지하철 역사는 지하 평균 심도 13.7m~55.4m로 지상 공간의 건물의 높이에 필적할 만한 심도를 가지고 있다[1-3]. 이러한 지하철 역사의 공기 질을 유지하고 시민들이 쾌적한 환경에서 역사를 이용하기 위해서는 산재해 있는 미세먼지 및 배출되는 이산화탄소 농도, 실내 온/습도 등의 요소의 측정이 필요하며, 쾌적한 공기 질 유지를 위한 관리 시설이 반드시 필요한 실정이다. 만약 이러한 유해 요소에 장기적으로 노출될 경우, 무기력증, 심혈관계 질환이 동반될 수 있다[3-5]. 따라서 이러한 지하철 역사의 쾌적한 환경상태와 공기 질을 유지하기 위해서는 현재 지하철에 구축된 공조 설비의 기능을 강화하는 방법과 고성능의 장비를 도입하는 것도 매우 중요하지만 기존에 설치되어 있는 장비를 비교적 저렴한 센서를 측정 후보 영역에 분산하여 데이터를 수집하는 방법이 더욱 효율적이다. 또한 공기 질을 모니터링하고 그것을 지수화 하여 오염의 정도를 직관적인 방법으로 전달하기 위한 기준을 가늠할 수 있는 관련 데이터를 정비하는 것도 중요하다. 현재 서울, 부산과 같은 대도시의 지하철 역사 내부에는 실내 온도, 습도, 미세먼지 측정 시스템, 화재 감지를 위한 화재 감지기, 제연 경계벽 등의 설비가 구축되어 있으나, 이에 따른 데이터 관리 및 확보를 위한 정보 시스템과 장비의 상황을 실시간으로 점검할 수 있는 시스템의 구축은 미비한 실정이다[3]. 또한 현재 지하철 역사 내의 모든 제어 시스템은 유선 기반의 PLC(Programmable Logic Controller)로 구성되어 장비의 증설, 유지보수, 측정대상이 되는 후보영역의 변경 시 PLC 로직(Logic)의 변경, 케이블 보수 및 증설 등의 부가적인 문제점이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 기존의 문제점의 해결방법과 센서 장치의 분산화 및 이동성을 확보하기 위한 방법으로 4~20mA 규격의 아날로그 센서와 지그비(Zigbee) 기반의 무선 센서 네트워크 장치를 연동한 센서 장치의 개발 및 구현 내용, 무선 기반의 이동성이 확보되는 센서

통신 방법 및 실험 내용, 수집된 데이터의 관리, 웹을 통한 관리자 및 시민을 위한 서비스 내용을 포함한 웹 서비스 구현에 관한 내용을 기술한다. 본 논문은 2장 관련 연구, 3장 전체 시스템의 설계 및 구성 내용, 4장 구현 결과 및 성능평가, 5장 결론으로 구성되어 있다.

2. 관련연구

2.1 지하철 역사의 특성과 문제점

대표적인 지하공간의 다중이용시설인 지하철 역사는 지상 공간과 달리 폐쇄적인 공간으로서 공기의 유동이 어렵고, 환기가 자연적으로 되지 못한다. 지하철역사는 하루 평균 이용 승객의 수가 600 만 명을 초과할 정도로 일반 국민의 이용 빈도가 가장 높은 곳으로서 공공의 건강보호 측면에서 공기 질 관리가 중요한 문제로 대두되고 있다[1,2,5]. 일반적으로 주택, 사무실 환경, 학교, 대합실과 같은 실내공간과, 지하철, 철도, 버스, 자동차와 같은 수송 수단의 실내에는 쾌적성이라는 요소를 가지고 환경을 평가한다. 이러한 쾌적성의 정의는 몸과 마음이 알맞아 기분이 썩 좋은 상태로 정의하며, 쾌적의 요인에는 온도, 습도, 조명, 냉난방, 소음, 대기오염 등과 같은 요인과 공간의 청결 상태와 같은 요인이 있다[1,3]. 이러한 실내 쾌적성에 관한 지수는 표 1에 정리하였고, 이러한 기준을 만족하기 위하여, 지하철 내에는 별도의 정화시설을 비롯한 쾌적성을 유지하기 위한 설비를 마련하여야 한다[1].

또한 환기 시설의 미비나 불량으로 유독가스나 먼지 등의 오염 물질이 정제될 경우 장기적으로 지하공간에서 생활하고 있는 상시 근무자 및 이용 승객을

표 1. 실내 쾌적성 지수

항 목	기 준 값
온도	17~28℃
상대습도	40~70%
유속	0.5m/s (승객에 직접 닿는 풍속)
부유분진	0.15mg/m ³
일산화탄소	10ppm 이하
이산화탄소	1,000 ppm 이하
환기량	승객 1인당 20m ³ /인/시간

위한 쾌적한 환경 확보에 문제점을 야기할 수 있다. 특히 재난 발생 시 정전, 유독가스, 정신적 충격 등으로 정상적인 행동에 장애를 유발할 수 있으며, 심리적 문제가 야기된다. 그러나 현재의 관련 법규에서는 관리자가 시설물을 점검하는 주기가 정해져 있지 않고, 교육에 대한 규정 및 계절별, 유동인구별 공기질을 가늠하는 오염물질에 대한 기준이 없다[3]. 또한 공조 및 환기 시설의 운전이 실시간으로 점검되지 못하므로 효과적인 점검과 제거에 대한 정확한 분석이 불가능하다. 따라서 이러한 문제를 개선하기 위해서는 지하 공간의 속성을 고려한 공기 질 기준을 마련할 수 있는 데이터 수집 및 분석과 관련 법령 정비와 더불어 적절한 수집 및 분석 그리고 센서와 같은 감지기를 활용한 자동화 정보 시스템의 구축이 필요하다. 특히 무선 센서 기반의 시스템을 활용한 재난 정보를 바탕으로 신속한 대피를 유도하는 시스템들에 대한 연구가 반드시 필요하다.

2.2 USN 기반 환경 모니터링 시스템

USN 기반의 모니터링 시스템은 구조물 모니터링, 헬스케어, 홈 네트워크 등의 분야에 다양하게 적용되고 있다. 모니터링 시스템의 기본적인 구조는 대부분 유사하지만, 적용 대상에 따라 작동환경과 운용의 범위가 달라지기 때문에, 환경 모니터링에 맞는 특색화된 모니터링 시스템을 개발하여야 한다[6,7]. USN 기반 환경 모니터링 시스템이란 기존에 사용하고 있는 유선 센서 대신 무선 센서를 사용하여 주변의 환경정보를 실시간으로 모니터링하고 동시에 미리 준비된 데이터베이스에 저장하여 원거리에 있는 종합 상황실 및 역사 내 모니터를 통한 주변환경의 전반적인 상황을 파악할 수 있는 시스템을 말한다[6]. 기존의 PLC 기반의 모니터링 시스템은 센서 간의 유선 형태의 연결과 특정 설치 지점에만 설치되어 광범위한 범위를 주로 감지해 왔다. 이에 따라 세부적인 측정과 위험 후보지역 변경 시 능동적인 대처가 어렵다는 단점이 있다. 또한 측정된 데이터를 수집 및 저장하고, 체계적인 관리를 위한 정보시스템은 운용되지 못하고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 초경량, 저 전력 센서 노드를 사용하여 자체 구성된 네트워크를 통한 실시간 환경정보 감지, 정보시스템과 연동된 공기 질 데이터 수집 및 수집된 데이터의 분석 등이 필요하다. 이러한 센서 네트워크를 구성하는 노

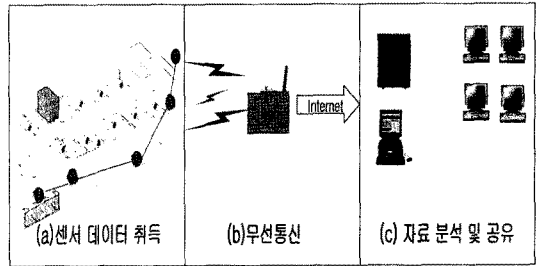


그림 1. USN 기반 모니터링 시스템의 개념도

드는 주변 환경정보를 감지하는 센서와 수집한 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 내장되어 있으며, 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 소형장치들의 집합으로 정의할 수 있다. 그림 1은 USN 기반 모니터링 시스템의 개념도를 나타낸다. 그림 1에서 보는 바와 같이 각 무선 센서는 각 후보 영역의 지점에 설치되어 자가 구성을 통한 네트워크의 형성을 통하여 데이터를 최종적으로 중앙의 싱크(Sink)노드가 포함된 게이트웨이로 전송하고, 게이트웨이는 유/무선 인터넷을 통하여 자료를 자료처리 시스템에 전송한다. 자료처리 시스템은 각종 자료의 분석 및 공유를 통하여 각종 서비스를 제공하게 된다.

3. 시스템 설계

3.1 시스템 요구 사항 정의

지하철 역사 내의 환경 모니터링을 위한 시스템 개발에 앞서 실내 쾌적성 유지를 위해 필요한 측정 요소는 실내의 온도/습도, 미세먼지, 이산화탄소 측정등이 있다. 또한 화재 발생 시 대응 가능한 화재 감지 센서가 필요하고, 지하철 선로의 쾌적한 유지 관리를 위해서는 주기적으로 선로에 분부작업을 실시하는데, 원활한 수자원 확보를 위한 물탱크의 수위 레벨 관리가 필요하다. 그리고 기존에 구축된 시스템과 비교하여 보완 및 추가 기능이 필요한 사항을 정리하여 표 2와 같이 정의하였다.

3.2 개발 시스템 전체 개요

본 논문에서 기술된 전체 시스템의 구조는 그림 2와 같다. 전체 시스템은 세 가지의 구성요소를 내장한다. 첫째, 아날로그 센서와 무선 센서를 결합한 통합 센서 장비들로 구성된 센서 필드, 둘째, 게이트웨

표 2. 시스템 요구 사항

요구 사항	설계 반영 사항
기존 설치된 센서 (4~20mA 규격) 및 재사용 여부	마이크로컨트롤러와 연동 가능한 0~3V 레벨로 변환(신호 변환기 사용)
환경 측정 요소	온도, 습도, 미세먼지, CO2 등
관리 요소	물탱크의 수위레벨 센서 모니터링
화재 감지기의 상태 정보 처리 방법	센서의 동작 주기의 조절(1초 간격)과 이진(Binary) 상태 처리(0:Off, 1:On)
센서 정보의 처리 방법	지그비 기반 무선 통신과 유/무선 게이트웨이에 의한 중앙 전송
데이터 관리 방법	데이터베이스를 이용한 센서 DB, 장치 관리를 위한 장치 관리 DB 등의 스키마 설계
사용자 서비스 방법	관리자를 위한 로컬 모니터링, 시민을 위한 웹 기반 모니터링

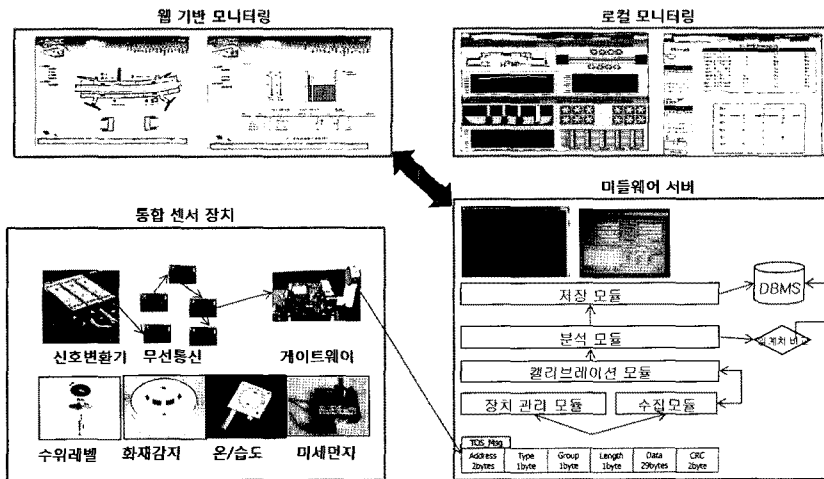


그림 2. 전체 시스템 구성도

이로부터 전송된 데이터를 취합, 분석하여 데이터베이스에 저장하는 기능과 웹 서비스 모듈이 내장된 미들웨어, 셋째, 모니터링 웹 서비스 모듈이다.

센서 필드를 구성하기 위한 방법으로 본 논문에서는 통합 센서 장비(Integrated Sensor Device: ISD)를 제안한다. 센서 통합 장비는 TI-MSP430 마이크로프로세서 기반의 무선 센서 네트워크 노드인 Telos-b와 4~20mA 규격의 센서를 Telos-b와 연동하기 위한 센서 컨버터로 구성되어 있다. 센서 컨버터는 아날로그 센서에서 출력되는 4~20mA 신호를 입력받아 Telos-b의 전압 입력범위에 맞게 변환해주는 변환기로서 입력범위 4~20mA, 0~3V 출력범위를 가진다. 그림 3은 통합센서장비의 개념도를 나타낸다. 통합센서장비에는 TinyOS를 이식하였고, 1초 주기의 A/D 변환과 멀티 홉 센서 네트워크를

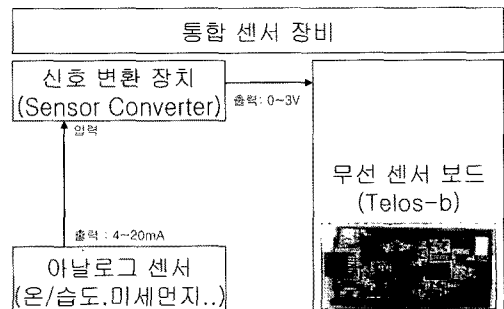


그림 3. 통합 센서 장비 블록 다이어그램

통합 무선 통신 수행 과정을 통해, 게이트웨이에 내장된 싱크노드로 전송된다. 게이트웨이는 싱크 노드로부터 전송받은 데이터를 유/무선 네트워크를 통해 데이터 서버로 전송하는 역할을 수행한다.

센서 데이터의 분석 및 관리를 위해서는 컴포넌트

형태의 센서 미들웨어가 필요하다. 컴포넌트 형태의 센서 미들웨어의 장점은 측정 요소의 변경으로 인한 센서의 변경과 그에 따른 응용의 목적이 변경되더라도, 재사용이 가능하고, 유연성 있는 개발 적용이 가능하다는 점이다. 본 논문에서 소개하는 센서 미들웨어는 게이트웨이로 전송받은 패킷을 분석하여 저장하는 데이터 수집 모듈, 수집된 센서의 A/D 변환된 데이터를 실제 값으로 변환하는 캘리브레이션 모듈, 데이터 관리를 위해 분석된 데이터를 DBMS와 연동하여 저장 및 관리하는 데이터 저장 모듈, 마지막으로 화재 발생, 센서장치 이상 등 비상상태 발생 시에 관리자 및 시스템 담당자에게 문자메시지 전송, 알람 등을 송신할 수 있는 위험 모듈로 구성되어 있다.

본 논문에서는 기술하는 모니터링 모듈은 지하 역사 내에 근무 중인 근무자를 위한 로컬 모니터링과 지하 역사를 이용하는 승객, 그리고 본사의 상황실에서의 원격 모니터링을 지원하는 웹기반 모니터링으로 구성되어 있다. 로컬 모니터링 서비스는 미들웨어에서 처리한 데이터를 로컬 시스템에서 모니터링 하는 것이고, 웹기반 모니터링은 웹 서비스 호출을 통한 미들웨어와의 통신을 통해 모니터링 하는 방법의 의미한다.

3.3 센서 네트워크 구성

기존의 PLC와 연동되는 센서는 대부분 4~20mA의 전류 입력 범위를 가지고 있으며, 대부분의 상용 센서는 4~20mA 규격을 취하고 있다. 그러나 본 연구에서 사용하고자 하는 Telos-b는 허용 전압(0~5V)를 지원하고, 실제로는 0V에서 배터리 입력 전압(AA 기준 2.4~3V)까지의 전압 입력이 가능하다. 이러한 센서와 Telos-b를 연동하기 위한 방법으로 본 연구에서는 그림 3의 신호 변환기를 사용하였다. 신호 변환기는 센서에서 출력되는 4~20mA의 전류를 입력받아 0~3V로 변환해 주는 역할을 수행하고, 입력된 전압은 Telos-b에 내장된 마이크로컨트롤러의 A/D 입력을 통한 센서의 디지털 변환이 가능하다. 지하 역사의 환경 모니터링을 위해 앞서 표 2에서 기술한 측정 요소인 온도, 습도, 미세먼지, 수위레벨 센서를 위한 통합 센서 장비의 개별 노드를 그림 4와 같이 구축하였고, 구축된 노드에는 TinyOS에서 지원하는 Surge Application [8]를 기반으로 멀티홉 센서 네트워크가 운영되도록 구성하였다. 개별 노드에

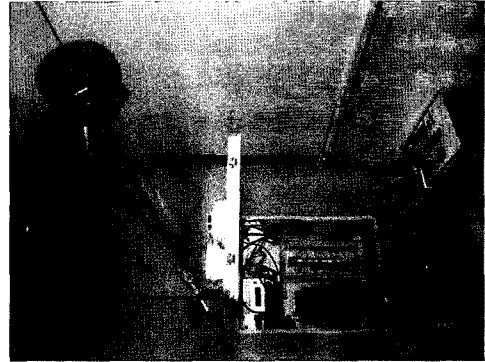


그림 4. 센서 네트워크 시험 구축

서 수집된 데이터는 최종적으로 싱크노드가 내장된 게이트웨이로 전송되는데, 게이트웨이에는 10/100M 이더넷 포트와 IEEE802.11a를 지원하는 무선 네트워크 칩셋이 내장되어 유/무선 통신이 가능하다[9-16]. 이와 같은 유/무선 네트워크 인터페이스를 통해 인터넷에 연결되어 미들웨어 서버와 통신을 수행한다.

3.4 미들웨어 구성

그림 5는 센서 미들웨어의 구조를 도식한 것이다. 센서 미들웨어는 게이트웨이로부터 전송받은 데이터를 관리하기 위한 목적으로 개발되었고, 자료의 수집, 분석, 가공, 그리고 저장을 위한 모듈로 구성되어 있다. 표 3은 본 논문에서 기술한 미들웨어의 기능을 요약한 것이다.

수집 모듈은 게이트웨이로부터 전송된 패킷 메시지의 원본을 스트링 배열의 형태로 임시 저장한다. 그 후 구문 분석을 통해 필수 데이터를 추출한다. 추출된 필수 데이터는 그림 6과 같은 센서 구조체 형식

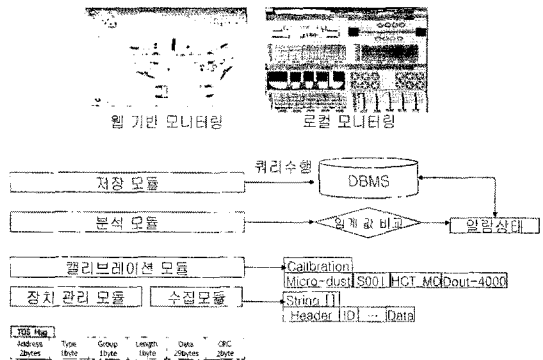


그림 5. 센서 미들웨어 구조

표 3. 센서 미들웨어의 기능

구성 모듈	수행 동작의 정의 및 역할
수집 모듈 (Collection Module)	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 수집 및 분석 (전송 패킷의 구문 분석) · 데이터 가공 (DB 생성을 위한 구조체 생성)
캘리브레이션 모듈 (Calibration Module)	<ul style="list-style-type: none"> · 측정된 데이터의 실제 단위 값으로 변환
저장 모듈 (Store Module)	<ul style="list-style-type: none"> · DBMS 연결 인터페이스 · 쿼리 수행(INSERT, SELECT)
분석 모듈 (Analysis Module)	<ul style="list-style-type: none"> · 센서의 임계치 범위 초과시 문자메시지 전송 · 알람 표현
장치 관리 모듈 (Device Management Module)	<ul style="list-style-type: none"> · 통합 센서 장치 생성, 추가, 상태 관리

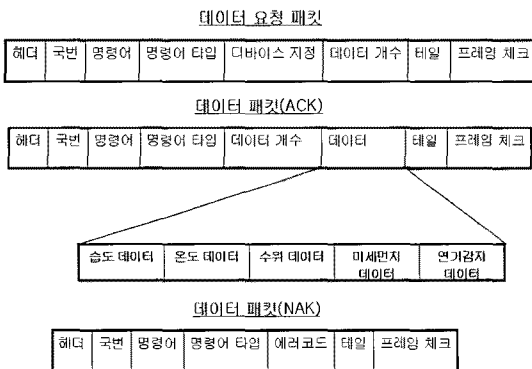


그림 6. 센서 데이터 구조체

으로 가공되어 저장 모듈에 의해 DBMS에 저장된다.

캘리브레이션 모듈(Calibration Module)은 수집 모듈에서 추출되어진 각 센서들의 값들을 표 4와 같이 사전정의된 캘리브레이션 테이블에 의해 변환을 수행하고 실제의 온도, 미세먼지 개수, 현재의 수위, 연기발생에 의한 화재 여부(이진값으로 표현) 등의 데이터를 수집모듈에 전달한다. 표 4의 환산 공식

표 4. 아날로그 센서 테이블

센서 종류	센서 종류	MODEL_NAME	각 센서들의 캘리브레이션 변환공식
수위레벨	S0001	DT-200	실제값 = (D_OUT - 30) * 0.210032123
미세먼지	S0002	HCT_MD	실제값 = (D_OUT - 4000) * -0.016250914 + 1000
온도	S0003	KIMO_TEMP	실제값 = (D_OUT) * 0.05
습도	S0004	KIMO_HUMI	실제값 = (D_OUT) * 0.01
화재감지	S0005	4WTAR-B	정상 : 0 에러 : 1

은 아날로그 센서 제조회사에서 제공하는 캘리브레이션 데이터 혹은 차트(Chart)를 이용해 계산한다. 통상적으로 선형적(linear)인 형태의 센서의 경우 그래프의 기울기, 절편 등을 통해 선형적인 함수로 표현되며, 이 경우 대개 일차 함수 형태의 그래프를 가진다. 본 연구에서는 다른 타입으로의 센서 교체 및 업그레이드 시 용이성을 위해 아날로그 센서 데이터를 구성하여 코드화 하였다.

저장 모듈은 DBMS와의 연결 인터페이스와 데이터 저장, 조회 등의 기능을 수행하는 모듈로 구성되어 있다. 분석 모듈은 센서 데이터와 사전 설정된 임계값을 비교하여 범위를 벗어나거나 화재 감지 상태(예러 : 1)로 판단될 경우 알람을 표시하는데, 상한, 하한을 넘어서는 경우 최초 발생 데이터베이스에 기록하고 알람상태로 전환한다. 만약 알람상황이 해제될 경우 해제된 시점에서 다시 데이터베이스에 센서의 상태 값을 저장한다. 장치 관리모듈은 센서들의 현재 동작하는 상태 값과 통합 센서 장치의 추가, 생성, 관리를 위한 모듈이다.

3.5 모니터링 서비스 및 인증 모듈

모니터링 서비스를 위한 방법으로 본 논문에서는 관리자를 위한 로컬 모니터링과 역사 내 환경정보 서비스를 위한 웹기반의 모니터링의 방법을 기술한다. 로컬 모니터링 서비스는 미들웨어에서 직접 구동되며, 게이트웨이에서 전송되는 센서의 현재 값, DB의 상태 등을 모니터링 할 수 있다. 웹 기반의 모니터링 서비스는 그림 7과 같이 SOAP 프로토콜을 통한 서비스 호출에 의해 환경 정보를 모니터링 할 수 있다[17-21]. SOAP 프로토콜을 통해 센서들의 값을 원격지에서 요청하기 위한 방법으로 클라이언트는 그림 8과 같은 XML 포맷의 데이터를 원격지로 전송한다. 이때 <sensor_id>와 </sensor_id> 사이에 해당하는 센서 노드의 미리 지정되어 있는 파라미터 값(습도 : 0, 온도

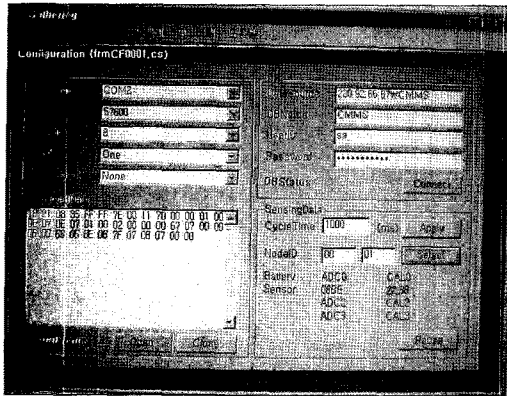


그림 10. 마들웨어의 동작 결과

4.2 모니터링 시스템 구현 결과

모니터링 시스템은 로컬 모니터링과 웹 기반 모니터링의 2가지 형태로 각 센서의 값을 알 수 있도록 구현되었다. 로컬 모니터링에서는 그림 11과 같이 각 센서들로부터 수집되고 있는 환경상태 정보들을 모니터링 할 수 있도록 구성되어 있으며, 관리자는 각 센서에서 수집되는 상세정보를 조회할 수 있다.

그림 11은 각 센서별 현재 상태 값과 관리자에 의해 지정된 저장간격으로 저장되어진 값들을 보여주는 그래프이다. 화면은 크게 온·습도, 미세먼지, 수위레벨, 연기/가스의 센서들의 상태를 반영하는 창으로 4등분 되어있고 각 창들의 윗부분은 현재의 센서 데이터 값을 아래 부분은 샘플링 간격에 따른 최근 5번의 데이터를 보여주는 부분이다. 그림 12는 온도항목을 상세 조회한 것으로 각 창의 상단에 위치하고 있는 상세조회 버튼을 누르면 각 센서들의 데이터

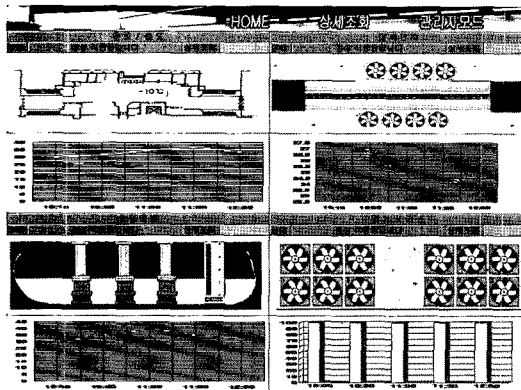


그림 11. 로컬 모니터링 - 일반모드

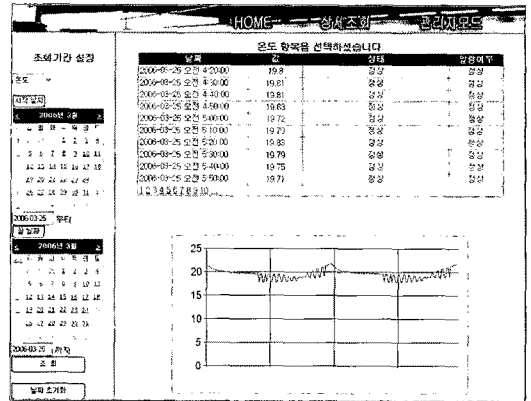


그림 12. 온도센서에 의한 상세 항목 조회 결과 (로컬 모니터링)

를 상세 조회할 수 있다. 상세 조회에서는 왼쪽 상단에 위치하고 있는 드롭다운 박스를 클릭하면 조회하고자 하는 센서를, 선택하고 조회시작 날짜와 조회종료 날짜를 선택한 후 조회버튼을 누르면 해당기간 동안 수집되었던 데이터가 오른쪽 화면의 상단에 테이블의 형태로 나타나고, 화면오른쪽 하단에는 선택한 조회기간 동안의 데이터의 변화량의 추이가 나타나도록 구성되었다.

관리자 모드에서는 각 센서별 상한, 하한 값을 설정할 수 있으며 각 센서별 데이터 저장간격을 설정할 수 있는 기능이 필요하다. 이는 관리자가 입력되는 센서들의 중요도에 따라 샘플링 주기를 변경할 수 있도록 함으로써 입력정보의 구체화와 시스템 부하등을 고려할 수 있다. 따라서 관리자 모드는 일반 모드와 달리 환경설정을 위한 값을 변경할 수 있기 때문에 일반 모드에서 접근이 불가능하도록 구성되어 야 한다. 그림 13은 관리자 모드에서 상세 설정을 나

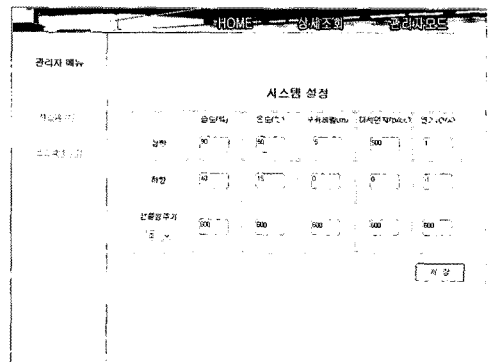


그림 13. 관리자 모드의 시스템 환경 설정 화면

타낸 것으로 관리자 모드 페이지에 접근하기 위해서는 로컬인트라넷에서 관리자 모드로 로그인하여야 하며 관리자가 상한, 하한, 샘플링 주기 등의 설정을 변경하게 되면 각 센서에 대한 모니터링 데몬을 초기화 하여 새로 설정된 값들을 적용하게 된다.

그림 14는 웹 브라우저를 통한 웹 서비스의 구현 결과를 나타낸다. 그림 14의 (a)는 현재 역사 내부에 설치된 전체 상황이 표시되는 화면으로 현재의 환경 정보가 전체적으로 간략하게 표시된다. 그림 14의

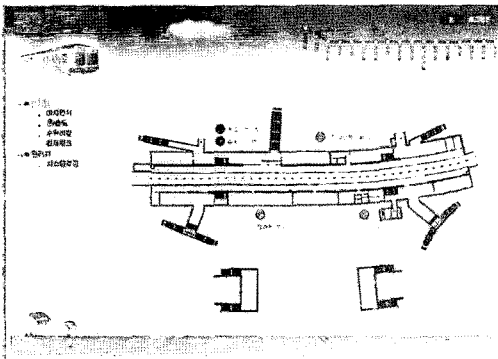
(b)는 상세 정보의 모니터링 구현 결과로 그림에서는 미세먼지 항목에 대한 상세 정보를 조회할 수 있다.

4.3 시스템 성능 평가

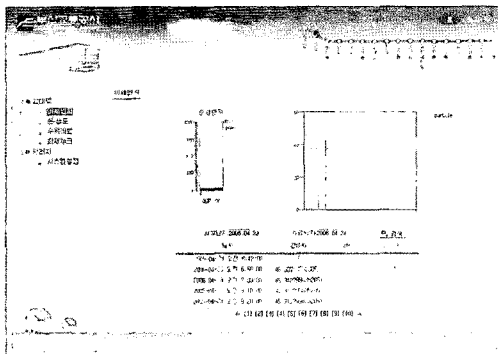
본 연구에서는 지하 역사의 환경 모니터링 시스템의 평가를 위하여 PLC 기반의 기존 시스템과 성능을 비교하였고 개발 시스템의 장점은 표 5와 같이 정리하였다. 기존의 역사에 설치된 PLC 기반의 시스템을 비교하였을 때, 개발 시스템이 가지는 장점은 무선 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템이 가지는 장점인 이동성 보장과 데이터 계측 지점의 분산화, 그리고 PLC 기반의 시스템과 비교하여 센서 연결 및 통신을 위한 추가적인 배선 비용이 소모되지 않는다는 장점이 있다. 또한 기존의 시스템이 계측 장비로부터 전송되는 데이터를 단순히 전광판 혹은 디스플레이 장치를 통한 서비스만을 제공했다고 하면, 개발된 시스템은 데이터베이스에 의한 체계적인 관리가 가능하며, 차후 환경 영향 평가 등의 계측 자료로 활용이 가능하다. 그러나 PLC기반의 시스템과 비교하였을 때, 무선 네트워크가 가진 전파 특성의 영향으로 인하여 데이터 손실이 상대적으로 많이 발생한다는 단점이 있다.

5. 결 론

지하철은 많은 시민들이 이용하는 지하공간의 대표적인 다중이용시설이다. 상시 근무자 및 시민들의 쾌적한 지하철 환경을 위해서 지하철 역사 내 대합실 및 승강장의 쾌적한 환경을 유지하는 것은 시민의 건강을 지키는 필수조건이다. 현재의 지하철 역사 내에는 쾌적한 환경유지를 위한 모니터링 시스템을 비롯한 작업이 계속 진행되고 있으나, 측정 센서 및 장



(a) 역사 내부의 환경 정보



(b) 미세먼지 항목에 대한 상세 정보

그림 14. 웹 서비스 호출에 의한 웹 서비스 - 실시간 모니터링

표 5. PLC 기반의 기존 시스템과의 비교

평가 항목	기존 시스템[23]	개발 시스템(USN)
센서 연결 방식	센서-제어기 중앙집중형	센서간 무선 통신에 의한 분산형
네트워크	유선 (케이블 연결)	무선(WPAN-IEEE.802.15.4)
계측 장비의 이동성	배선 변경시 가능, 추가 배선 비용 소모	무선 네트워크에 의한 이동성 보장
데이터 에러율	거의 발생하지 않음	전파 특성, 노드 배치 등에 의해 데이터 Loss 발생
데이터 수집 분석	계측된 수치의 표현	DB기반의 데이터 관리
사용자 서비스	전광판 형태, 경광등, 경보 등	로컬 모니터링, 웹 기반 모니터링 지원

비의 고 가격과 체계적인 정보화 작업의 미비로 계속 수차 정도를 서비스하는데 그치고 있다. 이러한 문제점에 비추어 볼 때, 현재 지하철에 구축된 방재설비의 기능을 강화하는 것도 매우 중요하지만 기존의 장비를 최대한 활용하여 안전하고 쾌적한 환경을 지원할 수 있는 방법을 찾는 것이 무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 USN 기반의 지하 역사의 환경 모니터링 시스템을 목표로 교육 및 실험적인 수준의 계측 센서에서 실제 현장에서 사용할 수 있는 4~20mA 규격의 아날로그 센서와 무선 센서 네트워크 장비를 연동한 통합 센서 장비 개발, 데이터의 수집, 분석, 관리를 위한 미들웨어의 개발, 마지막으로 시스템 관리자 및 상황 근무자를 위한 로컬 모니터링과 SOAP 프로토콜에 의한 웹 서비스의 내용을 기술하였다. 개발된 시스템은 기존에 사용되고 있는 PLC 기반의 계측 시스템과 비교하여 측정 장비의 분산화 및 이동을 보장하고, 현재 지하철 역사 내에 구축되어 있는 센서 장비와도 신호변환에 의한 연동이 가능하다. 역사 내 환경 모니터링에 대한 정보화 측면에서는 개발된 미들웨어에서 측정 데이터를 체계적으로 관리하여 데이터베이스화 함으로써 지속적인 모니터링 결과를 통계 자료 등으로 활용이 가능하여 차후 환경 영향 평가 등의 객관적 자료로 사용이 가능하다. 그리고 사용자 서비스 측면에서 웹 기반으로 구현되어 원격 모니터링을 지원하고, 현장 상황실 관리자에게는 별도의 상세 자료를 모니터링할 수 있게 하였다. 그러나 무선 센서 네트워크의 특성 상 발생할 수 있는 데이터 손실의 발생과 유선 기반 시스템에 비해 센서와 정보 시스템 간의 속도의 저하 문제는 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이는 향후 과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

- [1] 이재은 외, "재난관리론", 대영문화사, 2006.
- [2] 이석철, 김창수, 정신일, 황현숙, 정수환, 김명호, "USN기반의 지하철 환경상태 모니터링 시스템 구현," 한국멀티미디어학회 추계 학술대회 발표집, 2005.
- [3] 이정은, 황현숙, 김창수, "지하공간 안전성 향상을 위한 개선 방안에 대한 연구," 한국멀티미디어학회지, 제12권, 제1호, 2008.
- [4] 김영덕, 강원석, 안진웅, "지하철 역사에서 실시간 안전 모니터링을 위한 버컨 기반의 무선 센서 네트워크 설계 및 구현," 한국철도학회 논문집, 제11권, 제4호, pp. 364-370, 2008.
- [5] 박덕신, 조영민, 권순박, 은성배, "무선 센서 네트워크를 이용한 역사에서의 대기오염 모니터링," 한국철도학회 07 추계학술대회논문집, p.p. 989-993, 2007.
- [6] 강문수, 우경태, 강신우, 차광호, 신진아, 손동환, "원격실시간 모니터 연구," 한국전자통신연구원, 2005.
- [7] 이기욱, 성창규, "유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 상황 정보 모니터링 시스템 구현," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제11권, 제5호, 2006.
- [8] <http://www.tinyos.net>
- [9] G.C. Yi and J.C. Nam, "A Technique of ecosystem monitoring based on mobile ecomapping," Research works of Research Institute of Construction Technology and Planning in Donga University, Vol.29, pp. 39-46, 2005.
- [10] P.P. Jayaraman, A.Zaslavsky and J.Delsing, "Sensor Data Collection Using Heterogeneous Mobile Devices," *IEEE International Conference on Pervasive Service*, pp. 161-164, 2007.
- [11] Hartung, C.R.Han, C.Seielstad and S.Holbrook, "FireWxNet: A Multi-Tiered Portable Wireless System for Monitoring Weather conditions in Wildland Fire Environments," *Proceeding of International Conference on Pervasive Services 2007*, pp 161-164, 2007.
- [12] S.A. Ong, "A Mobile Webserver-Based Approach for Tele-Monitoring of Measurement Devices," *MobiSys06*, pp. 121-124. 2006.
- [13] Wiliam Michener & Gregory Bonito, "Environmental Cyberinfrastructure Needs For Distributed Sensor Networks," A Report from a National Science Foundation Sponsored Workshop, 2003.
- [14] Mohammad Ilyas and Imad Mahgoub, "Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing Systems," CRC

Press, 2004.

[15] D. E. Culler, J. Hill, P. Buonadonna, R. Szewczyk, and A. Woo, "A Network-Centric Approach to Embedded Software for Tiny Devices," First International Workshop on Embedded Software, Oct. 2001.

[16] C. Shen, C. Srisathapornphat, and C. Jaikaeo, "Sensor Information Networking Architecture and Applications," IEEE Pers. Communication 2001, pp. 52-59, 2001.

[17] A. Boulis, C.C. Han, and M. B. Srivastava, "Design and Implementation of a Framework for Programmable and Efficient Sensor Networks," In The First International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys), 2003.

[18] Phillipi, N, "CMMS and the Enterprise : Achieving world class performance levels with CMMS software," Kins, 2005.

[19] S. Tilak, N. B. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman, "Infrastructure tradeoffs for sensor networks," In proc, WSNA2002, pp. 49-58, september, 2002.

[20] Kyungseo Park and Ramez Elmasri, "Effects of Storage Architecture on Performance of Sensor Network Queries," ICOIN2006, pp. 247-256, 2006.

[21] Y.T. Kim, N.H. Yoo, G.C. Park, S.S. Kim, T.H. Kim, and S.H. Lee, "Real-time Water Supply Facilities Monitoring System based on the USN," Journal of KIMICS, Vol.11, No.6, pp. 1207-1213, 2007.

[22] www.crossbow.com

[23] K.H.Jung et al, "The Design and Implementation of Real-Time Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks", ICCSA2006, pp. 115-124, 2006.



이 석 철

2006년 부경대학교 전자컴퓨터
정보통신공학부 공학사
2008년 부경대학교 정보보호학
협동과정 공학석사
2008년~현재 부경대학교 정보보
호학협동과정 박사과정

관심분야 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 지리정보시스템,
임베디드시스템



정 신 일

1988년 경북대학교 전자공학과
박사
1977년~1981년 한국전자통신연
구원 전임연구원
1981년~현재 부경대학교 전자컴
퓨터정보통신공학부 교수

관심분야 : 광통신, USN, 도시방재 시스템 등



김 창 수

1991년 중앙대학교 컴퓨터공학
과 박사
2006년~현재 유비쿼터스 부산
도시협회 방재분과
위원장
2006년~현재 (사)그레고리장학
회 이사

2009년~현재 한국멀티미디어학회 학술부회장
1992년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
교수

관심분야 : 방재 IT, UIS/GIS, 운영체제, 시멘틱 웹, 재난
관리, 공간검색, 도시방재 등