

실시간 위치탐지 기능을 갖춘 대기오염 모니터링 RF-Sensor 시스템

Air Pollution Monitoring RF-Sensor System Trackable in Real Time

김진영* · 조장호** · 전일태*** · 정달도**** · 강준희*****

Kim, Jin Young · Cho, Jang Ho · Jeon, Il Tae · Jung, Dal Do · Kang, Joon Hee

要 旨

대기오염 모니터링은 삶의 질 향상에 직접적으로 연관되어 많은 관심을 받고 있다. 현재 운영되고 있는 대부분의 대기질 정보 시스템은 특정장소에 측정소를 구축하여 대기 질을 측정하고 있으며, 고가의 장비를 사용하기 때문에 다양한 장소에 설치하여 운영하는데 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 보완하기 위하여 소형화 측정시스템을 구현하였다. 뿐만 아니라 제작비용을 최소화하여 대기 오염 예보에 적용할 수 있는 무선센서 시스템을 구현하였다. 본 연구에서 개발한 대기오염 모니터링 시스템은 대기오염을 측정하기 위한 센서부, 취득된 대기오염 정보를 처리하는 중앙처리부, 전원공급을 위한 전원부, 그리고 무선으로 데이터를 송수신하기 위한 무선회로를 구성하였으며, 실제 현장에 직접 적용할 수 있도록 구성하였다. 또한, Global Positioning System(GPS) 회로를 장착하여 센서의 위치 정보를 무선 송신할 수 있도록 함으로써 실시간 위치추적을 할 수 있도록 하였다. 다양한 대기 환경을 측정하기 위해서 CO, O₃, NO₂ 센서 및 먼지센서를 장착하였다.

핵심용어 : 대기, 오염, 센서, RF, 통신

Abstract

Air pollution monitoring has attracted a lot of interests because it affects directly to the human life quality. The most of the current air pollution monitoring stations use the expensive and bulky instruments and are only installed in the specific area. Therefore, it is difficult to install them to as many places as people need. In this work, we constructed a low price and small size Radio Frequency(RF) sensor system to solve this problem. This system also had the measurement range similar to the ones used in the air pollution forecast systems. This system had the sensor unit to measure the air quality, the central processing unit for air quality data acquisition, the power unit to supply the power to every units, and the RF unit for the wireless transmission and reception of the data. This system was easy to install in the field. We also added a GPS unit to track the position of the RF-sensor in real time by wireless communication. For the various measurements of the air pollution, we used CO, O₃, NO₂ sensors as gas sensors and also installed a dust sensor.

Keywords : Air, Pollution, Sensor, Radio Frequency, Communication

1. 서 론

산업혁명이후 인류의 기술수준은 비약적으로 발전하였으며, 획기적인 기술의 발달로 인해 문명은 높은 수준에 도달하였다. 하지만, 기술의 발달과 더불어 환경

에 대한 오염 및 파괴도 빠르게 증가하고 있다. 특히 현대의 사람들은 단순한 의식주 문제를 넘어서 삶의 질을 매우 중요하게 생각하고 있다. 이 때문에 환경에 더 많은 관심이 집중되고 있다. 예전에는 특정 환경오염을 측정하기 위해서는 측정자가 특정지역에 가서 환경오

2010년 2월 12일 접수, 2010년 3월 11일 채택

- * 정희원 · 인천대학교 물리학과 연구원(lachesiz@incheon.ac.kr)
- ** 아이.에이치.에스 지능형센서연구소 연구원(jjh3301@paran.com)
- *** 아이.에이치.에스 지능형센서연구소 연구원(it201@paran.com)
- **** 아이.에이치.에스 대표(chungdd@hanmail.net)
- ***** 교신저자 · 정희원 · 인천대학교 물리학과 교수(jhkang@incheon.ac.kr)

염 측정 샘플을 확보하여 연구실에서 측정 및 분석을 진행하여야만 그 결과를 알 수 있었다. 이러한 방식은 시간과 인력이 많이 소모될 뿐만 아니라 제한된 정보만을 확보하게 되는 단점을 가지고 있다. 그러나 센서기술의 발달과 더불어 다양한 오염을 측정할 수 있는 센서들이 개발되었고 현재에도 개발되고 있어 편리하게 다양한 환경관련 정보를 확보할 수 있는 길이 열리게 되었다.

환경오염은 매우 다양한 경로로 우리의 생활에 영향을 미칠 수 있다. 기본적으로는 수질, 대기, 토양, 해양 등의 오염을 들 수 있다. 수질, 대기, 토양, 해양 등은 인간이 살아가는데 있어서 가장 기본적인 터전이므로 오염이 발생하게 되면 인간에게 치명적으로 해가 될 수 있다. 뉴스와 TV에서는 매우 다양한 환경오염에 대한 사건사고 뉴스들이 보도되고 있으며 최근 저탄소 정책이 각광을 받으며 대기오염에 대한 관심이 증대하고 있다. 기후변화와 에너지 위기가 현실적 위협으로 등장하면서 환경문제와 에너지가 국가경제의 미래를 결정하는 주요 변수로 부각되고 있다. 일본이나 EU, 미국 등 선진국에서는 이미 세계 녹색시장 선도를 위해 녹색기술 개발에 국력을 쏟아 붓고 있다. 녹색기술은 환경보호와 경제성장이 선 순환되는 녹색성장의 전략적 구심점이자, 지속가능한 경제발전의 주요 성장 동력원이라는 인식이 확산되고 있다. 우리나라의 녹색기술 수준은 선진국과 비교해 50% 수준이다. 대기오염 모니터링, 제어, 환경복원 등 사후처리 분야 기술이 다른 분야에 비해 기술이 떨어지고, 자동차, 선박 등 수송 효율성 분야가 67%로 비교적 높은 편이다[1].

본 연구에서는 대기오염을 모니터링 하기 위한 RF-Sensor 시스템을 위치탐지 기능과 함께 구현하였다. 본 연구에서 개발한 대기오염 모니터링 RF-Sensor 시스템은 대기오염을 측정하기 위한 센서부, 취득된 대기오염 정보를 처리하는 중앙처리부, 전원공급을 위한 전원부, 그리고 무선으로 데이터를 송수신하기 위한 RF부로 구성되어 현장에 직접 적용할 수 있는 시스템으로 구현하고자 하였다.

2. 환경오염을 측정하기 위한 기본기술

2.1 대기오염 측정 센서

최근에 유비쿼터스 기반 기술에 대한 관심이 증대함에 따라 환경 분야에 대한 통합관리의 필요성이 대두되고 있다. 대기분야에서 오염을 측정하고 모니터링 하기 위한 시스템은 삶의 질 개선과 기술의 발전으로 가능하게 되었다. 환경오염을 측정하기 위해서는 다양한 방식

들이 적용된다. 예를 들어 지표 생물을 활용하여 오염을 측정하고자 하는 공간을 확인할 수도 있으며, 이화학적 실험을 통해 환경오염의 정도를 파악할 수도 있다. 이화학적인 실험방법은 그 측정결과가 매우 정확하기 때문에 많이 사용되는 방법이다. 그러나 이러한 이화학적인 방법의 경우에는 그 분석시간이 길고 사용되는 장비들도 고가의 장비들이 대부분이다. 가장 큰 문제점은 그 측정 및 분석시간이 길다는 점이다.

하지만 센서를 활용하는 방법의 경우에는 이화학적인 분석방법보다 비교적 짧은 시간에 정확한 값을 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 단점으로는 센서의 오차를 보정하기 위한 센서보정을 주기적으로 실시하여야 하며, 센서의 감도를 유지하기 위해 센서를 주기적으로 청소하여야 한다. 오늘날 가스보일러는 거의 모든 집에서 설치 운영되고 있으며, 현재 판매되고 있는 모든 가스보일러는 내부에 가스센서를 내장하고 있다. 이는 가스가 누출되는 사고가 발생하더라도 가스센서가 가스의 유무를 감지하고 가스를 차단하도록 하여 대형 사고로 이어지는 것을 막기 위함이다. 이러한 동작이 가능한 이유는 가스차단시스템이 소형화된 가스센서를 내장하고 있기 때문이다. 따라서 실시간 모니터링에 적용하기 위해서는 다양한 종류의 가스센서를 내장하여 가스의 상태를 실시간으로 측정하여 바로 액션을 취할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

2.2 위치정보 측정

위치정보는 오늘날 매우 다양한 곳에서 사용되고 있다. 가장 널리 사용되는 분야는 바로 지도를 탑재한 내비게이션 분야라 할 수 있을 것이다. 최근에는 거의 모든 승용차에 내비게이션이 장착되어 있다. 이전에는 사용자들이 내비게이션 시스템을 차량의 출고 이후에 장착하였으나, 최근에는 출고 시에 장착되어 나오고 있다.

이러한 위치정보는 GPS(Global Positioning System) 기술을 사용함으로써 가능하다. GPS는 범지구 위치결정 시스템 이라고도 부른다. 이러한 GPS는 현재 완전하게 운용되고 있는 유일한 범지구 위성항법 시스템이다. GPS는 미국 국방부에서 개발되었으며 공식 명칭은 NAVSTAR GPS(NAVSTAR는 약자가 아님 그러나 종종 NAVigation System with Timing And Ranging 이라고 하기도 한다.)이다. GPS에서는 중궤도를 도는 24개(실제는 그 이상)의 인공위성에서 발신하는 마이크로파를 GPS 수신기에서 수신하여 수신기의 위치벡터를 결정한다. GPS는 전 세계에서 무료로 사용이 가능한 장점을 가지고 있다[1].

GPS의 정확도와 오차를 살펴보면 다음과 같다. GPS

수신기에서 위치를 계산하기 위해서는 현재의 시각, 위성의 위치, 신호의 지연 시간이 필요하다. 위치 계산 오차는 이 가운데 주로 위성의 위치와 신호 지연의 측정으로부터 발생한다. 신호의 지연 시간은 GPS 위성으로부터 수신한 신호와 동일한 신호를 GPS 수신기에서 발생시켜 비교하여 얻는다. 이 비교 과정에서 발생하는 오차는 수신기의 수신 상태가 양호한 경우, 부호 길이의 1% 정도이므로 C/A 코드에서는 약 1~10 ns이다. 전파의 속도를 고려하면 1~3 미터 정도의 오차이다.

신호 지연에 의한 오차 외에도 다음과 같은 오차가 발생된다.

- 1) 전리층의 영향: ± 5 미터
- 2) 천체력 오차: ± 2.5 미터
- 3) 위성의 시계 오차: ± 2 미터
- 4) 전파 경로에 따른 오차: ± 1 미터
- 5) 대류권의 영향: ± 0.5 미터
- 6) 수차 오차: ± 1 미터 이하

또한, 대기권 오차, 다중경로에 따른 오차 등 다른 요인에 의한 부차적인 오차들이 존재할 수 있다. [2][3]

실제 내비게이션 시스템을 사용하여 자동차를 운전해보면 그 오차 범위가 약 10미터 이내임을 알 수 있다. 실제 내비게이션 시스템에서는 자동차로 3차선을 달린다고 가정할 때 1차선에 있는지 2차선에 있는지 구별해내지 못하는 경우가 발생하는 것을 알 수 있다. 물론 내비게이션에서는 이러한 오차를 줄이기 위해 지도 정보와의 매칭을 통해서 최소화 하기위한 노력을 지속적으로 하고 있다.

2.3 무선 기술

GPS와 센서 기술을 이용하여 특정 좌표에서의 대기오염 정보를 수집한 결과를 우리가 원하는 곳으로 전송하기 위해서는 무선 기술이 중요한 역할을 담당한다. 오늘날 다양한 분야에서 응용되고 있는 유비쿼터스 기술은 센서기술과 무선인식 기술이 그 밑바탕에 깔려있다고 할 수 있다. 특히 무선전송을 위해서는 송신 시스템과 수신시스템을 적절하게 설계 제작하여야 한다.

유비쿼터스 센서네트워크(USN)에서는 보편적으로 지그비(Zigbee) 기술을 많이 사용하고 있다. 지그비 기술은 IEEE 802.15.4(PHY, MAC)를 기반으로 하는 무선 기술 스펙이다. 지그비는 무선 헤드폰 등 무선 개인 통신망(WPAN)을 위해 IEEE 802.15.4 저 전력 디지털 라디오를 사용하도록 되어 있다. 블루투스 와 같은 다른 무선 개인 통신망(WPANs)들과는 달리, 비교적 저렴하고 간단한 기술이다. 지그비는 적은 데이터 전송량, 적은 전력 소모량, 보안성을 갖춘 네트워킹 등에 최적화

되어 있으며, 지그비 표준은 회원사들의 모임인 “지그비 얼라이언스”(The ZigBee Alliance)가 발행하고 유지보수하고 있다[8][9].

하지만, 지그비의 경우 최대 통신거리가 200미터 정도로 제한이 되기 때문에 응용 분야에는 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 지그비 기술 대신에 400MHz 대역의 주파수를 사용하는 무선 송수신 회로를 구성하여 개발을 진행하였다. 이렇게 함으로써 취득된 GPS 정보와 대기센서의 정보를 보다 장거리로 전송할 수 있도록 하였다.

2.4 연구사례

대구 지하철에서는 TinyOS에 최적화된 Wireless Beacon enabled Energy Efficient Mesh network (WiBEEM) 방식을 적용한 시스템을 설치하여 현장에서 결과를 측정하였다. 결과에 따르면 3000m² 면적을 측정하기 위하여 6개 지역으로 구분하고 28개의 센서를 10m~20m 간격으로 설치하였다[4]. 청주지역의 대기오염 모니터링 연구결과를 살펴보면 청주 송정동 공단지역과 내덕공의 주거지역의 대기오염에 대한 모니터링을 실시하였다. 대기오염 모니터링 시스템의 결과는 고정 측정소의 결과를 토대로 진행되었다. 고정식 측정소를 활용하였기 때문에 측정지역이 제한되었다 [5][6].

건국대학교에서 발표한 실시간 분산대기오염 물질 모니터링 시스템에 관한 연구결과를 살펴보면 대기오염의 주된 오염원을 자동차라고 판단하고 카메라를 설치하고 이를 통해 데이터를 수집하여 연구결과를 발표하였다[7].

ETRI에서는 기후변화 모니터링을 위해 USN 기술을 활용하는 방법에 대한 연구결과를 발표하였다. 이 결과를 살펴 보면 USN기술의 경우 해결해야 할 과제들을 분석하였는데 저전력의 유지, 통신 인프라와의 연계, 노드손상 및 외부간섭에 의한 통신실패 등에 대해 기술하였다[10][11]. 이외에도 다양한 연구결과들이 발표되었으며 많은 연구자들에 의해 연구가 지속되고 있다.

3. 시스템 구성

본 연구에서 개발한 RF-sensor 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 그림 1에서 알 수 있듯이 센서부와 MCU 및 전원부로 구성되며 무선기능을 담당하는 RF 송수신 회로가 함께 구성되어있다.

다양한 대기 환경을 측정하기 위해서 가스센서로는

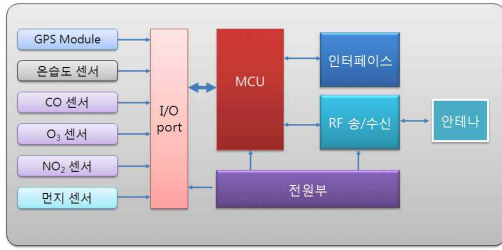


그림 1. RF-Sensor 시스템의 구성도

CO, O₃, NO₂ 센서를 장착하였고, 또한 먼지 센서를 장착하였다. 이러한 각종 센서들을 위한 I/O port 를 구성하였으며 I/O port를 통한 모든 센서의 환경 정보들은 MCU로 입력되도록 하였다. MCU는 12Bit Analog to digital converter (ADC)를 내장하고 있어 센서 데이터를 디지털로 변환하게 된다. 그리고 최종 변환된 정보는 송신을 위한 RF 송수신 회로로 전달되어 공기 중으로 전송되게 된다. 무선 신호는 원거리에 떨어진 중앙 통제실로 전송되게 된다.

본 연구에서 개발한 RF-Sensor 시스템은 소형 RF 칩들을 장착한 무선기술을 사용함으로써 현재 운영되고 있는 고정 대기오염 측정소의 측정 장치나 대기오염 이동측정 차량의 장치에 비해 현저하게 작은 크기를 갖게 된다. 또한, 간결한 구성으로 인하여 대기오염 측정 장치의 단가를 현재의 장치보다 수십 분의 일로 낮출 수 있게 되어 다양한 설치장소에 다수의 측정소를 갖게 될 뿐만 아니라 휴대용 형태로의 사용도 가능하다. 소형화와 저가를 동시에 구현하면서 대기 환경의 측정 범위도 대기오염 예보에 적용할 수 있도록 하였다. 표 1에서는 본 연구에서 개발한 RF-sensor의 하드웨어 사양을 요약하였다.

그림 2는 하드웨어의 Printed Circuit Board (PCB) Layout 결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 하드웨어는 인터페이스부와 전원부, 그리고 MCU로 구성되며 다양한 센서들을 적용할 수 있는 센서부로 구성되어 있다. 본 연구개발은 상용화를 염두에 두고 개발을 진행하였기 때문에 데이터의 신뢰성 뿐만 아니라 무선 송수신의 문제가 발생하더라도 데이터를 자체적

표 1. RF-Sensor의 하드웨어 사양

구분	주요 사양	비고
크기	170(W) × 120(L) mm ²	
MCU	ATmega 128	
주파수	400 MHz	
안테나	모노폴안테나 (Gain : 5dBi)	
Power	DC 5V	

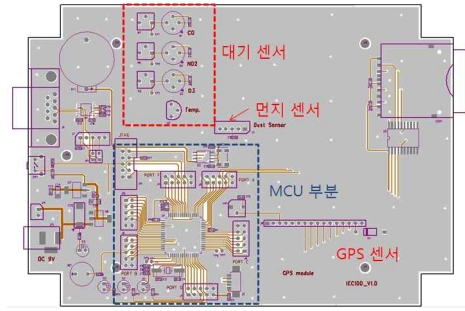


그림 2. 대기오염 모니터링을 위한 RF-Sensor 하드웨어 PCB layout 결과

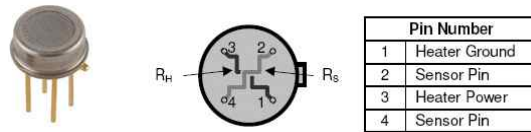


그림 3. CO 센서의 실제 모습과 핀 구성

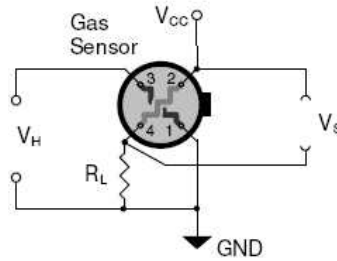


그림 4. CO 센서의 측정 회로 구성도

으로 저장하는 기능을 가지도록 SD 메모리를 장착하여 데이터 저장 능력을 갖도록 디자인 하였다. 본 연구에서는 상용제품으로 출시된 가스센서들을 사용하여 시스템을 구성하였다. 가스센서는 정밀도에 따라 크기와 가격이 천차만별이다. 본 연구에서는 적절한 성능과 적절한 가격대를 갖는 가스센서를 선택하여 상용화에 적합하도록 연구개발을 진행하였다. 그림 3은 본 연구에 사용된 CO 가스 센서의 실제 모습과 핀 구성을 나타내고 있다. 그림 4는 CO 센서를 이용한 가스측정 회로의 구성도를 나타내고 있다.

본 연구에서는 PCB기판에 가스센서를 부착하여 측정할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

그림 5는 본 연구에서 사용한 먼지센서의 모습을 나타내고 있다. LED를 통해 빛을 조사하고 공기 중의 먼지들에 의해 산란광이 발생하는 것을 검출하여 먼지의 유무를 판단하는 원리로 동작한다. 즉 광원이 빛을 수



그림 5. 본 연구에 사용된 먼지센서

광부로 부터 수신하고, 먼지가 조명영역을 통과할 때 입자 크기에 비례한 강도의 산란광 펄스가 발생하게 되는데, 단위시간당의 산란광 펄스의 카운터 수가 그 크기의 부유입자의 농도에 비례한다.

4. 회로 제작

그림 6은 대기오염을 모니터링 할 수 있는 RF-sensor 회로를 제작한 사진을 보여주고 있다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 가스센서와 먼지센서가 위로 위치하여 있고, 먼지센서 아래로 RF 회로가 내장되어있는 모습을 확인할 수 있다. RF 회로 아래로 위치정보를 취득하기 위한 GPS 회로가 내장되어 있는 것을 확인할 수 있다.

또한, 전원부와 MCU를 탑재 하였으며, 무선으로 데이터 전송에 실패할 경우에 데이터를 저장하기 위한 SD card 슬롯과 보조 배터리를 장착하였다. 각 장치들

은 PC와 연동하기 위한 RS-232 포트를 내장시켰다. RS-232 포트는 편리하게 데이터 송수신이 가능한 장점이 있다. 물론 인터넷 망 등에 접속하기 위해서는 TCP/IP 모듈이 장착되어야 하나 본 연구에서는 휴대하고 다니면서 사용할 수 있도록 하기위해서 TCP/IP 모듈 대신 RS-232 포트를 사용하였다.

본 연구에서는 유지보수 비용의 최소화를 위하여 휴대가 가능하도록 포터를 형태로 제작하였다. 따라서 필요에 따라서는 설치하여 대기정보를 수집하고 정보수집이 끝난 후에는 철수

함으로써 유지보수비용을 최소화 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 사용 중에 이상이 생기면 쉽게 리셋을 할 수 있도록 전원 옆에 리셋 스위치를 장착하였다. 리셋 스위치를 통해 모든 회로를 리셋 시킬 수 있다. 또한 동작여부를 판단하기 위해 스피커를 부착하여 소리로도 동작여부나 이상발생 유무를 판단할 수 있도록 시스템에 구현하였다. LED는 RF신호의 동작여부와 센서 및 전원공급 여부를 판단할 수 있도록 구현하였다.

5. 측정 결과

그림 7은 본 연구에서 구현한 RF-Sensor를 사용하여 위치정보를 측정한 결과를 나타내고 있다. 위치측정은 인천 남구의 인천정보산업 진흥원 건물에서 실시하였는데 측정된 결과가 구글 어스의 자 그림 8은 본 연구에서 사용한 먼지센서의 측정 결과를 오실로스코프로 수집한 화면을 보여 주고 있다. 먼지센서는 중량법을

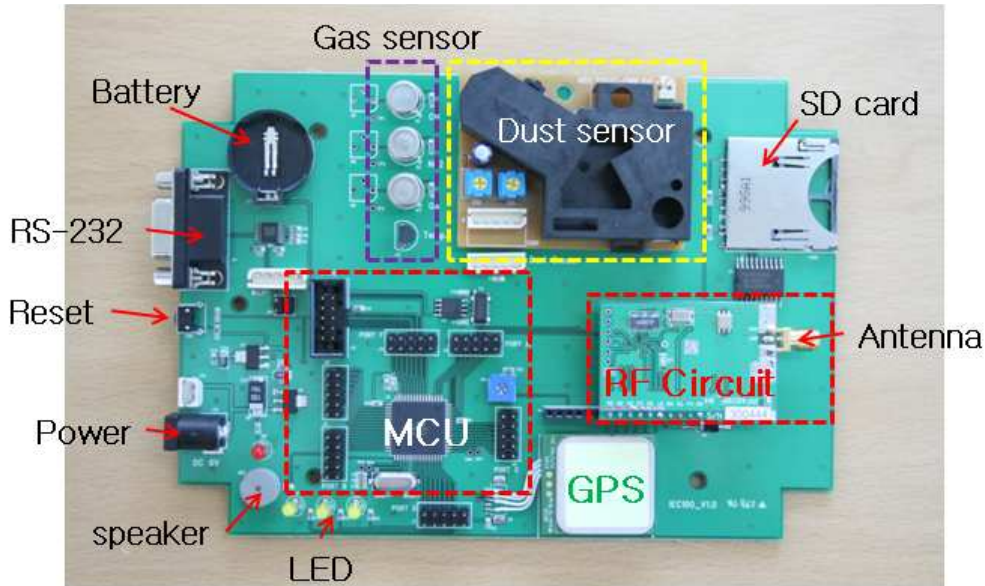


그림 6. 본 연구에서 제작한 RF-Sensor 하드웨어

\$GPGLGA,072343.000,3727.5284,N,12640.0574,E,1,03,44.3,15.3,M,18.7,M,0000+51



측정 데이터

위도 : 37도27분52초84
경도 : 126도40분05초74

구글 어스의 자료

위도 : 37도27분52초76
경도 : 126도40분05초64

GPS 오차 : 10m 이내

그림 7. RF-sensor 시스템을 이용한 GPS 측정결과

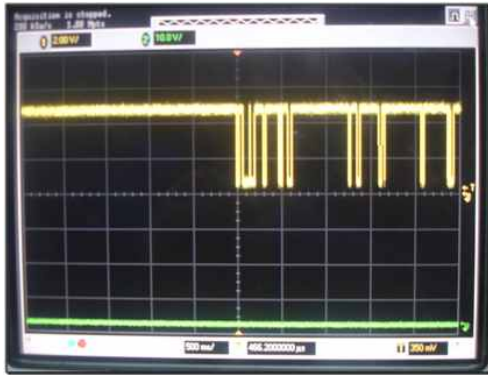


그림 8. 먼지센서 측정 결과

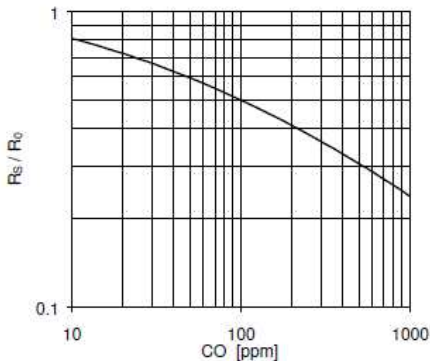


그림 9. CO가스센서의 응답 특성

사용하는 것이 아니라, 발광 소자와 수광 소자사이에서 먼지(파티클)가 발생시키는 빛의 산란효과를 측정하여 먼지의 유무를 판단하는 센서로서 출력 되는 low 펄스의 총 시간을 계산하여 먼지의 수를 파악하도록 되어있다.

그림 9는 CO 가스센서의 응답특성을 나타내고 있다. 가스센서의 측정 범위는 10ppm에서 1000ppm 까지 이다. 표 2는 본 연구에서 사용한 가스센서의 측정값을 신뢰할 수 있는지에 대한 테스트를 위하여 상용제품과의 비교를 실시한 결과를 나타내고 있다. 비교를

표 2. CO측정 비교실험

구분	CO 측정치	비고
IQ-610Xtra	78.9ppm	60초간 측정
RF-Sensor	71.6ppm	60초간 측정

위해 사용한 제품은 Gray Wolf 사의 IQ-610Xtra 모델이다. 테스트는 60초동안 시험 가스의 농도를 측정하도록 진행하였다.

그림 10은 Labview 소프트웨어를 사용하여 프로그래밍한 RF-sensor 시스템의 동작 모습을 보여주고 있다. Labview 소프트웨어를 사용하여 가상계기판을 구

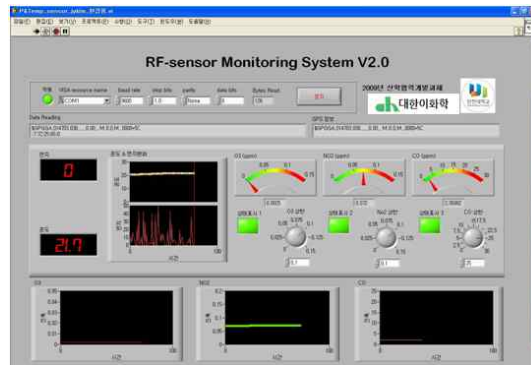


그림 10. RF-Sensor 모니터링 화면



측정결과 (도화동 연구실에서 측정)

O3 : 0.0025 NO2 : 0.072 CO : 2.05

대기질 정보 시스템 결과 (송의동 측정소)

O3 : 0.003 NO2 : 0.062 CO : 2.9

그림 11. 인천보건의환경연구원 결과와 비교

성함으로써 측정된 대기 정보를 화면을 통해 모니터링 할 수 있도록 하였다.

그림 11은 측정된 결과를 보여주고 있다. 측정데이터를 비교하기 위해서 인천보건 환경연구원의 데이터를 다운 받아 비교하였다. 도화동에서 가장 가까운 송의동 측정소에서 측정한 결과와 비교하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 대기오염을 모니터링 할 수 있는 RF-sensor 시스템을 설계하고 제작하였다. 본 연구에서 개발한 대기오염 모니터링 시스템은 대기오염을 측정하기 위한 센서부, 취득된 대기오염 정보를 처리하는 중앙처리부, 전원공급을 위한 전원부, 그리고 무선으로 데이터를 송수신하기 위한 RF부로 구성되어 현장에 직접 적용할 수 있는 시스템으로 구현하였다. 또한, GPS 회로를 장착하여 센서의 위치 정보를 무선 송신할 수 있도록 하였으며 측정된 결과를 구글 어스의 자료와 비교하였을 때 정확한 위치를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 다양한 대기 환경을 측정하기 위해서 가스센서로는 CO, O₃, NO₂ 센서를 장착하였고, 또한 먼지 센서를 장착하였다.

또한 RF-Sensor 시스템은 소형 RF 칩들을 장착한 무선기술을 사용함으로써 현재 운영되고 있는 고정 대기오염 측정소의 측정 장치나 대기오염 이동측정 차량의 장치에 비해 현저하게 작은 크기로 구현하였다. 소형화와 저가를 동시에 구현하면서 대기 환경의 측정 범위도 대기오염 예보에 적용할 정도가 되도록 하였다.

현재 보건환경 연구원에서 운영하고 있는 대기질 정보 시스템의 경우에는 다양한 대기질 정보를 취득할 수 있다. 그러나 하나의 측정소를 세우는데 약 2억 이상의 많은 예산이 들어가기 때문에 많은 곳에 설치하는데 어려움을 겪고 있다. 표 3은 2008년 서울시에서 추진한 ECO-대기측정소 및 태양광발전시설 설치 개요를 요약하였다. 표 3에 따르면 약 4 억원 정도 소요되는 것을 알 수 있다.

본 연구의 결과물을 잘 활용하면 매우 저렴한 가격으로 대기오염을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현할 수 있어 다양한 장소에 설치하여 모니터링을 진행할 수 있을 것으로 기대된다. 본 시스템의 경우에는 500 만원 이하로 시스템의 구성이 가능하다. 물론 센서의 정밀도에 따라 비용이 증가할 수 있으나 본 시스템은 저가로 구현하는데 초점을 맞추었다. 특히 인천지역에는 남동 산업단지가 위치하고 있으며 이곳에는 다양한 산업시설들이 위치해 있다. 본 시스템을 적용하면 GPS를 이

표 3. 대기측정소 및 태양광 발전시설

구 분	세 부 내 용
설치위치	서대문자연사박물관 옥상(서대문구 연희동 산 5-58)
태양광발전시설 설치규모	60kW
대기측정소 설치규모	약 49m ² (W7m×L7m), 높이 4m, 시료채취기(4~5m)
설치예산	400백만원
대기 측정항목	미세먼지, 질소산화물, 아황산가스, 오존, 일산화탄소, 산성우, 기상(온도, 습도, 풍향, 풍속, UV, HC)

용한 위치정보 및 대기정보를 취득 할 수 있어서 대기 오염 모니터링 지도 등을 제작 할 수 있을 것으로 판단 된다.

또한 지방자치단체의 관용차등에 본 시스템을 부착하고 정기적으로 운행할 경우에는 특정 지역에 대한 오염여부를 보다 쉽게 판단할 수 있을 것으로 생각되며, 오염이 발생된 지역에는 보건환경연구원의 대기오염 모니터링 장비를 탑재한 측정차량을 투입해서 정밀 분석을 진행할 수 있을 것이다. 즉, 오염이 예상되거나 오염이 발생한 지역에 손쉽게 설치하여 모니터링이 가능하기 때문에 측정소를 확장하는데 필요한 예산을 확보하는데 시간이 걸린다 하더라도 본 시스템으로 보완이 가능 할 것으로 기대한다. 뿐만 아니라 지하주차장 등의 실내 시설에도 설치가 가능하다. 단 이 경우에는 GPS 신호 수신에 불가능하기 때문에 미리 위치를 알고 있는 곳에 설치하여 운영이 가능하다. 지그비 또는 WiBEE(100m)에 비해 통신거리가 길기(1km) 때문에 설치해야 할 하드웨어의 수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 향후에는 보다 높은 정확도를 갖는 대기센서들을 적용하여 신뢰성을 높이는 연구를 진행할 계획이다. 또한 센서부에 팬을 장착하여 보다 공기의 흐름을 원활히 할 수 있도록 시스템을 개선할 계획이다. 또한 지하철역사 또는 지하 주차장 등과 같은 실내에서의 성능을 시험하여 그 측정 결과를 분석할 예정이다.

7. 감사의 글

이 논문은 인천대학교 2009년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 2010. 3, 녹색기술 정책, <http://www.korea.kr/newsWeb/>

- pages/special/green/greenSection/
2. 2010, "GPS 기술" <http://ko.wikipedia.org/wiki/GPS>
 3. 2010, "GPS 기술요약", http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey
 4. 이상철 외, "WiBEEEM 방식의 화재감시 및 대기오염 모니터링 시스템: 대구지하철 적용사례",
 5. 김재용, 2003, "대기오염 모니터링을 이용한 청주시 지역 대기실태 조사", 산업과학기술연구소 논문집, 산업과학기술연구소, pp.109-118.
 6. 이찬근 외, 2008, "차세대 가스안전관리를 위한 RFID/USN 이벤트 모니터링 시스템의 설계", 한국안전학회지, 한국안전학회, pp.35-42.
 7. 김유립, 2008, "실시간 분산대기오염 물질 모니터링을 위한 시스템", 한국정보과학회 학술논문집, 한국정보과학회, pp.318-321.
 8. 김균태, 2009, "건축공사현장의 안전관리 모니터링을 위한 USN 기술 적용에 관한 연구", 한국건축시공학회지, 한국건축시공학회, pp.103-109.
 9. 권순박, 2008, "USN을 활용한 실내 온습도 모니터링 기술", 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 한국대기환경학회, pp.457-458.
 10. 김은숙, 2008, "기후변화 모니터링:USN의 활용", 전자공학회지, 대한전자공학회, pp.65-72.
 11. 이종복, 2008, "USN 연동성을 고려한 실시간 국토 모니터링 테스트베드 구축방안", 한국컴퓨터 종합학술대회 논문집, 한국컴퓨터공학회, pp.455-460.