

## 지하 구조물 부식 감시를 위한 무선 검침/관리 시스템 설계

권 용 광\*

# An Efficient Dynamic Workload Balancing Strategy Design of the Wireless Reading/Management System for the Corrosion Monitoring of Underground Structures

Yong-Kwang Kwan\*

### 요 약

지표면 아래에는 다양한 구조물들이 매설되어 있으며, 특히 도시가스 배관이나 전기 배선과 같이 문제가 발생할 경우 우리의 안전을 크게 위협할 수 있는 다양한 위험요소들이 존재하고 있다. 따라서 다양한 오염물질과 접하게 되는 지하 구조물들은 부식에 대단히 민감하기 때문에 부식의 진행 정도를 정확히 파악하지 못하는 경우 가스 배관의 누설과 같은 대형 사고로 이어질 수 있다. 지금까지는 사람이 직접 지하구조물에 일일이 방문하여 수작업으로 측정하고 기록하는 방식이 주로 사용되었으나, 이 방식은 많은 인적/물적 자원이 요구되어 관리의 연속성이 떨어지게 된다. 따라서 지속적인 관리를 통해 위험요소를 신속하게 발견하기 위한 연구가 필요하며, 본 연구에서는 구조물 관리 시스템에 ICT를 결합하여 이동 중인 차량에서 지하구조물에 대한 상태 정보를 무선으로 수집하고 분석하여 신속히 대비할 수 있는 시스템을 제안한다.

▶ Keywords : 원격 데이터 수집, 구조물 감시 시스템, 이동 검침

### Abstract

There are a variety of structures below the surface are buried. In particular, if It is experiencing problems in the city gas pipe or electrical wire, our safety would be greatly jeopardized. Therefore, the underground structures which encounter a variety of pollutants are highly sensitive to corrosion. So if you are not identify the degree of corrosion, it can lead to large accidents such as gas leakage. Until now, person visit directly every underground structure to measure and record manually, but This approach requires a lot of human and material resources and the continuity of

•제1저자/교신저자 : 권용광

•투고일 : 2014. 6. 17, 심사일 : 2014. 6. 25, 게재확정일 : 2014. 7. 1.

\* 신안산대학교 컴퓨터정보과(Dept. of Computer Information, ShinAnsan University)

management. Therefore, the research to find out the risk factors quickly via the continuous management is needed, and in this paper the structures management systems in the vehicle being moved by combining ICT underground structures for state information wirelessly collects and analyzes system is proposed.

▶ Keywords : Remote Data Logging, Structure Monitoring System, Mobile Monitoring

## I. 서 론

최근 대형 사고가 연달아 발생하고 일부가 대형 인명사고로 이어지면서 국가사회진반에 경제적, 정신적인 영향을 미침이 최근 사례를 통해 확인되고 있으며, 따라서 안전에 대한 일반인들의 관심이 크게 증폭되고 있다.

이러한 상황에서 우리가 인지하기 힘든 우리가 살고 있는 지표면 아래에도 우리의 안전을 위협할 수 있는 요소가 숨어 있다. 현재 지표면 아래에는 다양한 구조물들이 매설되어 있다. 건물이나 토목 구조물의 기초 파일, 유류를 저장하기 위한 저장탱크 및 각종 물질의 운반을 위한 배관 등의 지하 매설된 구조물들은 산업 활동과 실생활에 필요한 필수불가결한 요소이다. 그러나 실생활에 필요한 구조물들이 부식으로 인하여 환경문제 및 산업안전 차원에서 문제시 되고 있다. 특히, 도시가스나 전기 배관류는 매설범위가 매우 광범위뿐만 아니라 여러 가지의 유형의 부식이 발생하므로 배관의 부식에 의한 파손은 대중의 안전에 심각한 위협요소로서 적극적인 부식 방지의 대책 및 관리가 절실히 중요시 되고 있다[1][2].

기존의 Corrosion (부식) 데이터 검침 방법을 살펴보면, 담당자가 각각의 검침 지점을 순회하면서 지하에 매설된 기준 전위 측정 지점에서 직접 테스트기를 사용하여 부식 데이터를 검침하는 형태로 이루어지고 있다. 이러한 방법의 검침은 다음과 같은 문제점이 발생할 가능성이 있다.

첫째, 데이터 검침 시기 및 방법에 따른 데이터 신뢰성 감소 : 검침 지점의 순회 시간, 간격 등이 일정치 않고 가스 공사 등 배관 선로가 장거리인 경우에는 검침 지점의 수량이 많고 이로 인한 각 지점별 순회 간격이 상당히 긴 것은 물론, 수작업으로 테스트기를 사용하여 검침함으로써 데이터가 측정 당시의 환경 등에 영향을 받을 수 있으므로 측정 당시의 단순 데이터는 신뢰성을 보장할 수 없다.

둘째, 검침 인원의 투입으로 인한 인적, 물적 비효율성 : 측정 지점이 많은 경우 많은 수의 인원 투입과 그에 따른 비용의 발생 등은 유지 보수 업체에 부담이 되고 있다. 또한 측정된 데이터를 자료로서의 활용을 위해서는 사무실 복귀 후 모두 컴퓨터에 입력하여야 하는 불편함을 가지고 있다.

최근 정보통신 및 컴퓨터 기술의 발달로 이러한 현실을 극복하기 위해 증강 현실을 활용하거나(3) USN을 이용하는(4) (5) 등 다양한 기술들이 제안되고 있다.

본 논문에서는 기존의 아날로그적인 관리 시스템에 ICT를 결합한 융합 시스템을 제안한다. 그림 1에 제안된 시스템을 도식화하였다. 본 시스템은 도시가스 배관에 설치되어 있는 방식용 테스트 박스에서 측정된 전위값 데이터를 수집하는 것을 목적으로 무선 데이터 송수신 장비를 탑재한 차량을 이용, 이동하면서 테스트 박스의 방식 데이터를 실시간으로 수집 저장하고, 수집된 수치 데이터를 검토 및 분석이 가능하도록 한다. 이를 통해 기존의 업무 수행보다 훨씬 편리하면서도 정확한 데이터 확보를 할 수 있고 또한, 통제센터에서도 쉽게 부식 및 방식 상태를 무선으로 용이하게 감시 할 수 있다(6).

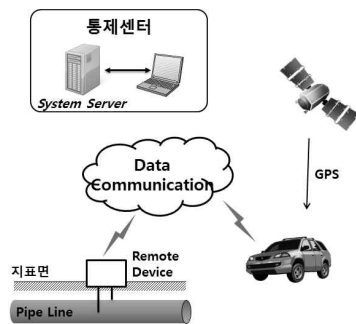


그림 1. 무선 모듈을 적용한 자동 점검 시스템  
Fig. 1. Auto Monitoring System with RF Module

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 무선통신 방식을 비교하여 최적 방식을 선정하였다. III장에서 시스템을 설계

하고 IV장에서 H/W와 S/W를 구현하였다. V장에서 테스트 결과를 통해 제안된 시스템을 평가하고, VI장에서 결론을 정리하였다.

## II. 통신 방식 비교

현재 다양한 형태의 유무선 통신 방식이 사용되고 있다. 그러한 제안 시스템의 목적상 무선 방식만을 고려되며 한국에서는 무선 랜(Wireless Lan), CDMA, 블루투스(Bluetooth), 지그비(ZigBee), RF 망 등이 적용 가능하다. 그러나 이동 간 통신성과 유지 및 통신 비용 측면에서 무선 랜과 CDMA는 고려 대상에서 제외되고 남은 방식을 비교한다[7].

1994년에 발표된 블루투스는 주로 주파수 호핑 확산 스펙트럼 방식의 무선통신 기술로써 유선 USB를 대체하기 위한 개념으로 발표되었다. 일반적인 통신 거리는 10~최대100m 이내로 Ad-hoc 방식으로 동작하며 보안을 위해 키워드를 통한 페어링을 권고하고 있다. 산업/과학/의료 기기 등에서 사용 가능한 ISM 대역인 2.54GHz 대역에서 2.1Mbps(v. 2.0)의 속도를 지원한다. 그러나 필드에서는 802.11과 동일 대역의 주파수를 사용하여 혼신으로 인한 감쇄가 발생하는 것으로 알려져 있다. 또한 이동체간의 통신 속도는 좋지 못하다. 최근 발표된 4.1 버전에서는 블루투스 저전력(BLE) 기능을 지원하지만 아직 검증과정이 요구된다.

지그비는 저전력 저비용의 무선 망사형 네트워크 표준으로 블루투스와 동일한 ISM 무선 대역에서 동작한다. 다른 통신 방식에 비해 간단하고 저렴하게 구현될 수 있으며, 15msec 이내에 활성화되어 Ad-hoc 또는 P2P 등을 구축할 수 있다. 통신반경은 10~최대 100m 이내로 주로 산업 제어나 센서 네트워크에 사용된다. 이 방식 또한 WIFI 망이 복잡하게 구축된 도심지역에서 신호간 충돌이 많이 발생하여 거리가 멀어지면 연결이 어렵거나 속도의 저하가 발생한다.

나열된 블루투스나 지그비를 이용한 시스템 구축에는 다음과 같은 문제가 있다. 먼저, 다양한 통신 방식이 이용하는 ISM 대역을 이용하여 신호 감쇄가 심하여 도심지역에서는 유효거리가 짧다. 또한 전파의 직진성이 강하여 장애물 극복이 어렵다.

이러한 이유로 저전력 운용이 가능한 424MHz RF 망이 제안 시스템에 보다 유용하다고 판단하였다[8]. 전파의 회절성이 좋기 때문에 장애물에 대한 극복 능력이 우수하고 슬립 모드에서 최대 16uA의 소비전류를 유지하므로 관리의 편의성이 우수하여 빌딩 자동화나 시스템 제어, USN 등에 널리

사용되고 있다.

## III. 시스템 설계

무선을 이용한 부식 검침 및 감시 시스템은 배관 부식방지 시스템의 안정성 확인을 위한 전위값 측정 방법을 보다 효율적으로 개선하기 위한 목적으로 설계된다.

제안된 시스템은 무선통신 파트, 부식 검침 파트, 모바일 컴퓨터로 구성된다. 무선통신 파트는 국내외 주파수 규격을 조사하여 미약전파법에 적합한 무선 데이터 통신 솔루션을 설계한 후 무선통신 모뎀 보드를 제작하고 이 무선통신 모뎀 보드를 제어하고 부식 시스템을 작동할 수 있는 검침 파트를 설계한다. 부식 검침 파트는 부식 감시 시스템의 작동 이외에도 아날로그 입력에 대한 임피던스 매칭을 정확히 이루어내는 것이 필요하다. 위의 두 보드 간 연결을 확립하면 모바일 컴퓨터용 소프트웨어를 통해 사용자가 무선으로 데이터를 획득 및 저장, 관리할 수 있도록 한다.

표 1은 기존 수작업에 의한 직접 검침 방식과 제안하는 시스템에 의한 무선 자동 검침 방식을 비교하였다. 제안 시스템은 다음과 같은 효율성을 가진다.

첫째, 무선 데이터 통신을 이용하여 전위값을 자동으로 검침하여 아날로그 검침 방법에 비해 소요되는 시간을 대폭 축소한다. 둘째, 테스트 박스에 장착된 통신 모듈에 데이터 검침 및 저장 기능을 부여하여 과거 데이터의 확보가 가능하다. 셋째, 현장에서 방식 시스템의 이상 여부 확인은 물론 과거 측정값과의 비교 등으로 현장에 대한 정확한 상황 판단이 가능하다. 넷째, 경비 절감과 무선 시스템 도입으로 방식 시스템의 안정화된 운용을 기대할 수 있다.

표 1. 검침 방식 비교  
Table 1. Comparison of Reading Method

기존 직접 검침 방식	무선 자동 검침 방식
- 검침 자료의 정확도에 대한 신뢰도 저하 (수작업 처리에 대한 오류 가능성)	- 데이터 수집 단계에서 디지털화를 통한 정확하고 신속한 데이터 수집 및 데이터 획득 능력 강화
- 안전을 위해서는 많은 수의 검침 인원이 요구되어 인적/물적으로 비효율	- 운용 관리의 DB화 관리 운용의 효율성 증가

제안 시스템은 그림 2와 같이 통신시스템, 자료 수집 장치, 데이터 측정 장치의 3가지 부분으로 구성되며 각각의 세부 내용은 부분별 구성 장비 및 기능으로 나누어 설명된다.

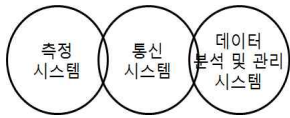


그림 2. 시스템 구성  
Fig. 2. System Composition

1. 데이터 분석 및 관리 시스템

이동용 데이터 수집 장치로써 모바일 컴퓨터를 이용하여 수집, 저장한다. 표 2는 차량에 탑재되는 모바일 컴퓨터에 설치되는 소프트웨어의 기능적 요구사항을 보여준다.

모바일 컴퓨터는 무선통신 모듈과의 RS-232 통신을 수행한다. GPS 위치 정보의 사용을 위해 GPS 수신기와의 연결이 가능해야 하며, 실험에는 휴대의 편의를 위해 PCMCIA 방식의 GPS 수신기 등이 있다. 상용화에서는 차량용 GPS 수신기의 사용도 가능하다.

표 2. 차량용 소프트웨어 개발 기준  
Table 2. Car Software Development Standard

내용	비 고
OS	윈도우 환경
데이터 수집 가능	저장된 테스트 박스 위치정보를 바탕으로 테스트 박스에 근접하면 무선 모듈을 Wake-up 시켜 데이터 전송. 일정 범위내의 전송 완료된 테스트 박스는 재호출하지 않음.
데이터 저장 가능	GPS 데이터 값 입력 테스트 박스로부터 정보를 수신하여 저장

2. 무선통신 시스템

무선통신 시스템은 크게 차량용 RF 송수신 모듈(마스터)과 테스트 박스(슬레이브)에 내장되는 거처용 RF 송수신 모듈, 그리고 GPS 수신기로 나뉜다. 표 3에서 RF 송수신 모듈은 2가지 형태를 갖는데, 차량용은 차량용 12V 전원을 사용하여 지속적이고 안정적인 전원공급으로 동작하고, 테스트 박스용은 내장된 배터리를 사용하여 마스터 장비의 호출에만 응답하고 저전력 대기 상태로 들어가도록 설계된다.

무선통신 방식으로는 2장에서 설명한 바와 같이 휴대폰 데이터망, 블루투스, 지그비 등 다양한 방식을 고려하였지만 [9], 시스템 구축비용이나 유지 관리 비용 및 시스템 구성의 측면 고려할 때 적합하지 못하다. 따라서 저전력 운용이 가능한 424 MHz 대역의 RF 통신망을 선택하였다. 단, 통신 시 암호화 또는 인증 모듈의 결합이 고려될 것이다[10][11].

표 3. 통신 시스템 개발 기준  
Table 3. Communication System Development Standard

구분	내 용		비 고
무선 데이터 송수신 장치	사용 주파수	424 / 320MHz	무선 송출 특성, 전원 소모량, 전파법 고려 선정
	송수신 거리	30m 이상	지표면 밀착등 설치 대상의 상황을 감안
테스트 박스용 송수신 장치	주행 속도	30Km/h 이하	자료 수집시 송수신 가능한 차량 주행 속도
	모듈 규격	시스템에 사용되는 테스트 박스 내에 설치될 수 있는 사이즈	
전원	저전력 설계 (주: 배터리, 보조: 기타 전원) 테스트 박스의 전원을 공통으로 사용		

3. 측정 시스템

측정 시스템은 데이터 자동 측정 및 저장과 A/D 변환, 데이터 수렴 기능을 갖는다. 측정 시스템은 기준 전위로부터 발생하는 아날로그 신호를 추출하여 디지털 신호로 변환하는 신호 변환부와 취득된 데이터의 위상차(흔들림)를 수렴하여 최적화된 결과값을 추출하는 데이터 연산부 및 변환, 정리된 데이터를 다음번 통신 시까지 DB화하여 저장하는 데이터 관리부 등으로 구성된다. 데이터 변환부는 약 6V의 변환 범위를 20 mV 단위로 측정할 수 있는 초고해상도의 분석 기능을 보유할 수 있도록 설계한다.

4. 시스템 운용 방법

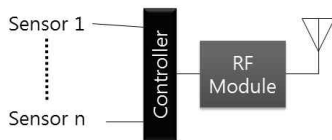
초기 배관선로 시공 후 측정 지점(슬레이브 지점) 설치 시 GPS 위치 정보를 입력하여 데이터베이스를 구축한다. 측정 지점에 설치된 무선 모듈(송수신기) 및 데이터 측정 장치는 1회/일 자동 동작하여 측정치를 메모리에 저장한다.

검침 업무 시작 전에 측정 지점들의 위치정보 DB를 모바일 컴퓨터에 저장하고 출발한다. 이때 마스터의 송신 모듈은 일정시간(1회/초)마다 자동으로 동작하며 슬레이브의 수신 모듈의 접근을 계속적으로 파악한다. 차량이 통신 가능한 측정 지점과 인접한 위치에 도달하면 (약 50 m 범위) 모바일 컴퓨터에서 자동으로 사전 측정되어 슬레이브에 저장된 검침 데이터의 수신을 자동으로 수행한다. 이때 수신된 데이터는 모바일 컴퓨터에 자동으로 저장 이전 데이터와 함께 분석을 수행하고 문제 발견 시 즉각 대응할 수 있게 한다. 또한 수집된 데이터는 사무실 복귀 후 메인 서버에 저장하여 사후 자료로 활용할 수 있도록 데이터베이스로 구축한다.

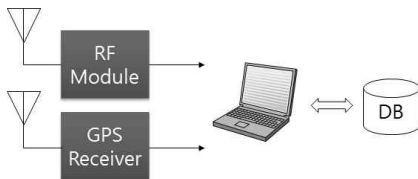
## IV 시스템 구현

### 1. 하드웨어 구성

시스템의 하드웨어 부분으로 마스터 컨트롤러, 슬레이브 컨트롤러(테스트 박스), 무선 모듈로 구성되며 그림 3과 같이 연결된다. 슬레이브 시스템에서 전위값 측정 센서들은 컨트롤러에 측정값을 주기적으로 저장하고 다시 무선모듈 작동시 저장된 값을 전송한다. 마스터 시스템에서는 모바일 컴퓨터에 연결된 통신모듈과 GPS 수신기를 통해 수신된 자료들은 온/오프라인으로 데이터베이스와 연동되고 사용자의 요청에 따라 호출될 수 있다.



(a) 슬레이브 시스템



(b) 마스터 시스템  
그림 3. 시스템 다이어그램  
Fig. 3. System Diagram

본 시스템 구현에 따른 원격 부식 감시 및 방식 제어시스템에 의하면, 부식감시 단말장치를 금속 구조물의 여러 개소에 설치하여 구조물의 부식 전위를 원격 무선 통신 제어에 의하여 정확하고 빠르면서도 동시에 연속적으로 검출할 수 있게 한다.

#### 1.1 무선통신 모듈과 컨트롤러

그림 4(a)는 무선을 이용한 부식 검침 및 제어장치의 시스템을 구현한 사진이다. 그림 4(b)는 제작된 무선통신 모듈(송수신 모듈, 마스터와 슬레이브)로 슬레이브용은 배터리에 연결된다.



(a) 컨트롤 보드 (b) 무선통신 모듈  
그림 4. 컨트롤 보드와 무선통신 모듈  
Fig. 4. Control Board and RF Comm. Module

#### 1.2 HPC-GPS 수신카드

마스터(차량용) 무선 모듈과 HPC를 연결할 데이터 케이블을 준비한 후에 HPC와 마스터 무선 모듈을 케이블로 연결한다. 이때, HPC에는 GPS 수신 카드를 반드시 연결하여야 한다(그림 5).



그림 5. 구현된 시스템  
Fig. 5. Implementation of the System

### 2. 검침/관리 소프트웨어

테스트 박스의 메모리로부터 검침 데이터를 수집/저장하기 위한 차량용 모바일 기기(PC 또는 스마트폰) 운용 프로그램과 모바일 기기에서 무선통신 모듈을 운용하기 위한 통신 프로토콜을 개발하였다. 테스트 프로그램은 윈도우XP 32bit에서 VB와 C를 이용하여 제작하였다.

표 4. 통신의 종류  
Table 4. Communication Class

NO	통신 종류	통신 방향
1	현재의 센서 AD Value 전송요청	PC → 무선 모듈
2	현재의 센서 AD Value 전송	PC ← 무선 모듈
3	과거의 센서 AD Value 전송요청	PC → 무선 모듈
4	과거의 센서 AD Value 전송	PC ← 무선 모듈
5	무선 모듈환경 설정의 변경 요청	PC → 무선 모듈
6	무선 모듈 환경 설정의 확인 요청	PC ← 무선 모듈
7	매설된 무선 모듈의 EEPROM WRITE	PC → 무선 모듈
8	매설된 무선 모듈의 EEPROM READ	PC ↔ 무선 모듈

2.1 프로토콜 구현

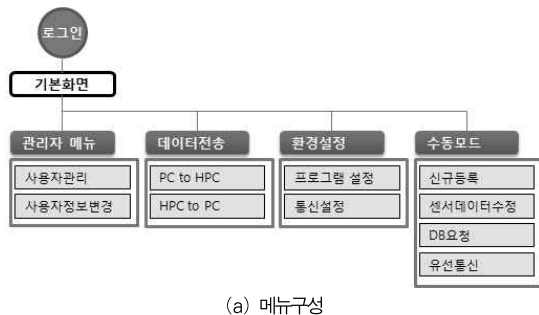
제작된 시스템에서는 RS-232C를 이용하였고 통신의 종류는 표 4에서와 같이 8가지의 방법으로 설정하였다.

2.2 무선 검침/관리 프로그램 구현

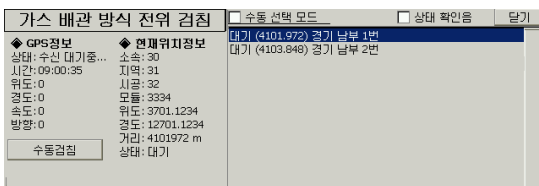
무선 검침/관리 소프트웨어는 'Main Station', '통신 관리자', 'Rom 설정' 그리고 'GPS 관리자'의 4가지 프로그램으로 구성되며 윈도우 XP이상에서 운용될 수 있도록 설계되었다.

'Main Station' 프로그램은 검침 업무를 시작하기를 시작하기 위한 기본 프로그램으로서 그림 6(a)과 같이 구성되며 소프트웨어를 실행하면 로그인 창에서 관리자 메뉴에 등록된 사용자의 정보로 로그인하는데 이 정보는 데이터베이스 구성 시 작업 담당자 정보로 활용된다. 정상적인 로그인 과정이 진행되면, 그림 6(b)와 같은 메인 화면이 나타난다. 메인 화면은 현재 위치를 보여주는 GPS정보, 가장 가까운 지점의 테스트 박스의 위치와 세부정보를 보여주는 현재위치정보를 보여준다. 또한 작업자가 수작업으로 검침을 지정할 수 있는 수동 선택모드를 제공한다.

차량 이동 중, 테스트 박스와의 거리가 환경 설정에서 설정된 자동검침 실행 거리의 범위 내에 포함되면 화면 우측에 나타낸 인근 검침 지점 중 "대기" 상태인 테스트 박스로의 자동 연결을 시도한다.



(a) 메뉴구성



(b) 메인화면

그림 6. Main Station 프로그램의 메뉴 구성과 메인화면  
Fig 6. Menu and Main Screen of Main Station Program



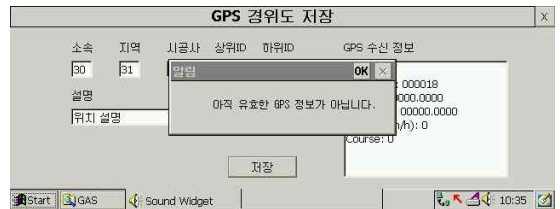
그림 7. 통신 관리자 프로그램의 메인화면  
Fig. 7. Main Screen of RF Manager Program



그림 8. GasRom 메인화면  
Fig. 8. Main Screen of GasRoom



(a) GPS 관리자 메인화면



(b) 입력 에러

그림 9. GPS 관리자 메인화면과 에러 메시지  
Fig. 9. main Screen of GPS Manager and Error Message

그림 7은 무선통신 모듈의 환경설정 기능을 제공하는 '통신 관리자' 프로그램으로서 담당자가 원하는 파라미터 설정을 변경할 수 있는 환경 설정 화면이다. 현재날짜시간과 모듈의 초기화 기능으로 구성되며, '전송' 버튼을 누르면 설정값을 무선통신 모듈로 전송한다.

'Rom 설정' 프로그램은 무선 모듈의 신규 또는 변경 기능을 제공하며 모듈의 초기값을 EEPROM에 저장한다(그림 8). 이때 입력값은 통신 프로토콜의 Hex 값이 사용된다.

'GPS 관리자' 프로그램은 검침할 테스트 박스의 위치 정보 데이터를 사용자가 직접 입력할 수 있는 프로그램이다(그림

9). 만약, 현재 GPS 좌표값의 데이터가 '0' 또는 프로그램에서 판단하였을 때에 유효하지 않은 수치가 입력된 경우에는 그림 9(b)와 같은 예러 메시지가 나타난다.

2.3 검침/관리 업무의 종료와 DB 구축

현장에서 해당 테스트 박스에 대한 검침과 관리가 완료되면 사무실로 이동하여 모바일 단말기기의 데이터를 서버 시스템에 업로드하며, 각 관리 레코드는 검침 성공, 자동검침 실패, 수동검침 실패로 구분되어 저장됨으로서 업무가 종료된다. 데이터베이스에 저장된 검침 자료들은 장기간 누적되어 다양한 형태의 빅데이터 분석 자료로 사용될 수 있다.

V. 테스트 및 평가

표 5은 시험 제작된 시스템을 현장에서 운용한 결과로, 정밀하게 측정된 데이터들이 정확하게 모바일 기기로 전송됨을 보여준다.

표 5. 센서값 측정  
Table 5. Measurement of Sensor

단위 : (mV)

센서값	측정 #1	측정 #2	측정 #3	측정 #4	측정 #5	오 차
5,000	4937	4943	4957	4944	4948	-43~-63
4,500	4452	4446	4434	4465	4437	-35~-66
4,000	3980	3945	3950	3946	3948	-20~-55
3,500	3463	3458	3468	3468	3471	-29~-42
3,000	2962	2969	2956	2962	2974	-26~-44
2,500	2480	2479	2473	2471	2466	-20~-34
2,000	1976	1978	1980	1975	1980	-20~-25
1,500	1475	1473	1468	1473	1472	-25~-32
1,000	984	982	980	990	982	-10~-18
500	498	499	495	494	493	-1~-7
0	2	3	3	2	1	2~3

표 6. 소비전력  
Table 6. Power Consumption

Mode		Master(with RS232)		Slave(without RS232)	
		시간	소비전류	시간	소비전류
Active	Tx	항상	42 mA	65±15 ms	30 mA
	Rx		35 mA		25 mA
Sleep		Not Use		935±15 ms	70 uA

표 6에서는 슬레이브 사이트의 동작시 소비 전력은 30mA, 대기 모드에서는 70uA로 동작됨을 보인다. 즉, 저전력 설계를 통해 제작된 슬레이브 단의 시스템이 낮은 전력에서도 이상 없이 정상 운용되어 1회 설치로 장시간 무인 운영이 가능함을 확인하였다.

실험을 통해 다음과 같은 운용 효율성이 존재한다고 평가하였다. 먼저, 업무 담당자가 수작업이 아닌 차량으로 이동하면서 무선 데이터 통신을 이용하여 부식에 대한 진위값을 자동으로 검침하기 때문에 업무 시간을 대폭 축소할 수 있으며 전산 자동화와 인증 시스템을 통해 정보에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다. 둘째, 무선통신 모듈에 데이터 검침 및 저장 기능을 부여하여 과거 데이터의 확보가 가능하여 손쉽게 현재와 과거의 데이터를 비교하여 분석할 수 있다. 따라서 현장에서 방식 시스템의 이상 여부 확인과 함께 현장에 대한 정확한 상황 판단이 가능하며, 데이터에 대한 빅데이터 분석을 통해 구역별 또는 분기별 장기적인 유지 보수에 대한 계획을 수립하는데 기초자료로 사용될 수 있어서 경비 절감과 지하구조물 관리 운용 시스템의 안정적인 운용을 기대할 수 있다.

VI. 결론

안전사고에 대한 일반인의 관심이 집중된 시점에서, 실생활에 필요한 배관류의 부식은 환경문제의 원인이 될 수 있을 뿐만 아니라 부식에 의한 파손은 대중의 안전에 심각한 위험 요소가 된다는 점에서 능동적인 관리 시스템의 필요성이 절실하다. 기존의 아날로그적인 관리 시스템은 담당자가 검점할 수 있는 업무 방식의 한계로 인하여 지하구조물의 규모를 고려할 때 부족한 인력으로 관리의 연속성이 떨어지기 때문에 미처 예측하지 못한 긴급사고가 발생할 수 있다. 제안된 시스템은 기존 아날로그적인 관리 시스템에 ICT를 융합하여 지하에 매설된 지하구조물에 대한 효율적이고 안정적인 관리가 가능하며, 데이터베이스 연계를 통한 빅데이터 데이터 분석을 통해 미래 예측 가능한 시스템의 구현이 가능하다.

참고문헌

- [1] J.K. Kim, Nishikata, Atsushi Tsuru, "Monitoring of corrosion Rates of Fe-Cu Alloys under Wet-Dry Condition in Weakly Alkaline Environments," Corrosion Science and Technology, pp.388-390, Oct. 2002.

- [2] J.H. Bae, D.K. Kim, K.J. Kim, "The Development of GIS Interconnected Corrosion Prediction System for Underground Buried Gas Pipelines" KIGAS Vol 4 No.3, Sep. 2000.
- [3] J.M Baek, I.k Hong, "The Design of an Automatically Generated System for Cross Sections of Underground Utilities using Augmented Reality," IJSM Vol 7, No 6, pp.255-264, 2013.
- [4] "A Study on Monitoring and Management System for City Infrastructure Using USN & GIS Technology," CIVIL EXPO 2007, pp.526-529, Oct. 2007.
- [5] B.B Lee et. 3, "Research u-City trends via USN technology," NIPA WTT, Aug. 2011.
- [6] S.M Kim, "Management System and Method on Buried Structure," Pat. 10-2011-0095150
- [7] A. Dementryev, et. 3, "Power consumption analysis of Bluetooth Low Energy, ZigBee and ANT sensor nodes in a cyclic sleep scenario," IEEE IWS 2013, pp. 1-4, Apr. 2013.
- [8] JW Nam, et 3, "Ventilation control of subway station using USN environmental sensor monitoring system," ICCAS 2011, pp. 305-308, Oct. 2011.
- [9] Mo Li, Y.H Liu, "Underground structure monitoring with wireless sensor networks," IPSN 07, pp.69-78, Apr. 2007.
- [10] K.S. Lee, N.S. Kim, S.Y Kim, "Experience of USN MAC based on 424MHz band IEEE 802.15.4," ICACT 2008, Vol 1, pp.350-353, Feb. 2008.
- [11] J.Y Kim, M.Y Choi, "Automatic wireless link and data transmission system for structure measurement using RF power," Pat. 10-0295416-0000.

## 저 자 소 개



권 용 광

2002: 동국대학교

전자공학과 공학석사

2008: 동국대학교

전자공학과 공학박사

현 재: 신안산대학교

컴퓨터정보과 교수

관심분야: 영상처리, 디지털 통신

Email : fifthave@sau.ac.kr