

USN 기술을 이용한 사면붕괴모니터링 시범시스템 개발

Development of a Prototype System for Slope Failure Monitoring Based on USN Technology

한재구* 김균태**
Han, Jae-Goo Kim, Kyoon-Tai

요약

국내에서 산사태 등 사면붕괴로 인한 재해의 사망자수는 전체 자연재해 사망자수의 약 24%에 해당된다. 이러한 사면붕괴는 주로 태풍 및 집중호우가 발생하는 시기에 집중되고 있다. 그러나 지금까지 사면붕괴 예방을 위한 연구는 소홀하게 취급되어 왔다. 한편 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 컴퓨팅능력과 무선통신능력을 지닌 센서노드들을 이용하여 자율적인 네트워크를 형성하고, 서로 간에 정보를 전달하는 것이다. 따라서 USN기술은 유비쿼터스 사회의 핵심기술로 부각되고 있으며, 이 기술을 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 이와같은 USN기술을 이용하여 사면붕괴 모니터링 시범시스템을 개발하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 한개의 신축계와 두개의 지표경사계를 사용하였으며, 센싱된 실시간 사면거동정보를 수집·변환하고 데이터베이스 서버로 전송하여 저장하는 모듈을 구현하였다. 또, 저장된 데이터를 손쉽게 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 개발된 시범시스템은 한국건설기술연구원의 테스트베드에서 현장적용성 실험을 수행하여 타당성을 검증하였다.

키워드: USN, 무선통신(Zigbee, CDMA), 사면, 사면붕괴, 계측

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 홈네트워크 및 유비쿼터스에 대한 일반인들의 관심이 크게 증가하면서, 10m 내외의 단거리에서 사용하는 무선네트워킹 솔루션인 ZigBee, 블루투스 등이 크게 각광을 받고 있다. 이중 ZigBee 기술은 저전력, 저가격, 사용의 용이성 등 많은 장점을 가지고 있어 국내외적으로 센서네트워크, 홈네트워크 및 자동화 분야에서 빠르게 적용되고 있다. 특히, ZigBee기술은 저전력 ZigBee 송수신기를 센서(동작, 빛, 압력, 기온, 습도 등)와 결합하여 대규모 센서네트워크를 구성하는 데에 적용할 수 있다. 따라서 휴대용 장치로도 원격으로 관리 및 제어를 할 수 있는 장점(박재성, 2005)이 있어 기존 유선기반의 센서네트워크 구성을 무선으로 대체하는데 많이 이용되고 있다. 다시 말하면, zigbee 기술을 이용한 무선센서네트워크는 기존 유선시스템이 가지고 있던 문제점 즉, 선의 단락으로 인한 네트워크의 붕괴, 고가의 시공비, 사람의 접근이 용이하지 않은 곳에 대한 유지관리의 어려움 등을 해결할 수 있는 대안으로 부각되고 있다.

한편 국내에서 산사태 등 사면붕괴로 인한 재해는 매년

7~9월 태풍 및 집중호우가 발생하는 시기에 집중적으로 발생되고 있으며, 유형별로는 도로면에 인접한 절토사면의 붕괴, 자연사면에서의 산사태, 주택지의 축대 및 옹벽붕괴 등이 있다. 1995년부터 2004년까지 10년동안 자연재해로 인한 사망자 수는 총 1,314인데, 이중 산사태 등 사면붕괴로 인한 사망자 수는 전체의 24.4%에 해당되는 318명이다. 다시 말하면, 매년 평균 32명이 사면붕괴로 인해 희생되고 있는 실정이다. 그러나 국내의 사면붕괴 대책은 사후조사 및 복구에 중점을 두고 있어, 피해 저감을 위한 예방대책으로 보기에 다소 미흡한 점이 있다. 아울러 기상이변 등으로 의하여 자연재해 발생빈도가 증가하고 있어, 그 피해규모 역시 점차 커지고 있는 실정이다(국립방재연구소, 2004). 이러한 사면붕괴로 인한 피해를 사전에 예방하기 위해서는 사면붕괴위험 대상지역에 다양한 감지센서를 설치하고, 변위, 간극수압, 내부응력변화 등 공학적 자료의 실시간 관측을 통한 사면거동 모니터링체계를 구축할 필요가 있다.

그러나 기존에 일부 사면현장에서 활용중인 유선기반의 사면계측시스템의 경우, 사면에 설치된 센서에 낙뢰가 떨어져 전체 네트워크가 손상되는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 또한 설치현장이 전국 각지에 산재되어 있어 관리가 용이하지 않고, 현장의 경사각도가 높고 붕괴위험이 있어 유지관리자의 접근이 용이하지 않은 특징이 있다. 이러한 기존 계측시스템에 첨단 무선통신 기술을 접목하면, 기존 시스템의 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 관리가 용이하고 다량의 무선센서네트워크가 가능한 ZigBee 기술과 사면붕괴를 감지할 수 있는 센서시스템을 결합함으로써, 위험사면의 거동을 실시간으로

* 일반회원, 한국건설기술연구원 연구원, 성균관대 박사과정, jghan@kict.re.kr
** 종신회원, 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사(교신저자), ktkim@kict.re.kr

본 연구는 정보통신부 정보통신선도기반기술개발사업(2006년)에 의한 연구의 일부임.

계측할 수 있는 USN기반의 사면붕괴모니터링 시범시스템을 구축하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 다양한 사면계측방법 중 지표변위측정방법만을 대상으로 하였다. 또한 계측센서는 신축계와 경사계만을 대상으로 하여, 근거리무선통신과 결합한 USN 센서모듈을 개발하고 시범시스템을 개발하였다.

본 연구는 다음과 같은 방법으로 수행되었다.

첫째, 기존 사면계측센서 동향 및 USN 기술동향에 대해서 조사, 분석한다.

둘째, 무선통신(Zigbee, CDMA)기술을 이용한 USN기반의 사면붕괴모니터링 시범시스템을 설계, 구축한다.

셋째, 현장적용실험을 통하여 구축된 시스템의 타당성을 검증한다.

2 관련기술 동향 분석

2.1 사면붕괴 대책 및 계측기술 동향

사면붕괴의 대책공법은 크게 보호공법과 보강공법으로 구분할 수 있다. 보호공법이란, 사면이 현시점을 기준으로 허용 기준안전율을 확보하고 있으나, 향후 우수나 풍화진행 등에 의해 안전율이 감소되는 것을 방지하기 위한 공법으로, 대표적으로 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 식생공, 배수공 등이 있다. 보강공법이란, 사면 활동에 대한 저항력을 증가시키거나 활동력을 감소시킴으로써 허용 기준의 안전율을 확보하기 위한 일련의 공법을 총칭하며, 대표적인 보강공법으로는 절취, 앵커, 계단식옹벽 등이 있다(한국건설기술연구원, 2006).

사면 붕괴에 대한 적극적인 방법은 사면붕괴가 일어날 것을 사전에 파악하여 붕괴되지 않게 보호, 보강을 하는 것이다. 이러한 사면붕괴를 사전에 예측하기 위해서는 사면에 발생하는 지반의 움직임을 관찰하고 이를 유발하는 원인들과의 상관관계를 규명하기 위한 연구가 필요하며, 그 기초자료로서 계측기에 의한 계측결과를 활용할 수 있다.

현재 붕괴위험이 있는 사면에 적절한 공법을 적용하는 등 대책을 수립하기 위하여, 위험사면에 대한 다양한 계측을 실시하고 있다. <표 1>은 기존의 사면에 대한 계측항목과 계측기기를 정리한 것이다(한국건설기술연구원, 2003). 사면붕괴현상은 통상 사면에 분포하는 연약면을 따라 발생한다. 이러한 사면의 변형 등 운동형태를 밝히기 위해서는 사면의 지질, 지형 등을 조사하고 통상지표면과 지중에 각종 계측기를 설치하여 지표면의 이동을 계측하게 된다. 현재까지 제안된 방법 중 사면의 연약면에 발생하는 인장균열 및 지표의 이동을 파악하는 방법이 가장 이상적인 방법으로 평가되고 있다(국립방재연구소, 2004).

표 1. 사면계측기기의 종류

구분	계측항목	계측기기
지표변위 측정	전체적인 표층부변위	▶ 측량법, 측점이용 - 삼각측량, 사진측량, 광학수준측량, 전자거리측량, GPS 이 용 침하량 측정
	표층부 균열측정	▶ 균열측정기 - 변위판, 변위말뚝
	표층부 기울기	▶ 경사계
	표층부 이동	▶ 신축계
지중변위 측정	지중 수평변위	▶ 지중경사계 - 파이프 변위계
	지중 수직변위	▶ 지중침하계 - 보아홀 익스텐소미터 - 와이어 익스텐소미터
기타	공극수압 측정	▶ 공극수압계 - 전동철판식, 동압식, 개방식
	지하수위 측정	▶ 수압계
	강우량 측정	▶ 우량계 - 간이 우량계, 자기 우량계

2.2 USN 기술 동향

USN(Ubiquitous Sensor Network)이란 ‘필요한 모든 곳에 센서(전자태그)를 부착하여 사물의 인식정보를 기본으로 주변의 환경정보(온도, 습도, 오염, 균열정보 등)까지 탐지하고 이것을 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것(남상엽 외, 2006)’을 말한다. 이것은 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기능을 부여하여 언제, 어디서나, 모든 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. USN은 정부중심으로 주도되고 있는 IT839 전략의 핵심인 3대 인프라의 구성요소 중 하나이며, 국외에서는 이미 WSN(Wireless Sensor Network)라는 이름으로 연구가 진행되어 오고 있다.

이러한 USN분야에 가장 대표적인 기술로 근거리무선통신 기술인 Zigbee를 들 수 있다. Zigbee는 AA배터리 두개만으로 수개월 동안의 수명을 유지할 정도로 전력효율이 좋으며, 10~10,000개의 센서네트워크를 구성할 수 있다. 또한 Ad-hoc 네트워크 특성을 가질 수 있어 기존 블루투스보다 더 큰 PAN(Personal Area Network)을 구성할 수 있는 장점이 있다.

USN의 기본 구성은 다음과 같다(텔레메틱스·USN연구단, 2006).

- 센서노드(Sensor Node) : 센서, 통신모듈, 배터리를 포함하며 환경정보를 센싱/전달하는 기능
- 싱크노드(Sink Node) : 외부네트워크 통신을 위한 중계노드
- 게이트웨이(Gateway) : IP기반으로 액세스할 수 있는 다양한 네트워크(LAN, WLAN, CDMA, WiBro, 위성 등)를 통하여 USN서비스를 제공할 수 있도록 IP기반 네트워크와 센서네트워크를 연계하는 시스템.
- USN 미들웨어(Middleware) : 대량의 센서데이터를 수집/필터링
- USN 응용플랫폼(Application Platform) : 다양한 산업 분야에 응용서비스 제공을 위한 플랫폼.

이러한 USN기술은 실생활의 모든 분야에 걸쳐 활용될 수 있으며, 현재 스마트홈, 물류/유통, ITS, 헬스케어, 국방, 환경, 로봇, 자동화, 공장자동화 등에 시범 적용되고 있다. 특히 최근 건설분야의 경우에는 시공 및 유지관리단계에 USN기술을 적용하기 위한 연구 및 시범사업을 수행 또는 현재 진행 중에 있다.(표 2 참조)

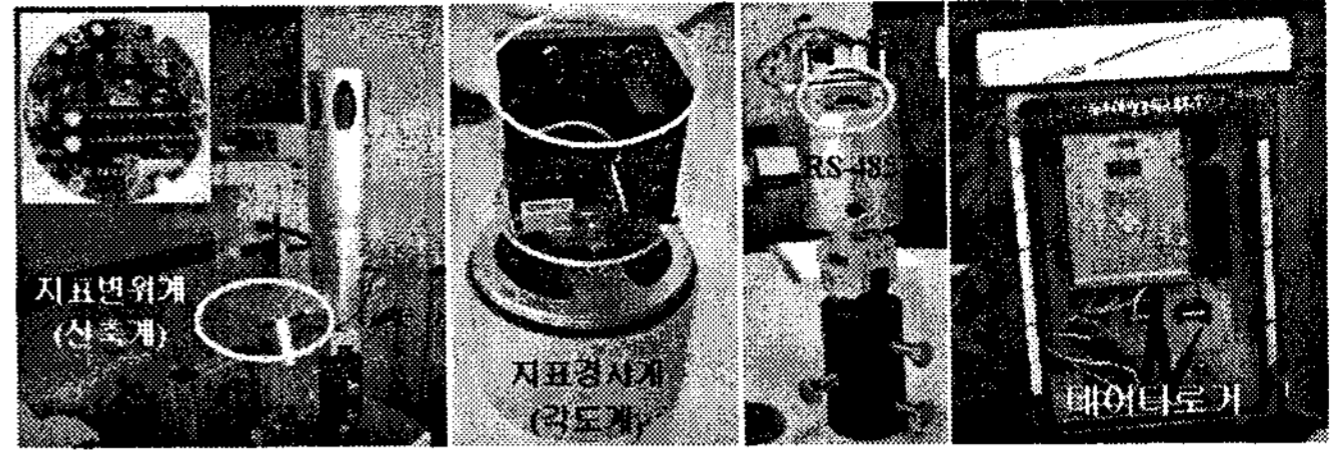


그림 1. 적용된 센서 및 데이터로거

표 2. 건설분야 USN 적용현황

분류	대상 서비스	관련센서	기관	
지상 시설물	터널	화재감지, 환경감시, 진동 등	온도, 습도, 미세먼지, 진동센서	부산시 설공단
		구조물 안전 및 유지관리	변형율계 센서	건기연
	도로	도로의 기상 및 노면상태 감시	기상센서-안개, 강우, 습도, 결빙 등	건기연
	교량	교량상태 감시	온도·진동·변형율계 풍향·풍속계	건기연
	사면	사면의 붕괴감시	지표변위계, 경사계, 우량계	건기연
빌딩	빌딩내 환경감시	온도, 습도, 조도센서 방문자안내	ETRI 건기연	
지하 시설물	지하철 및 지하도등	화재 및 환경감시	가스(co, co2), 미세먼지, 온도, 습도, 연기센서	대전시, 외
	지하 공동구	전력, 통신, 상수도관 등 전력선, 가스관 모니터링	화재, 누수, 입출입관리 3D GIS, USN결합 (센서 미확인)	인천경제청외 광주시 외
현장	콘크리트 양생관리	온도, 습도센서	건기연	
	기동축소 감시	변형률센서(진동현식)	건기연	

우선 센싱주기와 관리범위(안전기준)는 관리자가 원격지에서 자유롭게 조정한다. 주기가 조정되면, 조정된 주기마다 센서노드가 자동으로 깨어나서(wake up) 일정시간을 센싱하고, 데이터를 전송한 후 다시 슬립(sleep)모드로 전환된다. 이는 배터리의 소모를 최소화하기 위한 방법이다.

그리고 전원은 프로토타입 단계에서는 유선으로 공급되는 상전을 사용하고, 센서노드 간의 네트워크 구성방식은 star방식을 기본으로 한다. 이는 프로토타입 단계에서 안정성 등을 단계적으로 검토하기 위한 것으로, 최종 시스템에서는 전원은 태양전지, 네트워크 구성방식은 mesh방식 등으로 확장되어야 할 것이다.

통신은 센서노드에서 싱크노드 및 게이트웨이까지는 Zigbee를, 그 이후 관제소까지는 CDMA를 이용한다. 왜냐하면, 싱크노드 및 게이트웨이의 경우 현장에 설치되나 관제소는 전국을 총괄하는 곳 또는 지역을 총괄하는 곳 한 곳에 설치될 것이기 때문이다. 마지막으로 사면에서 관리범위를 벗어난 이상거동이 발생할 경우, 관련자에게 SMS 문자를 송출하고 관제소의 서버에서는 경고음이 발생된다. 이와 같은 기본개념을 도식화하면 <그림 2>와 같다.

3. 시범 시스템 설계 및 제작

전술한 바와 같이, 본 연구에서는 지표변위계측을 위한 신축계와 X, Y축의 지표경사계를 대상으로 시스템을 구축하였다. 이와 같은 센서를 하나의 제품(product)으로 구성(이하 TTW 센서)된 모델을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 센서 및 데이터로거는 그림 1과 같다.

표 3. 대상센서 및 사양

구분	주요사양
지표변위계 (신축계)	-사면상부 및 사면내 인장균열과 같은 표피이동측정 -센서공급전원: 5VDC, 사용온도 : -30~+65°C -인터페이스 RF-485
지표경사계	-와이어 말뚝설치 범위 밖에서 대규모 사면붕괴 발생 혹은 사면의 병진활동과 같이 이동말뚝 사이의 길이 변화 감지가 불가능한 경우 활동의 기울기 변화측정 -센서공급전원 : 24VDC, 무게 : 2.5kg -인터페이스 RF-485

선정된 센서 및 데이터로거는 기존의 일부 사면모니터링 현장에 유선기반으로 설치되어 운영중인 센서이다. 본 연구에서는 이를 무선통신기술을 이용한 무선 기반의 시스템과 연계하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 정의하였다.

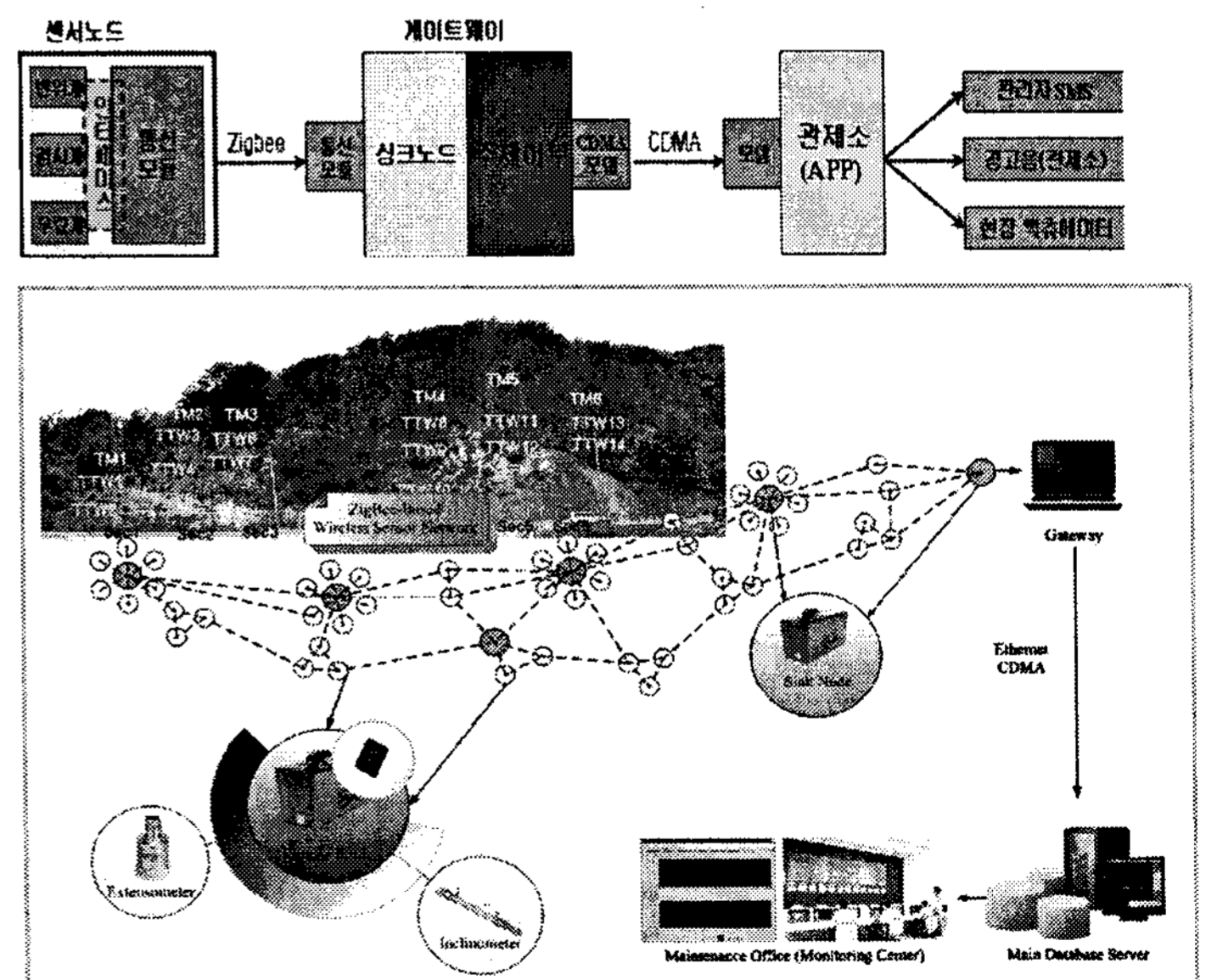


그림 2. 기본개념의 정의

선정된 센서와 Zigbee통신을 연결하여 센서노드를 구성하려면 센서로부터 발생하는 아날로그 신호를 디지털신호로 변환해 줄 인터페이스가 필요하며 이를 센서모듈이라고 부른다. 이러한 센서모듈을 개발하는 것은 센서의 종류와

특성에 따라 다르므로 매우 전문적인 기술을 요구하는 부분이다. 본 연구에서 사용한 센서노드의 개념은 <그림 3>과 같으며, Zigbee 통신모듈 사양은 <표 4>와 같다.

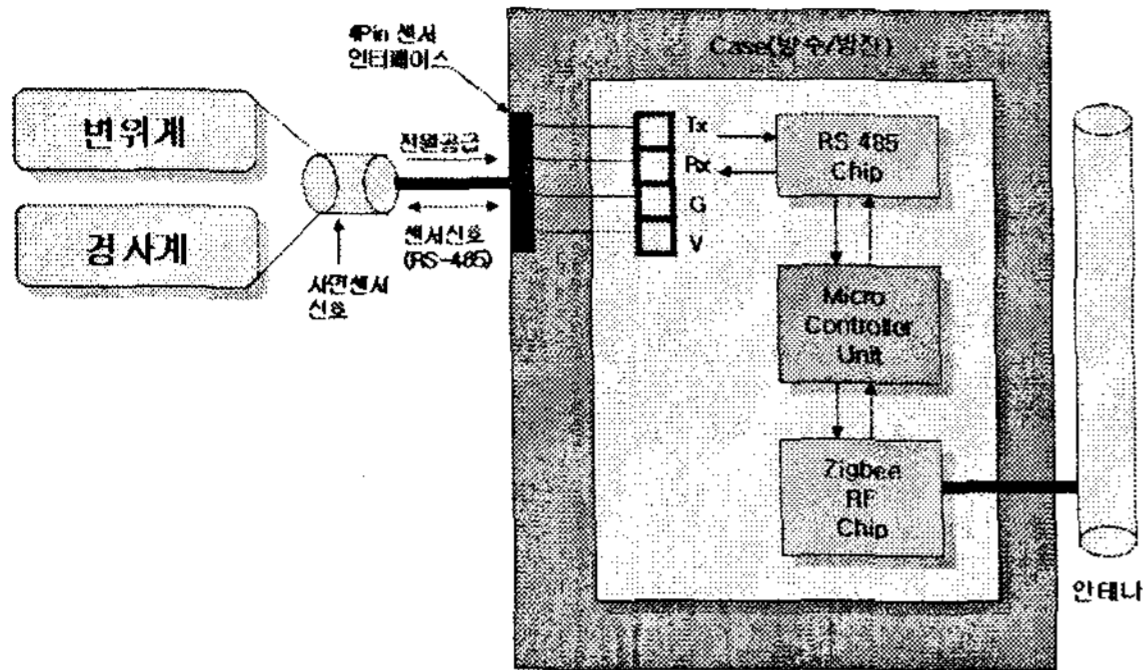


그림 3. 센서노드의 구성

표 4. Zigbee 통신모듈 사양

구분	주요사양
칩셋	Zigbee Alliance 인증칩셋
주파수대역	2.4GHz
작동전압	2.2~3.6V
인터페이스	RS-485 인터페이스
통신채널	16CH
OS	Nano-Qplus
무선송신거리	50~100m(open space 기준)
안테나	다이플안테나
소모전류	RX:500mA이하, TX:70mA이하, Sleep시:5mA이하

이와 같이 제작된 센서노드는 사면현장에 설치되므로 우천, 안개 등 외기에 노출되므로, 방수·방습이 가능하도록 밀실한 패키징이 요구된다. 상기의 요구사항에 의해 제작된 센서노드는 다음 <그림 4>와 같다. 또한 <그림 5>와 같이, 기존 데이터로거에 Zigbee통신과 CDMA통신을 결합하는 방식으로 싱크노드 및 게이트웨이를 구성하였다.

Application의 경우 시스템 설계 및 제작단계에서 상용화된 제품을 사용할 수 있도록 고려하다. 다만 기존 상용제품에, 설정된 시나리오의 기능을 수행할 수 있도록 일부기능을 수정하였다. Application의 주요역할은 수집된 데이터의 분석과 위험발생에 따른 경고의 기능을 수행하는 것이다. 즉 관리자가 Application에서 각 센서의 센싱주기, 데이터 수집주기, 관리범위 등을 설정한다. 그러면 Application은 설정된 센싱주기를 현장의 모니터링 시스템으로 전송하여, 현장시스템의 센싱주기를 자동으로 조정한다. 또 설정된 데이터수집주기에 따라 게이트웨이로부터 데이터가 자동으로 수집된다. Application과 현장시스템의 통신은 모두 CDMA망을 이용한다. 즉 Application에서 현장 시스템으로 보내는 설정정보나 현장시스템으로부터 수집되는 계측데이터는 모두 CDMA 모뎀을 통해서 전송된다. 그리고 Application에 전송된 데이터는 실시간으로 텍스트 형태의 데이터값으로 저장되며, 직관적인 분석을 위하여 그래프 형태로도 보여준다. 만약 계측값이 설정된 관리범위를 벗어날 경우,

Application은 서버시스템의 경고음 발생, 관리자 경고(SMS 문자송출), 사면주변 거주민·도로이용자 경고(SMS 문자송출), 신호등제어 등을 통하여 위험사실을 전파한다.

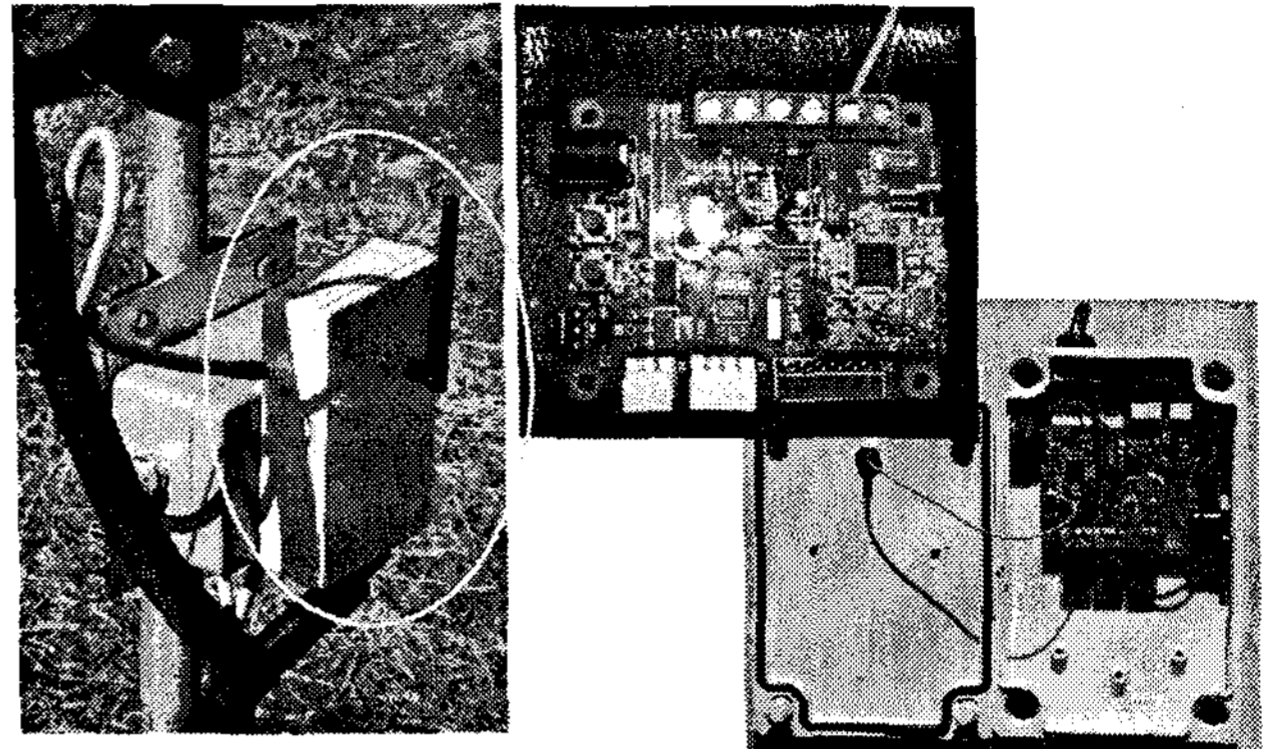


그림 4. 센서노드 제작

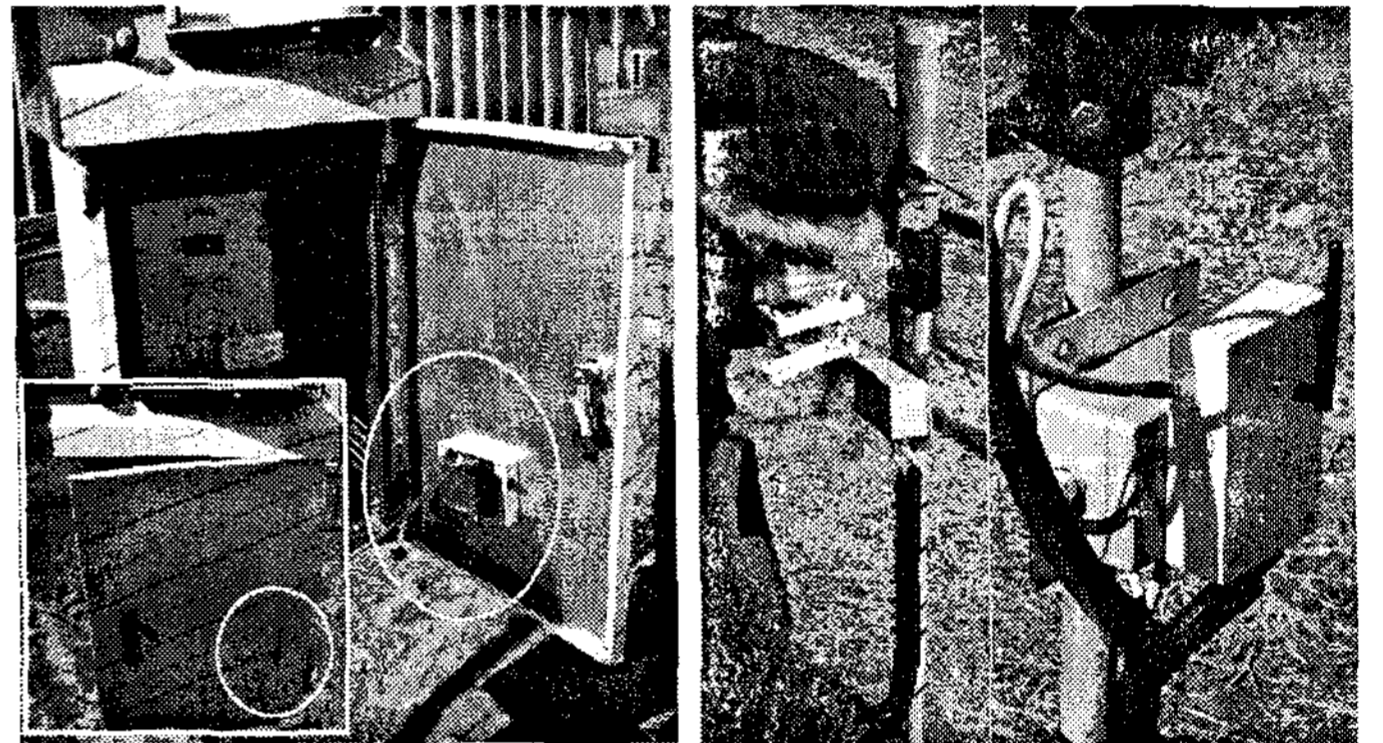


그림 5. 싱크노드 및 센서노드

4. 현장적용성 실험

본 연구에서는 구축된 USN기반의 사면모니터링 시범시스템의 현장적용성을 실험하였다. 이러한 현장적용성 실험의 가장 큰 목적은 센서노드와 싱크노드간의 통신실험, CDMA를 이용한 데이터전송실험, 실재 사면현장 테스트의 전단계로써 센서노드의 부식과 같은 외부환경에 대한 적응여부 등을 확인하는데 있다.

현장적용성 실험은 한국건설기술연구원내 부지에서 이루어졌으며, 운용기간은 2007. 3. 1~9. 30까지 7개월간이다. 시스템 구성은 TTW센서 8개, 센서노드 8개, 싱크노드 및 게이트웨이 1대(통신모듈 및 CDMA 모뎀 포함)와 상황실용으로 Application과 CDMA모뎀이 탑재된 PC와 노트북 각 1대로 구성되었다.

시범시스템 구축순서는 다음과 같다.

센서설치위치선정→터파기→전기배선→센서지지대시공→센서설치→싱크노드 및 게이트웨이(데이터로거+CDMA모뎀)설치→센서모듈결합 및 센서노드 구성→시스템완성→통신테스트 및 운용

상기와 같이 구축된 현장적용성 실험을 위한 시범시스템은 <그림 6>과 같고, 그 운용결과는 다음과 같다.



그림 6. 현장적용성 실험 광경

첫째, 현장내 센서노드간의 무선통신 실험을 한 결과 센서노드와 싱크노드의 센서노드간 RS-485 통신실험에서 데이터 전송에 일부 문제가 발생함을 확인하였다. 조사결과 센서노드가 동시에 데이터 송신/수신이 불가능한 데에 원인이 있는 것으로 확인되었다. 즉 센서노드는 기본적으로 수신모드로 대기하고 있다가 전송할 데이터가 있을 경우에 송신모드로 변경되고 송신완료 후 다시 수신모드로 대기하도록 구현되었다. 따라서 수신측의 데이터 수신에 문제가 발생할 경우에도 송신측에서는 무조건 데이터를 전달하게 되어, 데이터 손실의 문제가 나타났던 것으로 분석되었다. 이를 해결하기 위하여 센서노드에서 데이터를 송신할 때 전체 데이터 중 일부의 데이터를 우선 송신하고, 송신 후 제대로 전송이 되었는지 여부를 확인 한 이후에 나머지 데이터를 송신하고 전송이 완료된 이후 수신모드로 변환되는 방식으로 수정하였다. 이때 일부 데이터를 우선 송신 한 센서노드는 제대로 데이터가 전달되었는지 확인하기 위하여 순간적으로 송신모드에서 수신모드로 변환하게 되는데 이러한 방식을 인터럽트 방식이라 한다. 문제를 해결 한 이후 센서노드 간의 무선통신은 원활히 진행되었다.

둘째, 싱크노드와 게이트웨이로부터 CDMA 모뎀을 이용하여 상황실(가칭)의 PC와 노트북으로 데이터를 전송하는 과정에는 크게 문제가 없는 것으로 확인되었다.

셋째, 현장적용실험을 7개월 동안 운용한 결과 센서노드의 외부환경에 대한 적용에는 현재 큰 문제는 나타나지 않고 있다. 그러나 현재 센서모듈의 케이스가 플라스틱으로 제작되어 있어, 장기적으로는 부식 등의 문제가 발생할 것으로 예상된다. 따라서 부식 등에 강한 금속재질로 변경할 필요가 있는 것으로 판단된다.

이상의 주요 실험과정을 바탕으로 전송된 데이터에 대한 Application에서의 수집 및 분석은 <그림 7, 8>과 같다. <그림 7>은 지표변위계(신축계)에 대한 데이터 값을 그래프로 환산한 것이다. Application에서 각 센서노드의 코드를 지정을 하면 그에 관한 데이터 값을 사진과 함께 확인할 수 있다. <그림 8>은 지표경사계에 대한 데이터 값을 그래프로 환산한 것이다. TTW센서 1개당 X, Y축의 두개의 지표 경사계로부터 들어오는 데이터 값을 각각 벡터로 환산하여 그래프로 표현하므로, 개별 센서의 데이터를 확인할 수 있다.

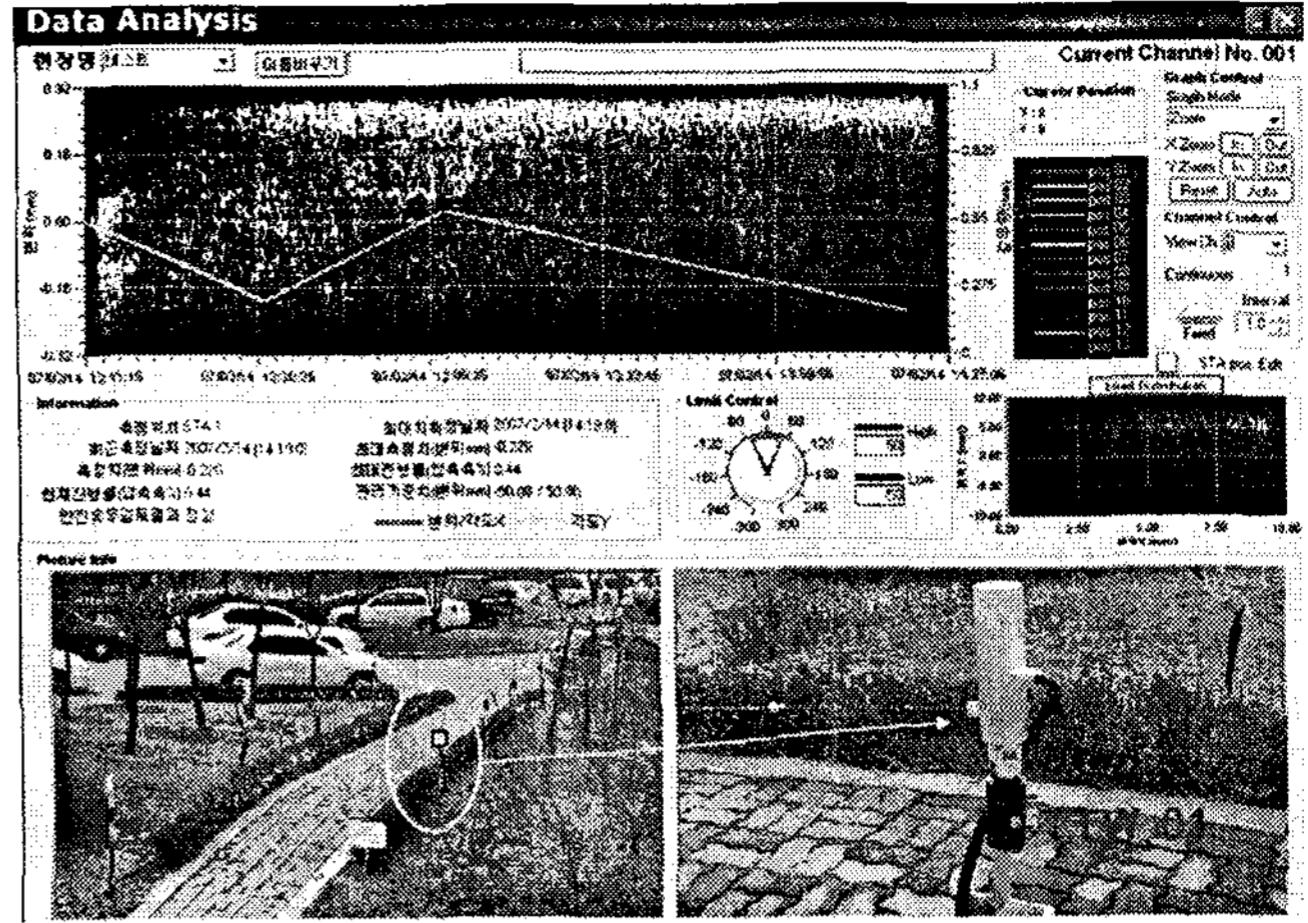


그림 7. 지표변위계(신축계) 계측현황

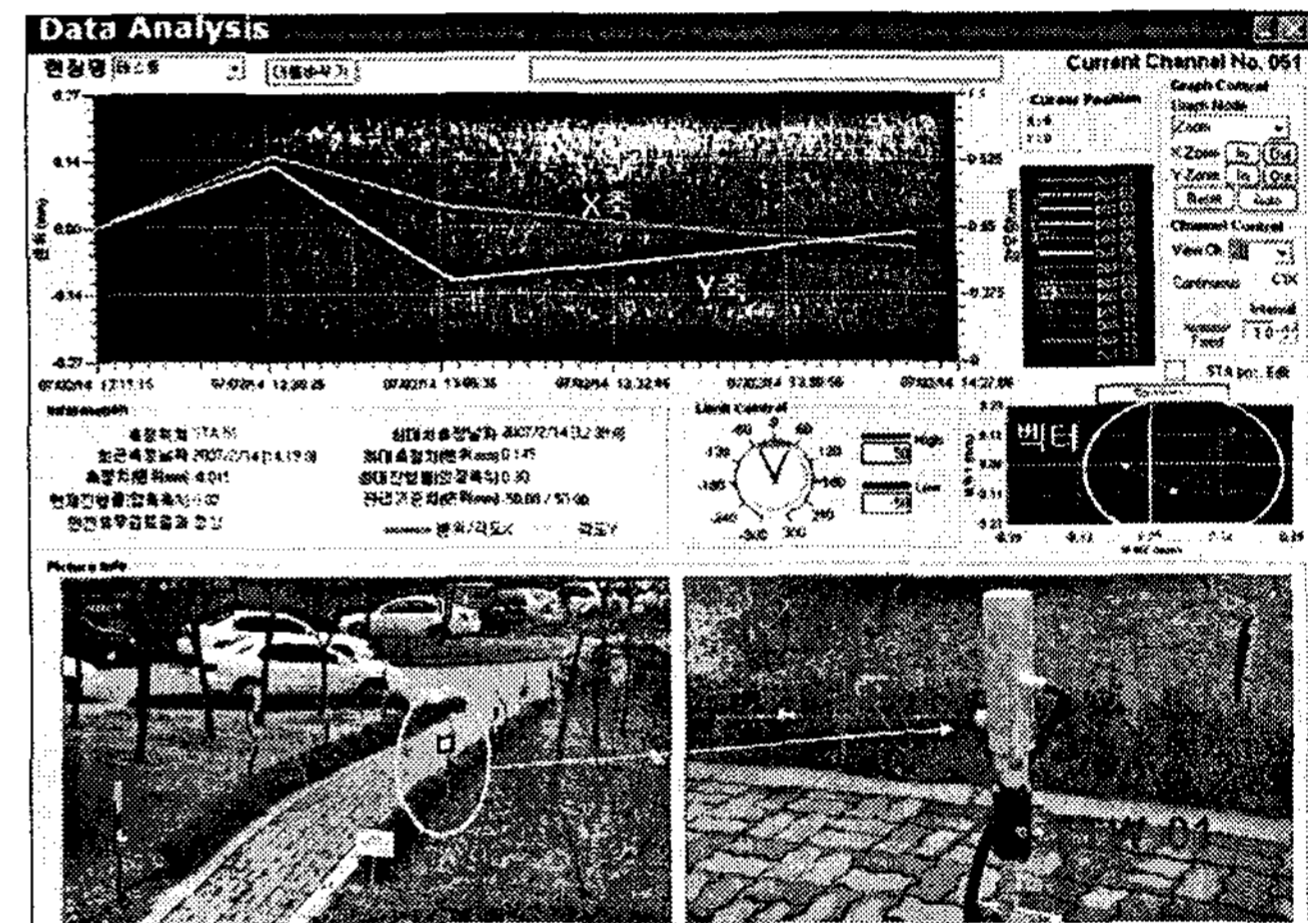


그림 8. 지표경사계 계측현황

마지막으로 현장적용성 실험에서 각 센서의 계측 안전기준을 설정하고, 인위적으로 안전기준을 초과하는 변이를 발생시킨 후, 위험 대응에 관한 실험을 실시하였다. 그 결과 <그림 9>와 같이 시스템상에서의 경고 및 SMS 문자송출을 통한 경고가 원활하게 작동되었다.

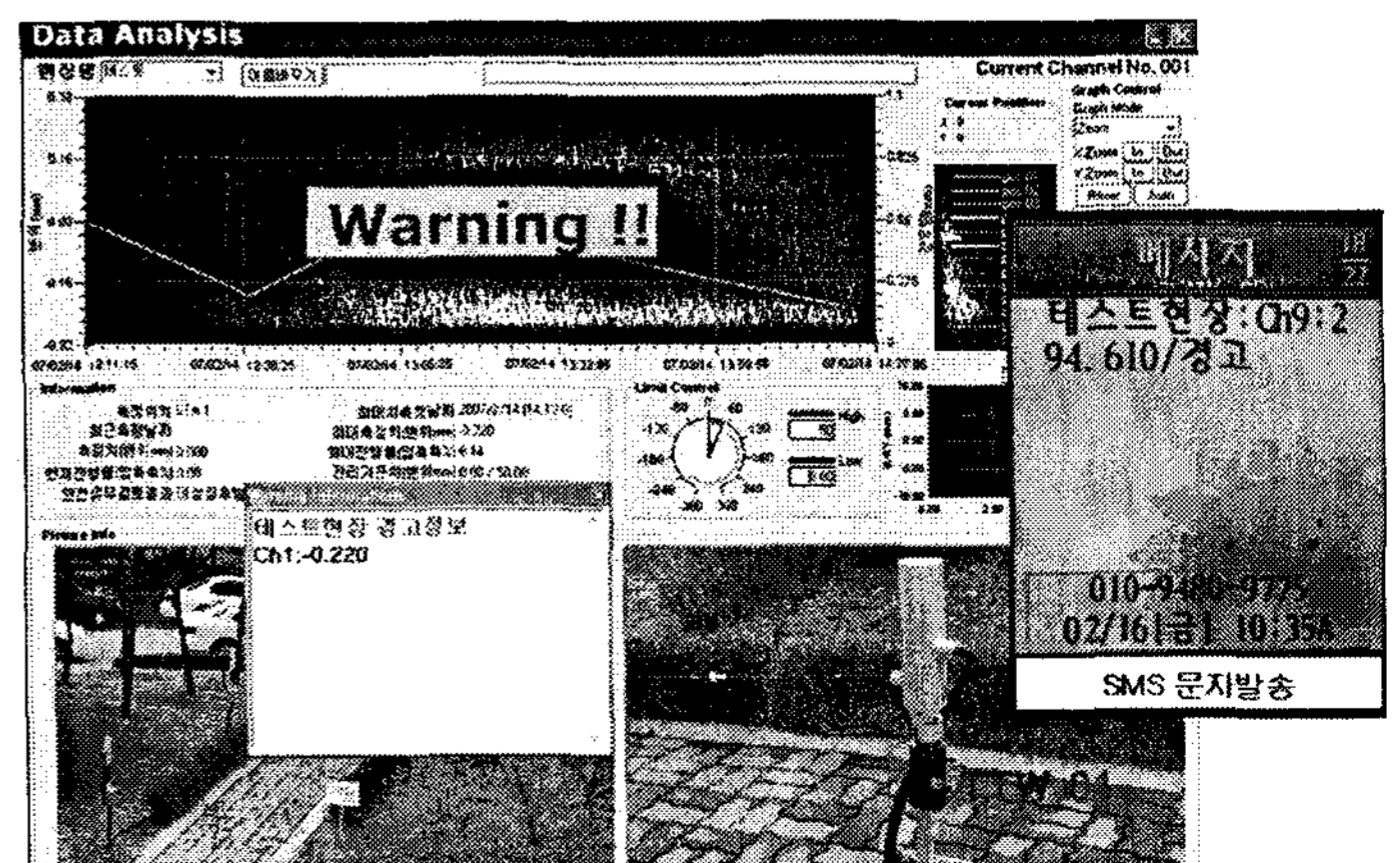


그림 9. 상황발생시 경고

이상의 실험결과, 본 연구에서 개발한 USN기반의 사면 모니터링 시범시스템은 초기 오류를 수정한 이후 현재까지의 운용상 큰 문제점이 발생되고 있지는 않다. 다만, 개발된 시범시스템을 실제 현장에 구축하기 위해서는 일부 개선해야 할 문제가 있을 것으로 예상된다. 즉 센서노드간의 거리가 멀어지거나 센서들이 곡선구간에 설치되는 등의 경우, 직진성이 매우 강한 Zigbee의 주파수 대역을 고려해 볼 때, 증폭 및 중계를 위한 중계기가 필요할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 본 연구에서 개발된 시범 시스템은 1단계 프로토타입이므로, 상용화를 고려한 2단계로 시스템의 개발이 필요하다. 즉 무선통신 등의 안정성이 입증되었으므로, 태양전지를 이용하여 전원을 공급하는 등 기술한 한계점들을 해소할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구의 목표는 기존 사면 모니터링을 위한 유선기반의 계측시스템에 USN기술을 적용하여 실시간 계측이 가능한 USN기반의 사면붕괴 모니터링시스템으로 구축하고, 현장적용성 실험을 통하여 그 타당성을 입증하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 첫째, 기존 사면계측현황을 조사·분석하고, 이를 통하여 대상 센서를 선정하였다. 둘째, 선정된 센서에 대해서 센서모듈과 센서노드, 싱크노드, 게이트웨이, Application 등에 관한 시나리오를 설정하고, 이를 바탕으로 시스템을 설계·개발하여 시범시스템을 구축하였다. 셋째, 구축된 시범시스템에 대해서 7개월간의 현장적용성 실험을 실시하였다. 그 결과 초기 무선통신의 오류를 보완한 이후 현재까지 시스템의 운용상에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

다만 실제 사면현장의 특성을 고려해 볼 때, 보다 안정적인 시스템을 구축하기 위하여 일부 개선이 필요할 것으로 판단되었다. 향후 본 연구에서 개발된 시범시스템의 성능을 개선하여, 실제 사면현장에 시스템을 구축하고, 시험

을 실시할 예정이다. 이를 위하여 현재 시스템에 적용된 전원 공급방식을 태양전지로 변환하여 완전한 무선 시스템으로 전환할 계획이다. 아울러 지형의 변화에 대응하여 무선통신에 문제가 발생하지 않도록 시스템을 개선할 계획이다. 또한 센서노드의 케이스를 내부식성 금속재질로 변경하여, 외부환경의 변화에도 견딜 수 있도록 할 계획이다. 그리고 구축된 USN기반 시스템과 기존 유선기반의 시스템을 비교함으로써 기술적, 경제적 타당성에 관한 분석도 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 국립방재연구소, 사면붕괴감지 및 관측에 관한 연구, 소방방재청, 2004. 12
2. 남상엽 외 2인, 유비쿼터스 센서 네트워크, 도서출판 상학당, 2006. 11
3. 박재성, 천성일, ZigBee기술 및 시장동향, 전자부품연구원 주간전자정보, 2005. 12
4. 텔레메틱스·USN연구단, u-센서망시스템 구조설계서, 한국전자통신연구원, 2006. 6
5. 한국건설기술연구원, 2003년도 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, 2003. 12
6. 한국건설기술연구원, 2005년도 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용, 건설교통부, 2006. 4

Abstract

The casualties due to slope failures such as landslide, rock fall, debris flow etc. are about 24% in total casualties caused by natural disasters for the last 10 years. And these slope failures are focused in the season in which typhoon and torrential rain take place. Not much attention, however, have been put into landslide mitigation research. Meanwhile, USN(Ubiquitous Sensor Network) forms the self-organization network, and transfers the information among sensor nodes that have computing technology ability. Accordingly, USN is embossed a social point technology.

The objective of this paper is to develop a prototype system for slope failure monitoring using USN technology. For this we develop module that collects and change slope movement data measured by two tiltermeter and a tension wire, store transferred data in database. Also we develop application program that can easily analyze the data. We apply the prototype system to a test site at KICT for testing and analyzing the system's performance.

Keywords : USN, wireless communication (Zigbee, CDMA), slope, slope failure, monitoring
