

---

# 무선 센서 네트워크를 이용한 상시 사면 균열 예측 시스템의 설계 및 구현

임화정\* · 차영환\*\*

Design and Implementation of the Slope-Crack Prediction System by Using  
Wireless Sensor Networks

Hwa-Jung Lim\* · Yeong-Hwan Tscha

---

본 연구는 2007년도 중소기업청 산학연 공동기술개발 컨소시엄 00022685과제사업으로 수행된 연구결과임

---

## 요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 연구가 활발해지면서 무선 센서 네트워크는 설치의 용이함과 저렴한 구축비용으로 다양한 분야에 널리 사용되고 있다. 현재 상용화 되어 있는 산간 지역에서 사용가능한 균열 예측 시스템은 구축 방법이나 비용 면에서 많은 부담이 되고 있다. 이에 대한 대안으로 저비용의 상용화된 무선 센서 네트워크를 이용한 사면 균열 예측 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 센서 노드를 절벽이나 사면, 바위, 독 등에 부착하기 쉽고 지형물의 원형 손상을 최소화 할 뿐만 아니라 설치 및 유지 보수비용이 기존의 시스템에 비하여 약 50% 정도에 불과한 장점을 갖는다.

## ABSTRACT

With the proliferation of ubiquitous computing we have witnessed the wide application of many wireless sensor networks into various areas because of easy installations and low-cost merits. The commercially available equipments for monitoring and predicting cracks in the mountain regions are still burden for us in terms of the installation complexity and the cost. Alternatively we in this paper design and implement a pilot slope-crack monitoring and prediction system which is based on low-cost commercial sensor networks. The proposed system is easy to install on cliffs, slopes, rocks, and banks and may minimize the destruction of the original geographical forms. Expected is that its installation and maintenance costs may reduce to the half of those of existing systems.

## 키워드

Wireless Sensor Networks, Slope-Crack, Monitoring and Prediction System

---

\* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 대학원생

\*\* 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수(교신저자)

## I. 서 론

유비쿼터스 센서 네트워크(USN, Ubiquitous Sensor Network)는 유비쿼터스 기반 기술 중 하나로 여러 응용 서비스 기술에 활용되고 있으며, 환경, 기상 생태계, 재해 예측 및 방재 등 다양한 분야에 적용될 것으로 전망하고 있다[1].

최근 지구 온난화로 인한 이상 기상 현상과 신도시 개발 및 산업화 등에 따른 택지 조성 시 대규모 경사면 발생 및 산지 개발로 인한 재난취약성 증가 등 외부 요인이 급변하고 있다[2]. 이런 상황에서 매년 우기시 급경사지 및 도심지 주택지 위험사면에서 붕괴재해가 발생, 인명피해를 유발하여 국토의 보전 및 민생 안정에 위협이 되고 있다[3]. 따라서 인명피해를 유발시킬 수 있는 산사태 및 토석류를 포함하는 사면붕괴위험 대상지역에 다양한 감지센서를 설치하고 공학적 자료의 실시간 관측을 통해 사전감시체계를 수립하여 사면 붕괴로 인한 재산 및 인명피해를 줄일 필요가 있다[3,4].

그러나 현재 국내 절토사면은 지반 및 지질 특성이 복잡하고 공학적인 특성이 균질 하지 않기 때문에 절토사면의 시공을 위한 사전 조사단계에서 지반특성을 완벽히 파악하기 힘든 실정이다[4]. 따라서 붕괴사고가 자주 발생하거나 충분한 안전율을 확보하지 못하는 사례가 많다. 절토사면의 예측된 움직임 특성과 실제 움직임이 일치하지 않는 경우가 많으며 이와 같은 문제점들을 해결하기 위한 방편으로 절토사면의 움직임을 파악하고 이상 징후가 발견될 경우 적절한 대응방법을 강구할 수 있는 상시 사면 균열 예측 시스템이 필요하다[6]. 본 논문에서는 미국 등 선진국에서 IT기술을 이용한 예측 시스템개발 사례를 토대로 우리나라의 지형에 적합한 무선 센서 노드를 활용한 상시 사면 균열 예측 시스템을 설계 구현하였다. 본 논문은 2장에서 관련연구를 기술하고 3장에서 제안하는 상시 사면 균열 예측 시스템의 구조 및 개념을 설명한 후 4장에서 예측 시스템 처리 절차에 대해서 설명한다. 5장에서는 시스템의 구현 결과를 제시하고 6장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

## II. 관련연구

미국에서는 사면 무인감시 시스템이 도로사면, 노천

채굴 광산의 사면관리, 산사태 감시에 쓰이고 있다[7]. 무인 감시시스템은 붕괴 전에 사전징후를 감지할 수 있는 실시간 감시체계를 구축하는 것이 목적이므로 우량계, 진동현식 간극수압계, 지중 경사계, 지표면 신축계, 하중계가 무인감시시스템에 포함되고, 자료수집시스템과 무선전송장치를 이용한 전송시스템으로 구성되어 있으며 배터리 재충전 에너지원으로 태양열을 이용한다.

산지가 70%인 만큼 산사태가 많은 일본에서는 최근 광섬유를 이용한 산사태 감지체계를 개발해 응용단계에 들어갔다[8]. 주요 연구개발 항목은 사면 붕괴 형태별 예측방법과 광섬유센서 요구 성능 검토, 광섬유센서로 사면을 감시·계측하는 기술 개발과 현장실험으로 검증하기, 감시·계측체계 운용방법 구축 등을 연구하고 있다[9]. 이 계측체계는 산사태 위험도를 등급으로 구분한 '위험 지도' 작성에 따라 도로 사면이나 자연 비탈면 가운데 산사태 위험지역으로 지정된 곳에 센서 구설을 하는 광섬유를 깔거나 별도의 센서를 설치한 뒤 광섬유로 연결해 비탈면의 용벽이나 연구실에 설치한 판독기를 이용해 미세한 땅의 변화까지도 탐지하는 것이다. 그러나 2억5천만~3억 원에 이르는 판독기 구입비 부담 때문에 이를 전국으로 확대하는 데는 망설이고 있다. 일본은 또 2003년 위성항법장치(GPS)를 이용한 산사태 예측 기법도 시도했으나 비용이 너무 많이 들어 지금은 중단했다고 한다.

따라서 정밀한 정확성보다 설치나 보수가 쉽고 경제적인 예측시스템 개발이 필요하다.

상시 사면 균열 예측 시스템의 필요성은 오래 전부터 제기되어 왔으나 여러 가지 문제점들로 인하여 실제 구축이 어려워 널리 보급되지 못하고 있는 상황이다[6].

제기된 문제는 첫째, 초기 설치비용이 매우 많이 든다는 것이다. 최근 많이 연구되고 있는 GPS장치나 광케이블센서와 같은 첨단 장치의 경우 매우 고가의 장비들이 필요하여 현실에서 외면당하고 있는 실정이다.

GPS장치의 경우 높은 정밀도를 유지하기 위하여 매우 정밀한 고가의 장비를 사용하여야 하며 이를 보완하기 위해 신축계와 같은 기존의 저렴한 장비들과 혼용하여 사용하는 것이 바람직한 것으로 권고되고 있는 실정이다.

광케이블 센서의 경우 사면 전체에 걸쳐 광케이블을 설치하여 사면의 변위변화를 측정하는 것인데 산악지대가 많은 국내 환경에서 사면마다 고가의 광케이블을

설치하는 것은 매우 높은 설치비용을 필요로 한다. 사면 균열 예측 시스템을 사면에 설치하더라도 재난 발생을 방지하는 것은 아니며 재난 복구 후 재 설치하여야 한다는 사실이 초기 설치비용이 많이 드는 장비들을 사용하는 것을 더욱 꺼리게 한다. 사면에 붕괴가 발생하는 경우 사면에 설치된 고가의 장비들도 사면붕괴의 피해를 입을 수 있으며 재활용이 힘들어질 수 있다.

국내의 많은 사면들이 매년 반복적으로 붕괴되고 복구되는 상황에서 고가의 장비들을 매년 새롭게 구매하여 설치한다는 것은 낭비가 매우 심하다고 할 수 있다. 따라서 사면 계측시스템이 널리 사용되기 위해서는 저가의 장비를 이용하는 사면 계측시스템에 개발이 필수적이라 할 수 있겠다.

둘째, 기존에 사용되는 장비들이 설치가 용이하지 않다는 문제점이 있다. GPS장치와 같은 장비들은 넓고 안정적인 공간을 필요로 하며 안정성을 위하여 지면에 고정되어야 한다. 신축계와 같은 저가의 일반적인 장비들도 사면에 사용되기 위해서는 지면에 고정되어야 하는데 이때 주로 사용되는 것이 사면에 천공을 뚫고 고정시키는 것이다. 사면에 1~2m정도에 천공을 뚫고 파이프를 박은 다음 여기에 장비를 부착하여 사용하는 것이 일반적인 방식이다. 이러한 방식은 경사가 낮거나 천공을 뚫기에 용이한 토질에서는 유용하게 사용될 수 있는 방식이다. 하지만 단단한 암석들로 이루어진 사면들이 매우 가파른 경사를 이루고 있는 국내 환경에서 이러한 설치기법을 사용하기는 매우 어려운 실정이다. 단단한 암석에 천공을 뚫는 작업이 매우 많은 노력을 필요로 할뿐만 아니라 천공 작업 자체가 사면에 충격을 가하여 사면의 붕괴를 초래할 수도 있다. 따라서 사면 계측이 넓은 지역에서 손쉽게 이루어지려면 사용되는 장비에 설치가 용이할 필요가 있다.

본 논문에서 제시 하는 무선센서네트워크는 매우 저가의 소형 센서 노드들을 사용하여 사면 균열 예측 시스템을 구성하기 때문에 초기 설치비용이 많이 들지 않는다는 비용적 장점을 가진다.

저가의 소형 센서 노드들을 사면에 부착하여 사면 계측 시스템을 구축함으로써 다른 장비들에 비해 매우 낮은 설치비용을 필요로 한다. 설치비용이 저렴하기 때문에 사면 붕괴 후 복구 시에 재설치가 용이하여 재 붕괴가 자주 발생하는 국내환경에 적합하다. 센서 노드들의 크기가 소형화되고 있기 때문에 설치 시에도 이점을 가진

다. 크기가 매우 작은 센서 노드들은 아무 곳 에나 탈부착이 용이하기 때문에 넓은 지역에 손쉽게 설치할 수 있다는 장점을 가진다.

### Ⅲ. 상시 사면 균열 예측 시스템

본 논문에서는 기상정보를 수집하고 사면의 변위를 측정하는 사면 균열 예측 시스템을 제안한다.

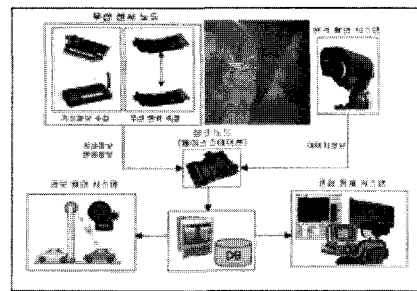


그림 1. 시스템 개념도  
Fig. 1 System Overview

그림 1의 시스템은 먼저 기상정보를 수집하고 사면의 변위를 측정하는 무선 센서노드, 사면의 이미지 정보를 촬영하는 원격 촬영 시스템, 센서들과 촬영시스템으로부터 수집된 정보를 취합하여 외부 네트워크로 전송하는 싱크노드(베이스스테이션), 데이터 저장 및 관리를 위한 데이터베이스 시스템, 이상 징후 발생 시 경보를 발령하는 시스템, 그리고 시스템을 통합 관리하는 종합 통제 시스템으로 구성된다.

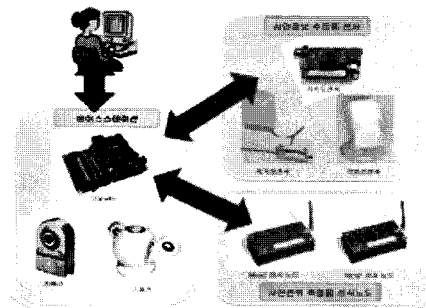


그림 2 하드웨어 구성  
Fig. 2 Hardware Components

제안하는 사면 균열 예측 시스템은 변위 측정을 위한 무선 센서노드, 사면 정보 수집을 위한 사면 정보 수집용 센서들 그리고 센서노드와 상황실 컴퓨터를 연결해주는 베이스스테이션으로 구성된다.

그림 2는 사면 균열 예측 시스템의 하드웨어를 보여 준다. 변위 측정을 위한 센서 노드로 버클리대학에서 개발하여 Crossbow사에서 판매하는 Mica2모드를 사용하였다. Mica2모드는 433MHz대역의 주파수를 사용하여 노드 간의 거리를 측정하며 이를 이용하여 사면의 변위 변화를 계측한다. 사면정보 수집용 센서로는 Mica2용 센서보드인 MTS310보드가 가속도 측정을 위해 사용되었으며 자기장센서와 적외선센서는 전자부품연구원서 개발하여 아이엔테크사에서 판매하는 Kmote-PIR와 Kmote-Door 센서를 사용하였다.

베이스스테이션으로는 Crossbow사 제품인 Stargate가 사용되었다. Stargate는 센서노드를 부착할 수 있는 인터페이스를 제공하여 센서 노드와 통신할 수 있어 센서 노드로 명령을 전달하거나 센서노드로부터 데이터를 수집하는 기능을 수행할 수 있다. USB인터페이스를 통해 스피커나 카메라 등을 연결할 수 있어 경보음을 발생하거나 이미지를 촬영하는데 사용될 수 있다.

표 1 시스템 요구사항  
Table. 1 System Requirement

시스템 개발	알고리즘 개발
사면표층부 변위측정 시스템	센서 노드 간 거리측정 표층부 경사 측정 노드 간 변위 계산
사면 기상 상태 측정 시스템	온도 및 습도 변화 측정 사면 상태분석 및 변위 측정 사면 변위 변화 이미지 촬영 변위 변화 좌표화 알고리즘 카메라 촬영 각도 조절 기법
센서노드간 통신프로토콜	데이터 교환 프로토콜: 폴러딩 데이터 전송 프로토콜: 멀티홉 노드간 데이터 취합 알고리즘
DB 설계	이동변위 저장 기상상태 정보 저장 사면 변화 정보 저장 이미지 정보 저장
디스플레이 프로그램	그래프를 이용한 변위 변화량 및 기상상태 변화량 디스플레이
경보 시스템	경보 발생 기준 값 설정 변화를 감지한 노드의 경보 발생 정보를 취합 한 싱크노드의 경보 발생

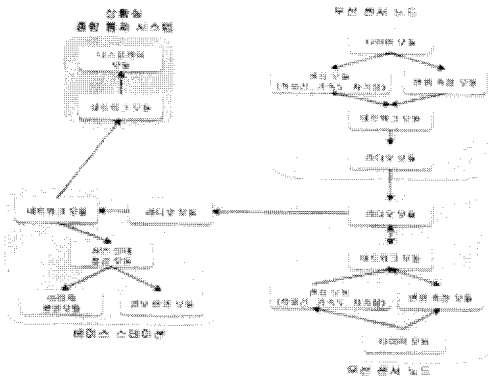


그림 3 소프트웨어 구조  
Fig. 3 Software Organization

그림3의 소프트웨어는 아래 표 1의 제안 시스템 요구 사항에 의해 구축하였다.

#### IV. 제안 시스템 구성 및 구현 결과

제안한 시스템은 크게 세 가지로 센서네트워크 통신 프로그램, 사면 균열 계측 프로그램 그리고 사면 정보 디스플레이 프로그램이다.

센서네트워크 통신 프로그램은 센서네트워크와 연결하여 센서네트워크에 명령을 전달하거나 센서네트워크로부터 데이터를 수집하여 다른 프로그램에 전달해주는 기능을 수행하여 다른 응용 프로그램들과 센서네트워크 간에 중개자 역할을 하는 미들웨어이다.

사면 균열 계측 프로그램은 무선 센서노드들을 이용하여 변위를 계측하고 계측 결과를 사용자에게 보여주는 프로그램이다.

사면 정보 디스플레이 프로그램은 사면 정보 수집용 센서들을 이용하여 사면에 정보를 수집하고 이를 그래프로 사용자에게 보여주는 프로그램이다. 사면 균열 계측 프로그램과 사면 정보 디스플레이 프로그램에는 베이스스테이션에서 촬영된 사면 이미지를 보여주는 기능이 있다.

개발한 사면 균열 예측 시스템의 동작을 확인하기 위하여 사면을 축소시킨 모형물을 제작하고 센서노드들을 설치하여 실험환경을 구축하였다

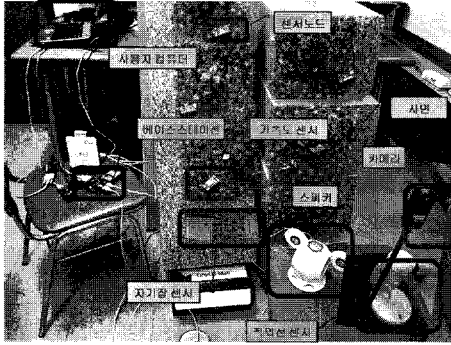


그림 4 개발시스템 구성  
Fig. 4 Configuration of the Development System

그림 4은 구축된 실험환경을 보여준다. 종이상자를 여러 개 조립하여 쌓음으로써 암반들이 사면을 이루는 것을 형상화하도록 하였다. 실험 시에 종이상자를 흔들어서 상자들이 넘어지도록 함으로써 사면이 붕괴되는 효과를 얻을 수 있도록 하였다. 종이상자 겉면에 센서노드들을 설치하여 변위를 측정하고 사면 정보를 수집하도록 하였다. 센서네트워크 통신 프로그램은 센서네트워크와 다른 응용 프로그램을 중개해주는 미들웨어 역할을 담당한다. 사면 균열 예측 시스템이 정상적으로 동작하기 위해서는 센서네트워크 통신 프로그램이 센서네트워크에 접속하여 명령을 전달하거나 데이터를 수신할 수 있어야 하며 다른 응용 프로그램들과도 데이터를 주고받을 수 있어야만 한다.

그림 5는 센서네트워크 통신 프로그램이 실험에서 동작하는 화면을 보여준다. 다른 응용 프로그램들이 접속하기 위한 서버포트로 9001을 설정하였으며 센서네트워크에 접속하기 위해 베이스스테이션 주소를 설정하였다. 연결 상태 표시부에서 센서네트워크에서 수신한 패킷 수와 전송 패킷 수 그리고 클라이언트 수가 증가하는 것으로 센서네트워크 통신 프로그램이 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있다. 센서네트워크 통신 프로그램이 정상적으로 동작하는지 여부를 좀 더 명확히 하기 위해서는 다른 응용 프로그램에서 센서네트워크와 통신이 되는지 여부를 확인함으로써 판단할 수 있으며 이

후의 실험결과에서 응용 프로그램들이 정상적으로 동작하는 것을 보임으로써 센서네트워크 통신 프로그램이 정상 동작하는 것을 확인할 수 있을 것이다.

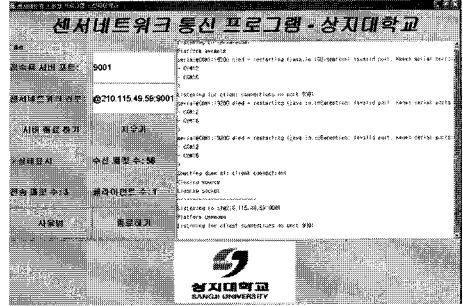


그림 5 통신 프로그램(스크린 샷)  
Fig. 5 Communication Program(Screen Shot)

사면 균열 예측 프로그램은 사면에 설치된 센서네트워크를 구성하는 센서노드들을 이용하여 변위를 측정하는 프로그램이다. 사면 균열 예측 프로그램이 정상적으로 동작하는지 판별하기 위해서는 사면에 균열 발생시 변위정보가 바뀌는 것을 확인하여야 한다.

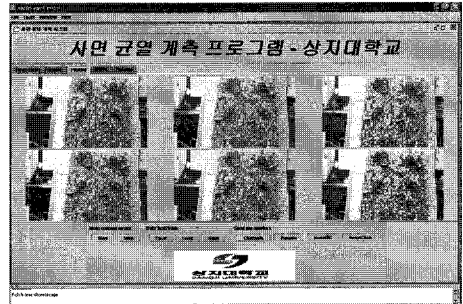


그림 6 예측 프로그램(이미지 1)  
Fig. 6 Measurement Program(Image 1)

그림 6은 사면 균열 예측 프로그램을 실행하여 센서노드를 검색한 결과를 보여주고 그림 7은 사면을 촬영한 이미지 데이터를 수신한 결과를 보여준다. 사면 붕괴 효과를 적용하기 전이기 때문에 사면에 대한 이미지 데이터에서 사면이 정상임을 확인할 수 있다. 센서노드 표시부에는 사면에 설치된 4개의 센서노드가 검색된 것을 확인할 수 있어 사면 균열 예측 프로그램뿐만 아니라 센서네트워크 통신 프로그램도 정상적으로 동작하는 것을

확인할 수 있다. 검색된 4개의 모드를 모두 Master와 Assist 그리고 Slave의 그룹으로 만들어 사면에 변위를 측정하도록 하였다. 4개의 센서노드가 있으므로 6개의 그룹이 형성되어 변위 측정이 실행될 것이다.



그림 7 노드에서의 계측(스크린 샷)  
Fig. 7 Measurement at Nodes(Screen Shot)



그림 8 계측 프로그램(데이터 수신)  
Fig. 8 Measurement Program(Date Rx)



그림 9 계측 프로그램(변위 1)  
Fig.9 Measurement Program(Discrepancy 1)

그림 8은 센서노드들이 변위측정을 위해 수집하여 전송한 데이터를 보여주며 그림 9는 수신한 데이터를 기반

으로 계산한 변위 값을 보여준다. 센서노드의 실제 위치 값은 입력하지 않은 상태이기 때문에 실제 위치와의 차이를 구하여 사면에 변화가 발생하였는지는 판단하기 어렵다. 하지만 처음에 계측된 이 값을 초기치로 하여 추후에 계측된 사면 변위 값이 초기치와 다르다면 사면에 변화가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 이후 실험에서 사면이 붕괴되면 변위 값이 변하는 것을 확인할 수 있다.

사면에 균열이 발생하였을 때 센서노드들이 계측하는 변위 값이 달라지는지 확인하기 위해 실험에 사용된 종이상자를 흔들어서 종이상자 간에 간격이 생기도록 한 다음 다시 변위를 측정하였다.

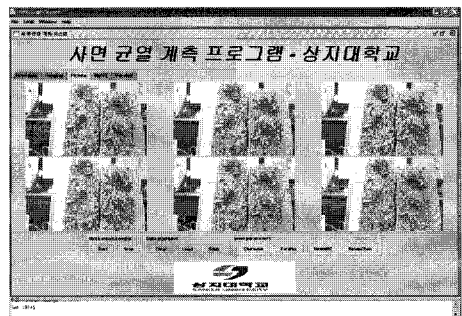


그림 10 계측 프로그램(이미지 2)  
Fig. 10 Measurement Program(Image 2)

그림 6과 비교해볼 때 그림 10에서 사면의 중앙에 세로로 길게 균열이 발생한 것을 이미지를 통해 육안으로 확인할 수 있었다.



그림 11 계측 프로그램(변위 2)  
Fig.11 Measurement Program(Discrepancy 2)

그림 11에서 계측된 사면의 변위 값을 그림 9에 값과 비교할 때 서로 다른 것을 확인할 수 있었다.

변위의 오차범위는 계측시스템 설치 시 설정가능하기 때문에 매우 유연한 계측을 할 수 있다. 무선 센서 노드들 간의 측정된 거리의 오차 범위는 실험환경에 따라 다소 차이가 있으나 참고하고 있는 논문에 의하면 현재 오차범위 약  $\pm 5\text{cm}$  정도로 예측되고 있다[10].

### V. 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 (USN)를 이용하여 붕괴 가능성이 있는 위험절토사면을 상시적으로 계측하여 사면 균열을 사전에 예측, 통보하는 시스템을 제안 및 구현했다. 제안한 시스템은 위험사면의 계측 및 관찰을 통해 사면 균열에 따른 위험성을 사전에 예측 통보함으로써 귀중한 인명과 재산을 보호하여 재난/재해에 예방 대처할 수 있다.

또한 사면의 불안요소에 대한 대책을 수립할 수 있도록 사면 균열 정보를 제공하여 사면에 대한 안정성과 시공 공법의 적정성 평가를 위한 중요 계측 정보를 제공할 수 있다. 사면 균열 예측 시스템은 각 항목별 센서 노드와 계측기기의 선정과 배치, 데이터 수집 및 전송, 그리고 수집된 데이터 분석을 통하여 위험지역 평가와 예측 그리고 경보 발령 등을 기본 기능으로 하기 때문에 위험사면의 균열 예측과 이를 이용한 안정성 평가 기능을 USN 기술을 이용하여 자동화가 가능하다. 따라서 제안한 시스템의 자동화 및 오차 범위를 최소화 하는 것이 본 논문의 향후 연구 과제이다.

### 참고문헌

[ 1 ] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, "USN 센서 노드 기술 동향," ETRI 전자통신동향분석 제22권 제 3호 6월 2007.  
 [ 2 ] 건설교통부, "2005년도도로절토사면유지관리시스템개발및운용", 4월. 2006.  
 [ 3 ] <http://www.kistec.or.kr/>  
 [ 4 ] <http://www.rlprc.re.kr/>  
 [ 5 ] 정승용, "철도 방재에 IT(정보기술)시스템의 활용," 한국철도 기술, 7-8월호 2002.  
 [ 6 ] 한국건설기술연구원 ([www.kict.re.kr](http://www.kict.re.kr))

[ 7 ] Reid, M.E., et al, "Real-time Monitoring of Active Landslides," USGS FacT Sheet 091-99, 1999.  
 [ 8 ] 군마대학, 히타치 사 "3차원 MEMS 가속도 센서와 무선 네트워크를 이용한 지진계측 시스템 개발." KISTI 『글로벌동향브리핑(GTB)』 9. 2007.  
 [ 9 ] 한겨레, "제2부 '방재 선진국' 일본을 가다: ① 끝없는 예방이 살 길," 2006.  
 [ 10 ] M. Maroti, B. Kusy, Gy. Balogh, P. Volgyesi, A. Nadas, K. Molnar, S. Dora and A. Ledeczki," in Proceeding of ACM 3rd Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys'05), November, 2005.

### 저자소개

#### 임 화 정(Hwajung Lim)



1999. 상지대학교 행정학사  
 2003. 상지대학교 컴퓨터정보공학 석사  
 2009. 강원대학교 컴퓨터정보통신 공학박사

2003년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 외래교수  
 2007년~현재 상지대학교 전자정보학과 외래교수  
 2007년~현재 한림성심대학교 인터넷비즈니스과 외래교수

※관심 분야: 센서네트워크, 유비쿼터스, 시스템 및 보안

#### 차 영 환(Yeonghwan Tscha)



1983 인하대학교 전자계산학과 (학사)  
 1985 한국과학기술원 전산학과 (석사)

1993 인하대학교 대학원 전자계산학과(박사)  
 1986~1987 미국 NIST(NBS) 객원과학자  
 1993~1994 서울대학교 컴퓨터신기술공동연구소 특별연구원

2004~2005 터키 Bogazici 대학교 NETLAB 객원교수  
 2003~2003 한국전자통신연구원 촉탁연구원  
 1994~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부교수

※관심분야: 네트워크 구조, 통신 프로토콜, 위치정보 보호 라우팅