산사태 감지를 위한 USN 모니터링 시스템 모델 개발에 관한 연구

A Study on Development of the Monitoring System Model Based on USN for Landslide Detection

요 약

본 논문은 산사태 감지 및 붕괴예측을 위한 현장에 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 적용한 실시간 모니터링 시스템 모델을 개발하였다. 이 시스템의 성능을 검증하기 위해 USN기반의 상시모니터링시스템모델을 제작하고 실험적 평가를 수행하였다. 성능평가는 지표변위 센서모듈 동작특성 실험적 평가, USN은 Data 수집·전송 효율성 실험적 평가, 개발한 상시감시모니터링 프로그램 동작성능 실험적 평가, 등을 수행하였다. 성능평가 결과 지표변위 측정센서모듈은 변위각도에 일치성을 확인하고, USN은 지표변위 센서모듈로부터 측정된 Data를 상시모니터링시스템에 오류 없이 전송되는지를 확인하였으며, 개발한 상시모니터링 프로그램 동작기능은 실시간 모니터링 그래프, 임계동작 알고리즘, 위험성 통보문자서비스(SMS)기능, 알람서비스기능, 현장 감시카메라 등 동작기능의 우수성을 실험으로 증명하였다. 따라서 본 연구에서 개발된 산사태 감지·예측을 위한 USN기반 실시간 모니터링 시스템 모델은산사태위험성노출 지역에 원격 실시간 모니터링 시스템으로 널리 사용될 것으로 사료된다.

1. 서론

지구온난화 및 이상기후로 호우 형태가 짧은 시간에 많은 강우량이 발생되는 국지성 폭우로 변화되고 있다. 이로 인하여 지반이 약한 지역의 절토한 사면 등에서 붕괴사고가 빈번히 발생되고 있다. 최근 2011년 여름에 발생된 서울 서초구 우면산 산사태와 춘천시 신북읍 펜션단지 산사태가 그 대표적 사례이다. 그림 1은 우면산 산사태로 인한 한 아파트의 처참한 피해현장과 춘천시 펜션단지 피해현장을 나타낸다.





[그림 1] 산사태 피해현장

이와 같이 산사태 및 사면붕괴와 같은 자연재해가 날로 증가되고 있고 그 피해규모도 늘어나고 있다.

최근 일반적인 자연재해로 인한 인명피해는 감소되고 있으나 산사태, 사면 및 급경사지 붕괴에 의한인명 피해는 최근 10년간 일반자연재해로 인한 인명피해 총 680명 중 급경사지 붕괴 및 산사태로 인한피해는 223명(32%)으로 늘어나고 있는 추세이다. 이에 국가는 산사태 및 사면관리안전 대책방안으로 2008년에 급경사지 예방에 관한 법률1)을 마련하여상시계측을 규정하고 있으나 아직 표준 시설기준 및표준 시방이 마련 되어있지 않다. 국가에서 관리하고 있는 정비대상 위험지역 급경사지는 1,605개소가있으나 아직 법률로 지정된 상시계측 기술방안이 마련되어 있지 않다.

이에 산사태로 인한 위험성이 노출되어있는 거주 자들의 인명과 재산 보호 안전대책으로 붕괴위험 감 시 상시관제의 기술적 방법이 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 산사태 붕괴위험 감지 및 관제에 요구되고 있는 기술적 방법 중 구축비용이 낮고 넓은 지역감시에 효율적인 USN기반 실시간 모니터링시스템 모델을 개발하였다.

2. USN 모니터링 시스템 모델 개발

본 연구에서 산사태 붕괴위험 감지를 위한 USN 기반 실시간 모니터링시스템 제안모델 전체구성은 그림 2와 같다.

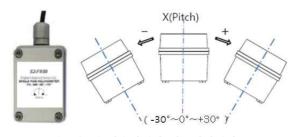


[그림 2] USN기반 모니터링 시스템 전체구성

시스템 구성은 지표 변위측정을 위한 감지센서노드 모듈(End-device node)과 계측데이터 전송 USN 네 트워크, 중앙관제실내용 변위상치모니터링 시스템 등으로 구성하였다.

2.1. 지표변위 센서노드

지표변위 센서노드는 지표변위 센서부분과 정보전송 센서노드 부분으로 구성한다. 지표변위 측정센서는 -30°~0~+30° 측정범위를 갖는 기울기센서를 사용하였다. 그림 3은 기울기 센서의 외형과 동작변위에 대해서 보이고 있다.



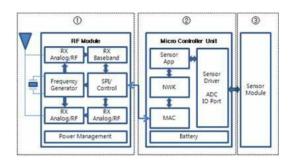
[그림 3] 기울기센서(지표변위센서)

기울기 센서는 기울기 변위에 비례하여 전압 $0\sim5V$ 가 출력된다. 본 연구에서는 단일 방향의 기울기 센서를 사용하였으며, 동작특성은 표 1과 같다.

[표 1] 기울기센서 동작특성

구 분	동작특성
Range(Deg)	$-30^{\circ} \sim 0 \sim +30^{\circ}$
Output	0~5V
Sensitivity	$50 \mathrm{mV/^\circ}$
Resolution	< 0.005

측정된 지표변위 값은 제작한 USN 센서노드에 의해서 정보를 전달한다. 그림 4는 본 연구에서 제작한 USN용 센서노드 이다.

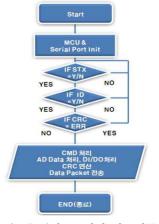


[그림 4] 지표변위 센서노드 모듈구성

센서노드는 통신모듈(RF) 부분과 제어·데이터처리를 담당하는 마이크로 컨트롤러로 구성한다. 통신모듈(①)은 Mesh 네트워크 구축에 필요한 Zibee Protocol를 적용하였다. Micro Controller(②)는 TI사 MSP430/F1611로 제작하였다. 이것은 최소전력사용으로 장시간 운영되는 곳에 효율적이다. Sensor 모듈(③)은 기울기센서 아날로그 출력전압을 마이크로 컨트롤러 ADC(Analog Digital Converter)로 인터페이스로 정보전달을 하게 구성하였다.

2.2. 지표변위 감지 및 USN 전송 알고리즘

그림 4는 지표변위 감지와 USN Data 전송처리 구현을 위한 센서노드 처리 알고리즘을 나타낸다.



[그림 5] 센서노드처리 알고리즘

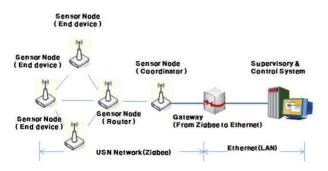
지표변위측정 처리는 기울기센서로부터 측정된 전압 값을 센서의 측정범위 값으로 교정 처리하는 부분과 처리된 값을 모니터링시스템에 전송을 위한 USN망 규격에 적합하도록 사용자 프로토콜 알고리즘을 처리하는 부분이다. 그리고 모니터링 시스템에 Data 전송에 있어서 오류를 방지를 목적으로 오류처리 알고리즘도 구현하였다. 알고리즘 개발언어는 C언어를 사용하였다.

2.3. 현장 USN망 구축

산사태 위험성이 노출된 넓은 장소에서는 유선기 반으로 통신망 구축에 한계가 있다. 특히, 망 구축을 위한 부대시설을 제작하여야 하고 안전장치도 마련 되어야 한다. 그로 인해 네트워크 인프라구축에 소 요되는 사업비가 경제적 부담이 따른다. 또한, 산사 태 판단에 사용되는 지표변위감지용에 요구되는 사 항으로 넓은 지역의 변위측정과 정보전송에 있어서 장소에 구애됨이 없어야 한다는 조건을 수용해야 한 다. 그러나 무선기반은 이러한 조건을 수용하고 언 제·어디서나 필요한 정보를 얻을 수 있도록 통신인 프라구축에 매우 효율적이다.

특히, 넓은 지역 정보수집에 고효율성 갖는 USN이가장 적합하다. USN은 사물에 대한 상태 감지를 위한 센서부분과 무선네트워크 부분이 상존하기 때문에 소형이고 전력소모도 매우 낮으며, 어떤 장소라도 설치에 어려움이 없다. 이러한 특징으로 인해 최근 다양한 분야에 활용되고 있는 무선통신기술이다.

따라서, 본 연구에서는 그림 6과같이 제작한 센서 노드를 사용하여 USN망을 구축하였다.



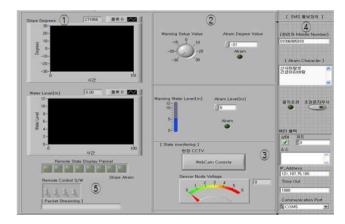
[그림 6] 현장 Ubiquitous Sensor Network 구성

USN은 지표변위 측정과 정보전송기능을 갖는 End device 센서노드와 전송거리 연장 및 경로변경 기능을 갖는 Router device 센서노드, 현장의 전체 센서노드에서 개별 수집된 정보를 집중화 처리기능을 담

당하는 Coordinator로 구성하여 구축하였다. 센서노드 구조는 모두 동일하며 각 센서노드별 기능변경 값에 의해 조정이 될 수 있도록 하였다. Coordinator에 수집된 정보를 모니터링시스템으로 보내기 위해서는 인터넷 프로토콜로 변환과정이 필요하다. 이변환 기능을 담당하는 것이 Gateway이다. Gateway와 모니터링 시스템사이에는 인터넷 통신망으로 구성하여 인터넷을 사용하는 모든 지역에서 상시모니터링이 될 수 있도록 하였다. 그리고 인터넷 장애대비모바일(WCDMA) 통신망을 이중화로 구성한다.

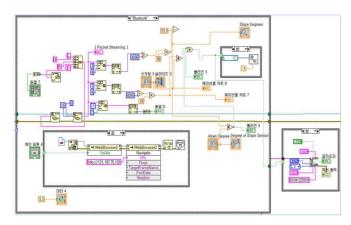
2.4. 중앙관제 모니터링 시스템

중앙관제를 위한 모니터링 시스템은 현장계측정보 그래프 실시간 출력, 위험경보 임계값 처리, 현장 영 상 출력, 위험상황 알람 SMS서비스, 현장계측모듈 원격제어 등의 기능을 시스템 개발도구인 Labview 개발 S/W로 제작하였다. 그림 7은 본 연구에서 개 발한 모니터링시스템의 현장계측정보 출력과 시스템 운영관리를 위한 인터페이스 화면구성을 보여 주고 있다.



[그림 7] 모니터링 시스템 표출화면

그림 7에서 ①은 지표변위측정을 위한 기울기센서로부터 계측된 정보를 2차원 그래프로 상시표출 하고, ②는 위험 알람 임계값을 처리하는 부분이다. ③은임계 경보알람이 동작되면 2차 피해를 막고 상시영상 관제를 위한 영상표출 인터페이스이다. ④는 지표변위 위험 임계에 도달하거나 초과했을 때, 모바일 SMS으로 서비스 처리부분이며, ⑤는 원격센서노드에 연결된 장치들을 제어하는 부분이다. 앞에서설명한 각 기능들을 처리하는 Labview 프로그램은그림 8과 같다.

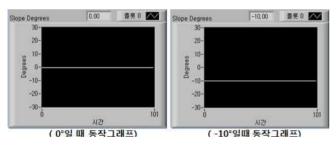


[그림 8] 모니터링 인터페이스 Labview 프로그램

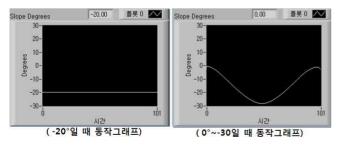
3. 실험고찰

본 연구에서는 산사태 감시를 위한 USN기반 모 니터링 시스템 각 부분에 대한 개발 모델의 타당성 실증을 위해 산사태 모의 실험장치를 제작하고 각 기능의 동작성능을 실험 고찰하였다.

실험장치는 산사태발생 모형 실험장치와 지표변위계측 기울기센서, USN 센서노드, 상시모니터링 및관리 프로그램으로 구성하고 실험하였다. 지표변위계측실험은 기울기센서의 위치가 0°, -10°, -20°, 0°~-30°를 변위를 주고 실험한 결과 그림 9, 그림 10과 같이 나타났다.



[그림 9] 기울기센서 0°, -10°일 때, 출력파형



[그림 10] 기울기센선 -20°, 0~-30°일 때, 출력파형

그림 9는 지표변위 거동센서를 0°와 -10°에 위치하고 센서출력단자에서 직접 측정한 값과 USN 센서노드로 송출하여 모니터링 프로그램 그래프 출력

값이다. 그림 10은 지표변위 거동센서위치를 -20°와 0°~-30°사이를 변위를 주어졌을 때 결과 그래프이다. 실험 결과는 센서로부터 측정된 변위 값과 개발모델 USN기반 모니터링 시스템의 출력결과와 일치하고 있다.



[그림 11] 알람서비스 기능 실험결과

그림 11은 위험변위 임계값을 주어지고 지표변위 기울기센서 위치가 -10°와 같거나 초과 하였을 때, 알람동작과 모바일 SMS 문자서비스 기능이 주어진 조건에 동작을 나타내고 있다. 실험한 결과와 같이 본 연구에서 제안한 USN기반모니터링 시스템 제안모델의 각 기능 들이 신뢰성 있는 동작을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 넓은 지역의 산사태 감시 및 붕괴예측에 필요한 USN기반 계측 및 모니터링시스템 모델을 개발하고 각 기능들의 성능 실험결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 개발한 산사태 정후 감지용 지표변위측정 기울 기 USN 센서노드를 모의 실험결과 넓은 지역 에 걸쳐 정보수집에 빠른 응답과 정확성을 확인 하였다.
- (2) 센서노드로부터 계측된 계측정보를 USN으로 송 신하여 모니터링시스템 표출값이 센서로부터 직 접 측정한 값과 일치하였고, 일정한 연속적인 정 보수집이 되었으며 Data 전송로의 신뢰성을 입 증하였다.
- (3) 본 연구에서 개발한 모니터링 시스템 프로그램 의 모니터링 표출기능, 지표변위 임계 알람서비 스 동작, SMS 서비스 동작, 현장 감시카메라 기능 등 모의실험결과 정확한 동작을 확인하였

다.

따라서 본 연구에서 개발한 산사태감시 및 예측정보 확보를 위한 USN기반 모니터링 시스템이 산약지역과 같이 넓은 범위 조건에 효율적인 모니터링기술 인프라로 가장 적합 한 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 방재청, "급경사지 재해예방에 관한 법률", 시행령, 시행규칙, 2008.
- [2] 천동진, 정도영, 곽동걸, "화재감지데이터 전송용 USN망 구축을 위한 지그비 센서노드 구현", 한 국화재소방학회논문지, v.23, no.6, pp.75-81, 2009
- [3] 류지협외 2, 집중호우시 급경사지 붕괴발생 원인분 석연구, 한국재난관리표준 학회, 제4권 제1호, pp.67-74,2011
- [4] 국립방재교육연구원, 급경사지 인명피해 저감을 위 한 광역 예·경보시스템 구축 기획연구.2007
- [5] 국립방재교육연구원, u-방재 City 표준모델 개발, 단행본,2008
- [6] 박기병외 2, 급경사지 붕괴예측을 위한 모형개발, 한국데이터 정보과학회지 제22권 제14호, pp.691-699,2011
- [7] 국립방재교육연구원 방재연구소, 강우량자료를 활용한 급경사지 대피 예·경보시스템 구축연구, 단행본,2008
- [8] 천동진, 박영직, 김정섭, 이승호, 곽동걸, 정도영, "유비 쿼터스 센서네트워크(USN)를 이용한 안전감시.통제 네 트워크 기반구축에 관한연구",한국화재소방학회 2008년 도 추계학술논문발표회 논문집, pp.111-116, 2008년