

기울기 센서를 이용한 산사태 감지 USN 모니터링 시스템 모델 개발

김정섭¹, 박영직², 천동진³, 정도영^{1*}
¹강원대학교 방재전문대학원, ²(주)서광이에스, ³삼척시청

Development of the Monitoring System Model Based on USN for Landslide Detection Using Tilting Sensor

Jeong-Seop Kim¹, Young-Jik Park², Dong-Jin Cheon³ and Do-Young Jung^{1*}

¹Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

²Seokwang Engineering Service Co. Ltd, ³Samcheok City Hall

요약 본 논문은 산사태 감지 및 붕괴예측을 위하여 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 적용한 실시간 모니터링 시스템 모델을 제안하였다. 이 시스템의 성능을 검증하기 위해 기울기 센서를 이용한 USN기반의 모니터링시스템 모델을 제작하고 실험적 평가를 수행하였다. 성능평가는 기울기 센서모듈 동작특성 실험적 평가와 USN의 데이터 수집·전송 효율 실험적 평가, 개발한 상시 감시모니터링 프로그램(S/W) 동작성능 실험적 평가 등을 수행하였다. 모델의 전체 성능검증은 기울기센서를 0°, -10°, -20° 및 0 ~ -30° 주고 USN 모니터링시스템에서 100[msec] 주기로 샘플링 하였을 때, 기울기센서의 각도와 모니터링 표출 그래프의 출력이 잘 일치하였다. 이 실험으로 제안한 모델의 각 기능요소별 성능이 검증되었고, USN 데이터전송도 오류 없이 전송됨이 확인되었다. 따라서 기울기 센서를 이용한 산사태 감지·예측을 위한 USN기반 실시간 모니터링시스템 제안모델이 산사태 위험성 노출지역에 원격 실시간 모니터링 시스템으로 널리 사용될 것으로 사료된다.

Abstract This paper proposes a model of the real time monitoring system based on Ubiquitous Sensor Network (USN) for the detection and prediction of landslides. For this purpose, the real time monitoring system with tilting sensor and USN was set up and the performance was conducted. The performance was accomplished by conducting both field examinations and the experimental evaluation of the monitoring system. The results of this study show that the angle 0°, -10°, -20° and 0 ~ -30° of sensor position detected by the sensor module coincide with the data measured from USN monitoring system by giving a sampling time 100[msec]. Consequently, the proposed model of the real time monitoring system with tilting sensor based on USN will be widely used as a monitoring system in the exposure to dangerous landslide regions.

Key Words : USN, Landslide, Monitoring System, Sensor

1. 서론

지구온난화와 이상기후로 호우 형태가 짧은 시간에 많은 강우량이 발생하는 국지성 폭우로 변화되고 있다[1]. 이로 인하여 지반이 약한 지역의 절토한 사면 등에서 붕괴사고가 빈번히 발생되고 있다[2]. 최근 사례로는 2011년 여름에 발생한 서울 서초구 우면산 산사태와 춘천시

신복읍 펜션단지 산사태가 그 대표적이다. 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 의한 인명 피해는 최근 10년간 일반자연재해로 인한 인명피해 총 680명 중 급경사지 붕괴 및 산사태로 인한 피해는 223명(32%)

*Corresponding Author : Do-Young Jung

Tel: +82-033-570-6383 email: dyoung@kangwon.ac.kr

접수일 12년 06월 05일

수정일 (1차 12년 07월 31일, 2차 12년 08월 06일)

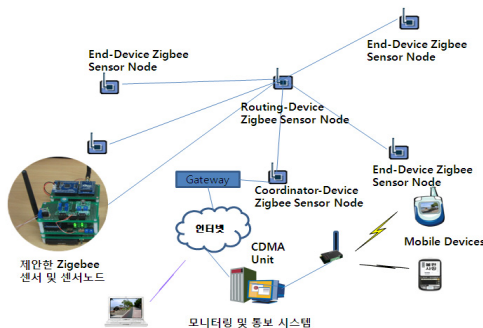
게재확정일 12년 08월 09일

으로 늘어나고 있는 추세이다. 이에 국가는 산사태 및 사면관리안전 대책방안으로 2008년에 급경사지 예방에 관한 법률을 마련하여 상시계측을 규정하고 있으나 아직 표준 시설기준 및 표준 시방이 마련 되어있지 않다. 국가에서 관리하고 있는 정비대상 위험지역 급경사지는 1,605개소가 있으나 아직 법률로 지정된 상시계측 기술방안이 마련되어 있지 않다. 이에 산사태로 인한 위험성이 노출되어있는 거주자들의 인명과 재산 보호 안전대책으로 붕괴위험 감시 상시관제의 기술적 방법이 요구되고 있다[3].

따라서, 본 연구에서는 산사태 붕괴위험 감지 및 관계에 요구되고 있는 기술적 방법 중 구축비용이 낮고 넓은 지역감시에 효율적인 USN 기반 실시간 모니터링시스템 모델을 제안하였다. 제안된 모니터링 모델의 기능 및 성능을 확인하기 위하여 기울기 센서노드와 USN 모니터링 시스템 모의실험 장치를 제작하고, 기울기센서의 측정범위 0°~30°에서 각도별 실험을 통하여 실시간 모니터링되는 출력결과로 성능검증을 수행하였다. 실험결과는 기울기센서의 위치각에 따라 제안모델의 모니터링 출력값이 일치하였다. 따라서 USN기반의 산사태감지 모니터링 제안모델로 성능측면에서 우수성을 확인하였다.

2. USN 모니터링 시스템 모델 개발

본 연구에서 산사태 붕괴위험 감지를 위한 USN기반 실시간 모니터링시스템 제안모델 전체구성은 그림 1과 같다.

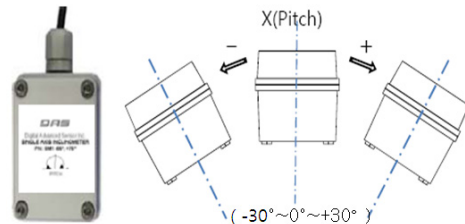


[그림 1] USN 기반의 모니터링 시스템 구성
[Fig. 1] Monitoring system configuration based on USN

시스템 구성은 지표 변위측정을 위한 감지센서노드모듈(End-device node)과 계측데이터 전송 USN 네트워크, 중앙관제실 변위상시모니터링 시스템 등으로 구성하였다.

2.1 기울기 센서노드

기울기 센서노드는 센서부분과 정보전송 센서노드 부분으로 구성한다. 기울기 측정센서는 -30°~0~+30° 측정범위를 갖는 기울기 센서를 사용하였다. 그림 2는 기울기 센서 외형과 동작범위를 보여주고 있다. 기울기 센서는 기울기 변위에 비례하여 전압 0~5V가 출력된다. 본 연구에서는 단일 방향의 기울기 센서를 사용하였으며, 동작특성은 표 1과 같다. 측정된 기울기 값은 제작한 USN 센서노드에 의해서 정보를 전달한다.

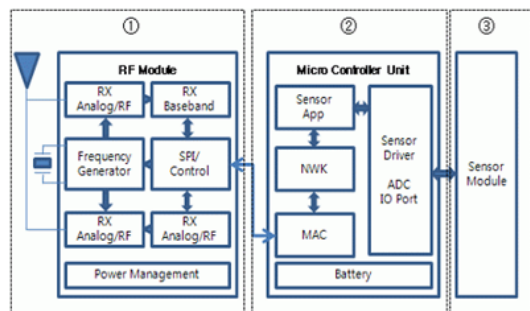


[그림 2] 실험에 사용된 기울기 센서
[Fig. 2] Tilting sensor used for experiment

[표 1] 기울기 센서의 특성
[Table 1] Characteristics of tilting sensor

구분	동작특성
Range(Deg)	-30° ~ 0 ~ +30°
Output	0 ~ 5V
Sensitivity	50mV/°
Resolution	< 0.005

그림 3은 본 연구에서 제작한 USN용 센서노드모듈의 블록도이다.



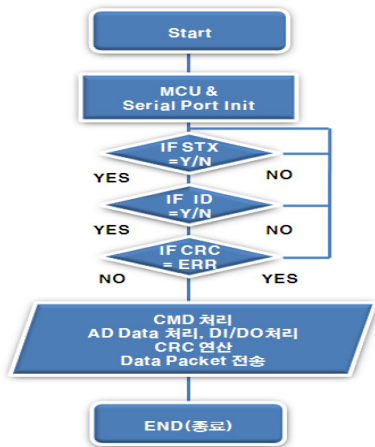
[그림 3] 센서노드모듈의 블록도
[Fig. 3] Block diagram of sensor node module

센서노드는 통신모듈(RF) 부분과 제어·데이터처리를

담당하는 마이크로 컨트롤러로 구성한다. 통신모듈 ①은 Mesh 네트워크 구축에 필요한 Zigbee Protocol를 적용하였다. Micro Controller ②는 TI사 MSP430/F1611로 제작하였다. 이것은 최소전력사용으로 장시간 운영되는 곳에 효율적이다. Sensor 모듈 ③은 기율기센서 아날로그 출력 전압을 마이크로 컨트롤러 ADC (Analog Digital Converter)에 의해 인터페이스로 정보전달을 하게 구성하였다.

2.2. 기율기 감지 및 USN 전송 알고리즘

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



[그림 4] 센서노드 처리 알고리즘 흐름도
[Fig. 4] Flow chart of algorithm for sensor node processing

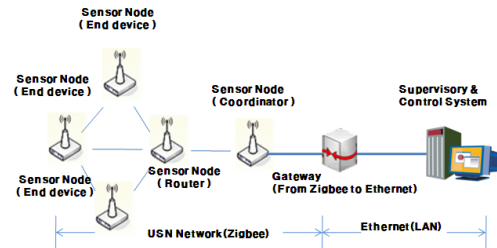
기율기측정 처리는 기율기 센서로부터 측정된 전압 값을 센서의 측정 범위 값으로 교정 처리하는 부분과 처리된 값을 모니터링시스템에 전송을 위한 USN 규격에 적합하도록 사용자 프로토콜 알고리즘을 처리하는 부분이다. 그리고 모니터링 시스템의 Data 전송에 있어서 오류를 방지 목적으로 오류처리 알고리즘도 구현하였다. 알고리즘 개발언어는 C언어를 사용하였다.

2.3 현장 USN망 구축

산사태 위험성이 노출된 넓은 장소에서는 유선기반 통신망 구축에 한계가 있다. 특히, 망 구축을 위한 부대시설을 제작하여야 하고 안전장치도 마련되어야 한다. 그로 인해 네트워크 인프라구축에 소요되는 사업비가 경제적 부담으로 따른다. 또한 산사태 판단에 사용되는 기율기 감지에 요구되는 사항으로써 넓은 지역의 변위측정과 정보전송에 있어서 장소에 구애됨이 없어야 한다는 조건을

수용해야 한다. 네트워크 구축에 있어서 USN 무선기반은 이러한 조건을 수용하고 언제 어디서나 필요한 정보를 쉽게 얻을 수 있어 무선통신 인프라구축에 매우 효율적이다.

USN은 사물에 대한 상태 감지를 위한 센서부분과 무선네트워크 부분이 상존하기 때문에 소형이고 전력소모도 매우 낮으며, 어떤 장소라도 설치에 어려움이 없다. 본 연구에서는 그림 5와 같이 제작한 센서노드를 사용하여 USN망을 구축하였다.



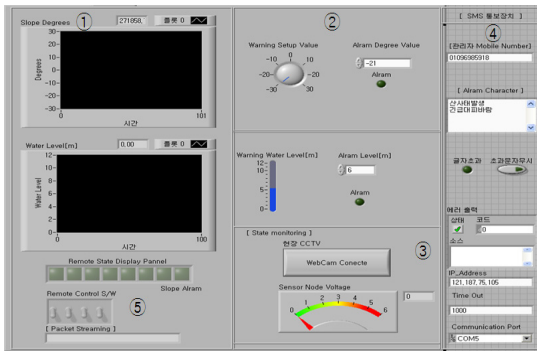
[그림 5] USN의 현장 구성도
[Fig. 5] Diagram of Field configuration for USN

USN은 기율기 측정과 정보전송기능을 갖는 End device 센서노드와 전송거리 연장 및 경로변경 기능을 갖는 Router device 센서노드, 현장센서노드에서 개별 수집된 정보를 집중화 처리를 담당하는 Coordinator로 구성되어 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. 이 변환 기능을 담당하는 것이 Gateway이다. Gateway와 모니터링 시스템 사이에는 인터넷 통신망으로 구성하여 인터넷을 사용하는 모든 지역에서 상시모니터링이 될 수 있도록 하였다. 그리고 인터넷 장애대비 모바일(WCDMA) 통신망을 이중화로 구성하였다.

2.4 중앙관제 모니터링 시스템

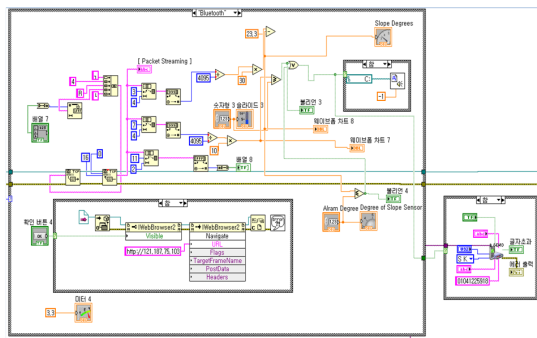
중앙관제 모니터링 시스템은 현장계측정보를 그래프 실시간 출력, 위험경보 임계값 처리, 현장 영상 출력, 위험상황 알람 SMS서비스, 현장계측모듈 원격제어 등의 기능을 Labview S/W개발 도구로 제작하였다.

그림 6은 본 연구에서 개발한 모니터링시스템의 현장 계측정보 출력과 시스템운영관리를 위한 인터페이스 화면구성을 보여 주고 있다.



[그림 6] 모니터링 시스템 화면 레이아웃
[Fig. 6] Layout of screen for monitoring system

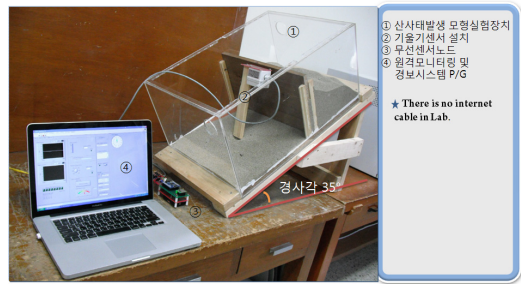
그림 6에서 영역 ①은 기울기센서로부터 측정된 정보를 2차원 그래프로 상시표출하고, 영역 ②는 위험알람 임계값을 처리하는 부분이다. 영역 ③은 임계 경고알람이 동작되면 2차 피해를 막고 상시영상 관제를 위한 영상표출 인터페이스이다. 영역 ④는 기울기 위험 임계에 도달하거나 초과했을 때, 모바일 SMS로 서비스 처리부분이며, 영역 ⑤는 원격센서노드에 연결된 장치들을 제어하는 부분이다. 앞에서 설명한 각 기능들을 처리하는 Labview형 개발 S/W는 그림 7과 같다.



[그림 7] 모니터링 인터페이스를 위한 Labview 프로그램
[Fig. 7] Labview program for monitoring interface

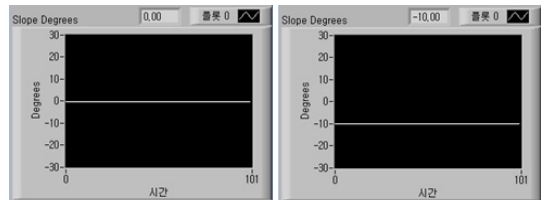
3. 실험 결과

본 연구에서는 산사태 감시를 위한 USN기반 모니터링 시스템 각 부분 개발 모델의 타당성 실증을 위해 산사태 모의 실험장치를 그림 8과 같이 제작하고 각 기능 및 동작성능을 실험고찰 하였다.

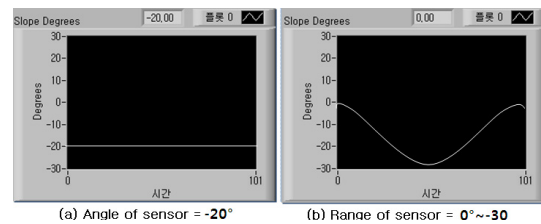


[그림 8] 산사태 모의 실험장치
[Fig. 8] Experimental setup of landslide

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



[그림 9] 센서각도 0°, -10°에서의 출력
[Fig. 9] Output waveforms at angle 0°, -10° of sensor

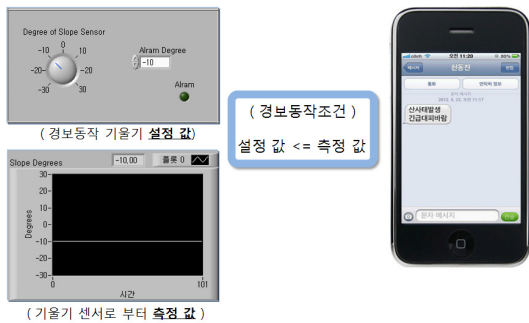


[그림 10] 센서각도 -20°, 0 ~ -30°에서의 출력
[Fig. 10] Output waveforms at angle -20°, 0 ~ -30° of sensor

그림 9는 기울기센서 위치를 0°와 -10°에 두고 모니터링 시스템에서 100[msec] 주기로 기울기센서와 연결된 센서노드로부터 측정된 값을 모니터링 시스템에서 샘플링했을 때, 출력 그래프이다. 그래프의 출력 값은 기울기센서의 위치각에 따라 0°와 -10°가 일치함을 나타내고 있다. 여기서 시간축은 [msec] 단위이다.

그림 10(a)는 기울기센서를 -20° 위치에 두고 모니터

링시스템에서 센서노드로부터 100[msec]의 일정한 주기로 샘플링한 값이다. 출력결과는 기울기센서의 기울기 각 -20°와 일치함을 보여주고 있다. 그림 10(b)는 기울기센서를 0° ~ -30° 범위에서 연속적으로 이동하였을 때 모니터링시스템에서 센서노드로부터 샘플링한 출력값이다. 출력 값은 기울기센서 각도 0°에서 -30°까지 실시간 이동 범위에 따라 일치하고 있다. 실험 결과는 센서노드 기울기센서의 위치에 따라 측정된 데이터가 USN 네트워크를 이용하여 정보전달의 손실 없이 실시간 모니터링시스템의 샘플링 출력 값으로 정확히 정보수집 동작이 이루어짐을 확인되었다.



[그림 11] 알람서비스에 대한 실험결과
[Fig. 11] Experimental results of alarm service

그림 11은 위험변위 임계값을 주어지고 기울기 센서 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 있게 동작하고 있음을 확인할 수 있었다.

4. 결론

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

- (1) 개발한 산사태 징후 감지용 기울기 USN 센서노드를 모의 실험한 결과 넓은 지역에 걸쳐 100[msec] 주기로 샘플링한 결과 오류 없이 원격정보 수집에 빠른 응답성능을 보였다.
- (2) 실험에서 기울기센서 측정범위 0° ~ -30°의 위치

정보를 무선USN을 통하여 모니터링시스템에서 실시간 모니터링 한 결과 기울기센서의 위치각도와 일치하였으므로 무선 USN Data 전송선로의 정확성과 신뢰성이 확인되었다.

- (3) 개발한 모니터링 시스템 프로그램의 모니터링 표출기능, 기울기임계 알람서비스 동작, SMS 서비스 동작과 같은 모의실험들은 기울기센서의 원격측정 실험에서 표출값의 일치와 알람동작 실험에서 임계 기준값에 의한 SMS 전송기능동작의 우수성이 입증되었다.

따라서 본 연구에서 개발한 산사태감시 및 예측정보 확보를 위한 USN기반 모니터링 시스템이 산악지역과 같이 넓은 범위 조건에 효율적인 모니터링 기술로 가장 적합한 것으로 판단된다.

References

- [1] IPCC, "Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability", IPCC Fourth Assessment Report, 2007.
- [2] S. W. Kim et al., "Characteristics of Heavy Rainfall for Landslide-triggering", Journal of Korean Forest Society, pp. 28-35, Vol. 101, No.1, 2011.
- [3] S. B. Jin, "A study on the Improvement of Disaster Prevention system in Domestic Steep Slopes", Seoul National University Science & Technology, Master's Thesis, 2009.
- [4] D. J. Cheon, et al., "A Study on the Implementation of Zigbee Sensor Node for Building USN Using only Transmission of Fire Sensing Data", Journal of Korea Institute of Fire Sci. & Eng., pp. 75-81, Vol. 23, No. 6, 2009.
- [5] D. G. Park, "A Study on the Early Warning System for Damage Mitigation of Geotechnical Disasters", National Disaster Management Institute, Research Paper, 2007.
- [6] J. U. Han, "Development of the Standard Model for Ubiquitous Disaster Prevention City", National Disaster Management Institute, Research Paper, 2008.
- [7] S. U. Moon, "USN-based Real-Time Monitoring System for a Temporary Structure of Concrete Formwork", Korean Society of Civil Engineers, Vol.32, No.2, 159p ~ 166p, 2012.
- [8] J. U. Sung, "Grouping Algorithms of Zigbee Nodes

for Efficient Data Transmission to Long Range", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 6, No. 4, pp. 632 ~ 638, 2012

김 정 섭(Jeong-Seop Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 삼척대학교 화학공학과 졸업(공학사)
- 2008년 2월 : 강원대학교 방재전문대학원 졸업(공학석사)
- 2011년 2월 : 강원대학교 방재전문대학원 박사과정 수료

<관심분야>

소방설비, 방재설비, 정보통신

정 도 영(Do-Young Jung)

[정회원]



- 1981년 2월 : 영남대학교 전기공학과 졸업
- 1984년 2월 : 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
- 1989년 2월 : 영남대학교 전기공학과 졸업(공학박사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 강원대학교 방재전문대학원 교수

<관심분야>

방재설비, 전기설비, 산업재해

박 영 직(Young-Jik Park)

[정회원]



- 1984년 2월 : 서울산업대 전기공학과 졸업(공학사)
- 2007년 2월 : 강원대학교 방재전문대학원 졸업(공학석사)
- 2010년 2월 : 동대학원 졸업(공학박사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : (주)서광이 에스 연구소장/대표이사

<관심분야>

전기설비, 정보통신, 소방설비

천 동 진(Dong-Jin Cheon)

[정회원]



- 1998년 2월 : 삼척대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 2001년 2월 : 삼척대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사)
- 2011년 8월 : 강원대학교 방재전문대학원 졸업(공학박사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : 삼척시청 재직

<관심분야>

방재설비, u-IT기술, 제어계측