

무선 센서 네트워크를 이용한 통신 철탑 모니터링 시스템에 관한 연구

A Monitoring System for Telecommunication Tower Using Wireless Sensor Network

노 상 봉 · 박 상 규*

Sang Bong Roh · Sang Kyu Park*

요 약

본 논문에서는 통신 철탑 구조물의 정밀한 유지관리를 위해 풍향, 풍속, 기울기 등을 기반으로 하는 서비스를 제공하여 통신 철탑의 안전을 진단할 수 있는 시스템이 구현된다. 이전까지의 통신 철탑 안전 진단은 육안 및 설계 계산상으로만 판단하였으나, 이 시스템을 이용하면 정확한 측정으로 사전 피해 예방을 할 수 있을 뿐만 아니라 관리 측면에서도 효과적이다. 시스템의 센서 노드는 센서부, 제어부, 통신부로 이루어져 있으며, 수집된 데이터는 기지국을 통하여 관리자에게 전달되어 통신 철탑 관리의 효율을 증대한다.

Abstract

In this paper, a monitoring system for telecommunication tower using wireless sensor network is presented. Although safety inspection could be judged by eyesight and calculating original design from now, not only this system can protect perils, estimating data exactly, but also it is effective to management. It is also economic because the system costs cheaper expenses for telecommunication tower of setting it once than for the tower of inspecting its safety regularly. This paper proves that the structure can be managed scientifically and efficiently, and the system contributes not only stabilized telecommunication services for users but reducing damages.

Key words : Wireless Sensor Network, Ubiquitous Sensor Network, Monitoring System

I. 서 론

20세기 이후 지속된 급격한 기상이변은 현 지구의 환경을 바꾸고 있다. 호주의 대홍수, 인도네시아 및 일본의 쓰나미와 지진, 그리고 미국의 사이클론 등이 대표적인 예이며, 이러한 기상이변에 더욱 강건한 건축구조물의 중요성이 부각되고 있다. 이에 따라 기존 건축구조물의 사전 징후와 붕괴 가능성,

그 외 기타 안전 진단 등을 원격으로 가능하게 하는 솔루션의 필요성 또한 대두되고 있는데, 이를 가능케 하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 기술의 발전은 다양한 분야에서의 응용을 가능하게 할 것이다.

특히, 점차 인구가 증가하고 산업이 고도화됨에 따라 대도시에는 지능적인 재난 방지 시스템이나 지능적 빌딩 관리, 또는 지능적 교통 제어 등의 서비스를 구축하는 데 큰 관심을 가져왔다. 그리고 이러한

(주)에스비기공(SB Technics Co., Ltd.)

*한양대학교 융합전자공학부(Department of Electronic Engineering, Hanyang University)

· Manuscript received December 11, 2012 ; Revised January 15, 2013 ; Accepted January 24, 2013. (ID No. 20121211-138)

· Corresponding Author : Sang Kyu Park (e-mail : skpark@hanyang.ac.kr)

서비스는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)를 이용함으로써 서비스의 자동화로 인한 비용 절감과 업무의 효율성을 기대할 수 있다. 무선 센서 노드는 유비쿼터스 센서 네트워크에서 실제로 널리 사용되고 있다. 무선 센서 네트워크(WSN)는 제한적인 처리와 컴퓨팅 자원을 가진 소형의 저렴한 센서로 구성된다^[1]. 센서 노드는 환경으로부터 정보를 감지하고 측정하며 수집할 수 있으며, 로컬 결정 프로세스에 기반하여 감지된 데이터를 사용자에게 전송할 수 있다. 지능형 센서 노드는 하나 이상의 센서와 프로세서, 메모리, 전력 보급기, 무선 송출기와 구동기를 장착한 저전력 기기이다. 그 밖에 환경의 성질을 측정하기 위하여 다양한 기계, 온도, 생물, 화학, 광학 및 자석식 센서가 센서 노드에 첨부되기도 한다. 무선 센서 네트워크는 환경에 관한 자료를 얻기 위하여 영역 감시를 함께 운영하는 많은 수의 센서 노드로 구성된다. 이렇게 센서 노드를 구성하여 주변 상황을 인식하고 제어하는 유비쿼터스 센서 네트워크 응용은 지금까지 주로 군사용이나 과학, 공공 분야에 제한됐으나, 최근에는 교량 안전 진단^[2], 건설구조물의 모니터링^[3], 작업 환경 모니터링^[4], 선박 및 해양 구조물의 안전 관리^[5], 농업 환경 모니터링^[6], 공장 내 장치 관리^[7], 수질 관리^[8] 등 다양한 분야에 적용하기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

본 논문은 건축구조물의 한 예로서 통신 철폐 구조물에 센서를 취부, 측정된 데이터를 네트워크를 통해 실시간으로 안전 진단 모니터링이 가능한 기술을 구현하여 유지 보수 및 관리의 효율성을 높이기 위한 것이다. 이전까지의 통신 철폐 안전 진단은 육안 및 설계 계산상으로만 판단하였기 때문에 지진 및 태풍과 같은 자연재해에 대한 사전 피해 예방을 할 수 없었을 뿐만 아니라, 주기적인 안전 진단이 필요하여 관리가 까다롭고 비효율적이었다. 이번 연구 실험을 통해 구조물을 과학적이고 효율적으로 관리함과 동시에 비용면에서도 매우 경제적인 시스템을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 무선 센서 네트워크에 대해서 알아보고, 3장에서는 통신 철폐 모니터링 시스템의 구성 요소에 대해서 알아본다. 4장에서는 데이터 측정 및 그 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 통해 마무리 짓는다.

II. 무선 센서 네트워크

2-1 무선 센서 네트워크 개요

우리나라의 IT 산업 경쟁력 강화 및 세계 시장 선도를 위한 3대 첨단 인프라 중 하나인 RFID/USN은 미래의 유비쿼터스 사회 실현을 위한 핵심 기반 구조이다. 향후 USN 기술은 가정, 물류/유통, 교통, 행정, 보건, 복지, 그리고 환경 등의 다양한 분야에 적용될 것이고, 다가올 미래 사회의 기반 인프라로 자리잡게 될 것이다. USN이 구축된 사회에서는 모든 사물의 지능화로 자율적으로 주변 환경을 센싱하여 주변 상황을 인식하고 이들을 제어할 수 있는 정보 네트워크가 형성되는 데, 이처럼 다양한 응용 분야에서 활용되는 센서 노드는 대부분 사물에 내장되기 때문에, 일반적으로 배터리로 동작하고, 그 크기가 작고 전력소모가 적어야 하며, 외부의 환경 변화에도 가능한 영향을 받지 말아야 한다. 그림 1은 센서 네트워크의 구조를 나타낸 것이며, 여기서 센서 노드에 탑재되는 임베디드 센서 노드 운영 체제 및 협업을 위한 미들웨어는 제한된 메모리와 CPU 자원을 최대한 활용할 수 있어야 하고, 노드에 할당된 작업들을 처리하고, 네트워크 내에서의 통신이 원활하게 수행될 수 있도록 보장해야 한다.

최근 사물에 전자 태그(Radio Frequency Identification: RFID)를 부착하여 사물의 정보를 확인하고, 주변 상황정보를 감지하는 전자 태그 및 센싱 기술이 등장하고 있다. 이러한 기술은 바코드를 대체하여

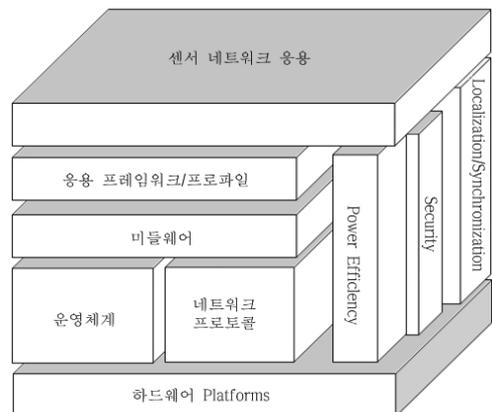


그림 1. 센서 네트워크 구조
Fig. 1. Sensor network architecture.

상품 관리를 네트워크화, 지능화함으로써 유통 및 물품 관리뿐만 아니라, 의료, 약품, 식품 등 분야에서 security, safety, 환경 관리 등의 혁신을 선도할 것으로 전망된다. 또한, 이는 기존에 추진되어온 정보화 정책이 사람 외에도 사물을 이용한 정보화 정책으로 정보화의 지평을 확대할 수 있는 핵심 기술로서 부각되고 있다. 미국, 일본 등 선진국에서는 수년 전부터 전자 태그의 이러한 특징을 개발하기 위한 다양한 프로젝트를 통하여 전자 태그 및 센서 기술 개발과 실용화에 적극적인 지원을 하고 있다⁹⁾.

USN(Ubiquitous Sensor Network)이란 필요한 모든 것(곳)에 전자 태그를 부착하고, 이를 통하여 사물의 인식 정보를 기본으로 주변의 환경정보(온도, 습도, 오염정보, 균열정보 등)까지 탐지하여 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것을 말하는 것으로, 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기능을 부여하여 anytime, anywhere, anything 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. USN은 먼저 인식 정보를 제공하는 전자 태그를 중심으로 발전하고, 이에 센싱 기능이 추가되어 이들 간의 네트워크가 구축되는 형태로 발전하고 있다.

센서 네트워크에 사용되는 센서는 무인으로 동작하거나 사람이 접근하기 어려운 환경에서 동작하는 경우가 대부분이다. 또한, 다량의 센서를 유포하여 센서 네트워크를 형성하는 경우가 많아 센서 노드의 크기가 작고 가격이 저렴해야 하므로 노드의 에너지 양과 데이터 처리 능력에 제한이 있게 된다. 이러한 센서의 제약 사항들과 센서 네트워크의 용도에 따라 네트워크에서 원활한 통신을 위해 충족되어야 할 설계 요구 조건 및 적합한 라우팅 알고리즘이 다르게 된다. 그림 2는 무선 센서 네트워크의 구성도이며,

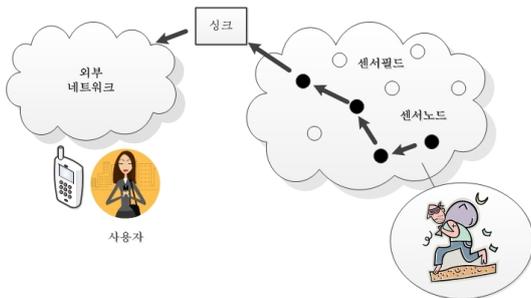


그림 2. 무선 센서 네트워크의 구성도
Fig. 2. Wireless sensor network block diagram.

그림에서 볼 수 있듯이 센서 네트워크의 주요 네트워크 구조(topology) 및 특징은 센서 노드의 제한된 자원(배터리 등)으로 인해 대부분 1홉(hop) 간의 통신이 아니라 멀티 홉 라우팅을 통하여 산재해 있는 센서들 간 통신이 이루어지게 된다는 것이다. 그리고 최종적으로 싱크 노드(sink node)를 통해 센서로부터 취득한 데이터를 취합하게 된다. 여기서 싱크 노드는 센서 네트워크에서 이루어지는 센싱 정보를 위한 통신의 최종 목적지로서, 기존의 전통적인 유무선 네트워크와 센서 네트워크의 게이트웨이 역할을 한다.

2-2 무선 센서 네트워크 기술

센서 네트워크는 ad-hoc 네트워크의 일종으로 센싱 기능과 계산처리, 그리고 무선통신 능력을 갖추고 있는 센서 노드와 게이트웨이 또는 데이터 집중국 역할을 하는 베이스 스테이션으로 구성된 무선 네트워크로 정의된다. 기본적으로 센서 노드는 감지된 정보를 베이스 스테이션으로 전달하고, 베이스 스테이션은 인터넷과 같은 기존의 네트워크를 통하여 사용자에게 해당 정보를 제공한다. 여기서, 사용자는 사람이 될 수도 있고 센서 네트워크 응용 소프트웨어가 탑재된 장치가 될 수도 있다.

그 과정에서 그림 3과 같이 센서 노드들은 기존에 미리 설치된 네트워크의 이용 없이 스스로 ad-hoc 네트워크를 구성하여 베이스 스테이션에게 데이터를 전송한다. 센서 노드들의 역할은 단순히 감지한 데이터를 전처리하여 베이스 스테이션으로 전달하는 것으로 국한되지는 않는다. 주변의 다른 센서 노드들과의 협력을 통하여 추상화된 고급 문맥 정보를 생성할 수도 있다. 예를 들어, 무인 정찰 센서 네트워크

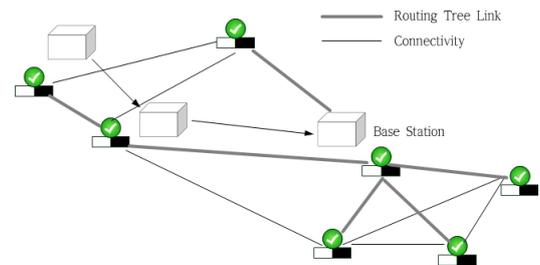


그림 3. Ad-hoc 네트워크
Fig. 3. Ad-hoc network.

크 내의 노드들은 상호 정보 교환을 통해 탱크의 진행방향과 속도, 나아가 이동 센서 노드에 의한 추적까지 가능하다. 센서 네트워크는 응용 목적에 따라 다양한 요구사항을 가지지만, 공통으로 다음에 열거하는 일반적인 요구사항을 만족하게 할 수 있도록 개발된다.

- 1) 저전력 설계로 센서 노드 수명 최대화 : 센서 노드가 설치되는 장소는 물리적인 접근이 불편하거나 용이하지 않은 곳이 많아서 배터리를 사람이 손으로 교체한다든지, 충전하는 방법은 현실적이지 않으므로 최대한 전력 소모가 적게 설계하여 센서 노드의 수명을 최대화하여야 한다.
- 2) 저가격으로 제작 : 많은 응용에서 실제 사물에 내장되어 대량 생산되는 제품에 포함될 수 있으므로 가격이 낮아야 한다.
- 3) 네트워크 토폴로지 변화의 수용 및 해결 능력 : 센서 필드에 배치되는 센서 노드들은 인터넷과 같은 고정된 네트워크 infrastructure에 직접 연결되는 것이 아니라, 자동 구성 가능한 ad-hoc 네트워크를 형성한 후 내부에서 통신하며, 인터넷과 같은 외부로의 통신은 게이트웨이 역할을 하는 베이스 스테이션을 통하게 된다. 센서 노드가 이동하거나 고장 나거나 새로운 노드들이 추가로 배치되는 등의 상황에 의해서 네트워크 토폴로지는 항상 변할 수 있는 소지가 있다. 이러한 변화를 적절히 받아들여 해결할 수 있는 능력도 요구된다.

센서 네트워크는 전력의 고갈, 노드의 이동성, 노드의 결합, 환경적인 장애 등으로 인하여 형상이 동적으로 변하며, 심한 경우 네트워크가 분할되기도 하므로 자가 재구성이 가능해야 한다. 센서 네트워크의 통신 프로토콜은 이러한 동적인 현상 변화가 있는 경우 ad-hoc 네트워크를 구성하는 저 전력 요구 조건과 낮은 대역폭, 오류가 많은 채널 특성, 자원의 제약 등 센서 노드의 능력을 고려하여 multi-hop ad-hoc 네트워크를 구성한다. 또한, 센서 네트워크는 무수히 많은 센서 노드가 지역적으로 존재하고 응용의 특성으로 인해 노드 중심의 주소를 사용하는 것

보다는 데이터 중심 주소를 사용한다. 즉, 인터넷과 같은 전역적인 주소보다는 attribute 기반의 주소를 사용하고, 어떤 센서에 의해 감지된 쿼리보다는 어떤 지역에서 감지된 쿼리가 일반적이다¹⁰⁾.

Ⅲ. 통신 철폐 모니터링 시스템

3-1 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 시스템은 독립된 전원으로 운용되며, 별도의 통신망을 이용하여 데이터를 서버로 전송한다. 또한, 풍향, 풍속 및 철폐 기울기에 관한 데이터를 독립적으로 연산할 수 있도록 하는 시스템을 구성하였으며, 그림 4는 이러한 USN 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

3-2 시스템 구성

풍향, 풍속 센서 및 자이로 센서에서 측정된 데이터는 제어부를 통하여 수집 및 처리한 후, CDMA 모

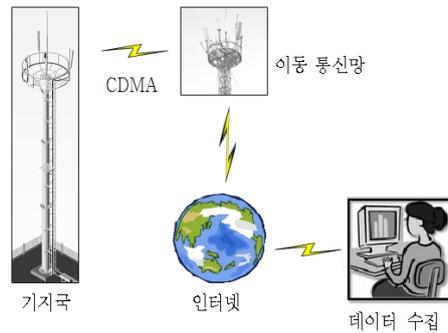


그림 4. 시스템 구성도(CDMA-패킷통신)
Fig. 4. Block Diagram of USN system.

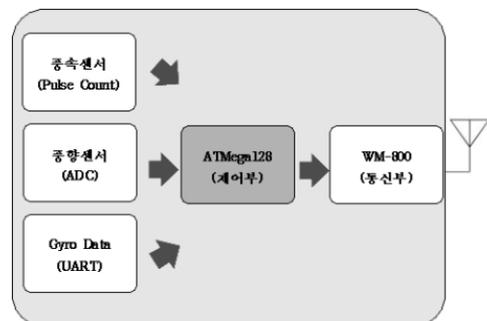


그림 5. 센서 노드 컨트롤 박스의 구성도
Fig. 5. Sensor node control box configuration.

템을 이용한 패킷 통신을 통해 송신하는 것으로 컨트롤 박스의 구성도는 그림 5와 같다.

3-2-1 중앙처리장치

시스템의 두뇌라고 할 수 있는 CPU 부분은 임베디드 시스템으로 구성, 별도의 롬이나 램 등의 부가장치없이 one-chip으로 구성하였다. ATMEL사의 ATmega128을 사용하였으며, 16 MHz 크리스털 사용 시 16 MIPS까지 실행되고 2 사이클에 곱셈이 되는 곱셈기를 내장하고 있다.

3-2-2 풍향, 풍속 센서

본 시스템에서 사용되는 풍향 및 풍속 센서의 경우, 미국 Davis사의 제품으로 자세한 특징은 다음과 같다.

- Wind Speed : 3 to 175 mph, 3 to 150 knots, 1.5 to 79 m/s, 5 to 282 km/h
- Wind Direction : 0 to 360 or 16 compass points
- Wind Run : 0 to 1999.9 miles

3-2-3 3축 가속도 센서

3축 가속도 측정을 위해서는 정밀한 센서가 필요하다. 기울기의 경우 3차원으로 표현되는 데, 이것은 ROLL, PITCH, YAW의 성분으로 구성되며, 내부에 내장된 칼만 필터에 의해 더욱 정밀하게 Calibration 되어 실질적인 데이터 값이 측정된다. 가속도 센서의 특징으로는 3축 가속도 센서, 2축 자이로 센서, 온도 센서, 12비트 해상도, 1.2v 정밀 ADC 참조 전압, 운용환경의 동특성에 따른 설정 지원, 완전한 센서 초기 정렬 기능 제공 등이 있다.

3-2-4 CDMA 통신 모듈

본 USN 노드에서는 2G SKTelecom의 통신망을 이용하여 데이터를 송, 수신하고 실시간 데이터 모니터링을 실시한다. 그림 6은 가속도 센서의 데이터 처리 과정을 나타낸 그림이며, 보는 바와 같이 센서에 의해서 측정된 값은 gain control, timing integration과 같은 적절한 처리 과정 및 필터를 거쳐 Roll, Pitch 값을 결정하게 되며, 최종적으로 이 값을 전송한다.

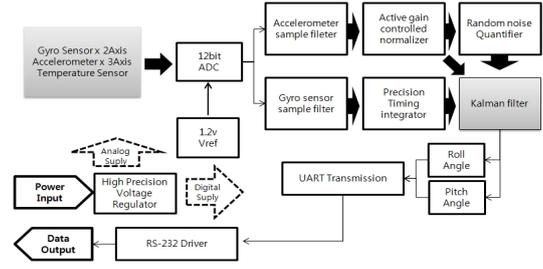


그림 6. 가속도 센서의 DATA 처리과정
Fig. 6. Data processing of acceleration sensor.

IV. 데이터 측정 및 분석

4-1 테스트 구성도

그림 7과 같이 3사(SK, KT, LGT) Telecom 서울 여의도공원 공용기지국의 이동 통신 철탑에 테스트 센서를 그림 8과 같이 장착하여 모니터링을 실시하였다.

4-2 데이터 분석

센서 노드에서 측정된 풍속과 기울기 값은 지

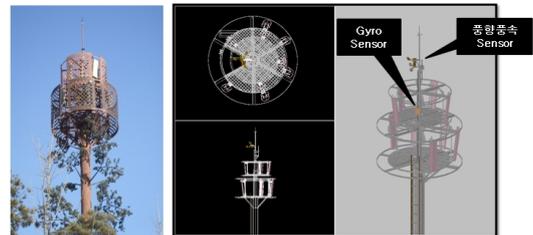


그림 7. 센서 노드 설치 구성도
Fig. 7. Setup and configuration of the sensor node.

Test Bed



그림 8. 센서 노드 test bed 위치 및 설치도
Fig. 8. Test bed of the sensor node location.

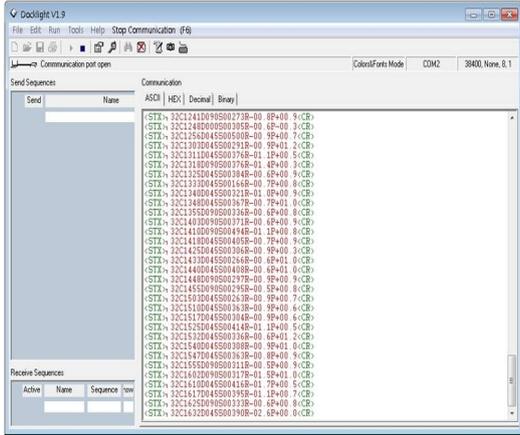


그림 9. 센서 노드 데이터 수신 TEST 화면
Fig. 9. Test screen of the sensor node data receiving.

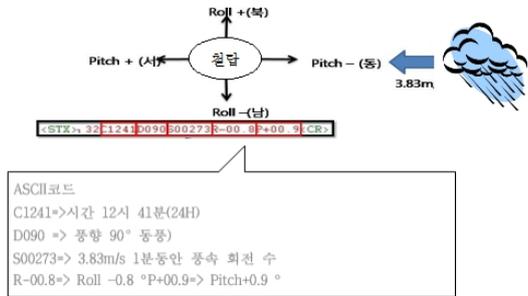


그림 10. 풍향 및 기울기 값에 대한 해석
Fig. 10. Interpretation of the wind direction and the angle.

국을 통해 관리자에게 수신되며, 그림 9는 소프트웨어를 통해 데이터가 수신되는 것을 테스트한 것이다. 이 데이터는 ASCII 코드로 구성되고, 각각의 값들은 그림 10과 같이 시간, 풍향, 풍속, 기울기 값으로 해석할 수 있다.

실시간으로 측정된 결과는 모니터링 프로그램을 통해서 실시간 감시를 진행하게 된다. 이를 통해 일일 단위 데이터 변화량을 확인할 수 있으며, 기울기 및 풍속의 최대치를 알 수 있다. 표 1은 2011년 한해 중에서 바람의 세기가 가장 강했던 6월 21일~30일 사이의 철탑 환경을 모니터링한 데이터이다.

그림 11은 표 1의 날짜별 풍속 평균, 최대 풍속, 기울기 데이터에 대한 분석 자료이며, 그래프에서 통신 철탑의 기울기가 바람의 영향으로 계속 변화하지만 철탑의 응력에 의해 원상 복구하는 것을 볼 수 있다.

표 1. 주간 단위 수신 데이터
Table 1. Received data of the week(June, 21~30th).

데이터 파일					
측정일	풍향	평균 풍속 (m/s)	최대 풍속 (m/s)	Roll	Pitch
2011.06.21	230.82	2.05	4.67	-1.3	0.5
2011.06.22	146.19	1.66	5.22	-0.7	0.5
2011.06.23	186.32	2.27	6.47	-0.5	1.1
2011.06.24	121.24	2.30	6.10	-0.2	1.1
2011.06.25	61.64	4.45	6.76	-2.6	1.8
2011.06.26	68.31	6.05	10.47	-2.7	2.6
2011.06.27	173.47	2.47	7.47	-1.4	1.6
2011.06.28	186.78	0.97	3.24	-0.9	1.2
2011.06.29	112.38	1.83	3.88	-0.9	0.8
2011.06.30	197.85	1.59	5.45	-0.9	1.1

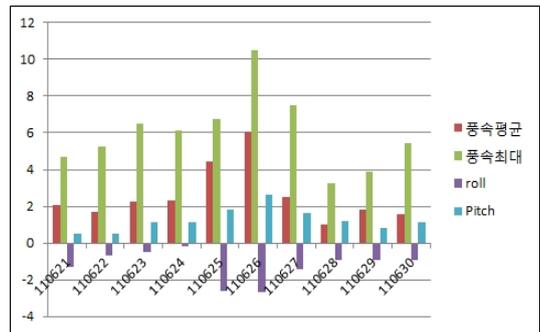


그림 11. 6월 분석 자료
Fig. 11. Data analysis(June, 21~30th).

$$\theta = \tan^{-1} \frac{71.59cm}{2300cm} = 1.78^\circ$$



그림 12. 풍속 60 m/s일 때의 displacements
Fig. 12. Displacements of the telecommunication tower at wind speed of 60 m/s.

4.3 안전진단 및 분석 결과

4.3-1 안전진단 기준

실시간으로 측정되는 환경 인자에 관한 안전 기준 설정을 위해 풍속별 풍압 변화율, 철탑의 응력, 강재의 탄성 및 구조역학적인 부분들을 종합적으로 모델링하고, 소프트웨어를 통해 계산한 풍속별 기울기 값을 안전 진단을 결정하는 주요한 인자로 활용하였다.

구조물을 해석하고 설계하는 방법은 유한요소법 (finite element method)을 사용하였으며, 해당 해석법을 탑재한 범용 소프트웨어인 MIDAS/GEN 프로그램을 사용하여 구조 계산을 하였다. 통신시설 안전관리 기준에서 안전도 검토 기준은 순간 최대 풍속 60 m/s을 기본 풍속으로 적용하고 있는데, 그림 12에서와 같이 소프트웨어를 사용하여 풍속 60 m/s에 대하여 계산한 통신 철탑의 기울기 값은 1.78°로 나타난다. 이 값은 안전 진단에서 매우 중요한 한계 기준 값이라 할 수 있고, 이 기준값과 실제 측정된 값을 비교 분석하여 측정 장비에 대한 신뢰도를 검토할 수 있다.

4.3-2 분석 결과

우리나라는 해마다 직·간접적으로 평균 6~8개의 태풍 영향을 받는다. 2011년도에 직접적인 태풍의 영향을 받은 것은 6월과 8월에 있었던 5호 태풍 메아리와 9호 태풍 무이파이다. 이 시기를 기준으로 하여 풍속 및 기울기를 표 2와 같이 분석하였다.

4.3-2-1 풍속 측정

6월 26일과 8월 7일에 태풍이 지나갔음에도 풍속이 다소 낮게 측정된 것은 태풍이 센서가 설치된 여의도공원에서 200 km 이상 떨어진 서해로 지나가면서 영향을 적게 받았기 때문이다. 이는 기상청 관측 자료에서도 확인할 수 있다. 기상청 지상 관측 자료와 실제 여의도공원 기지국에 설치한 풍향 풍속 센서를 이용한 데이터 값을 비교한 결과, 다소 차이가 있었으나, 이는 서로 설치 위치가 달라서 발생한 것으로 보이며, 큰 편차가 없는 것으로 보아 풍향 풍속 센서의 기능은 정상적으로 작동하였다고 할 수 있다.

4.3-2-2 기울기 측정

바람 때문에 철탑 구조물이 기울어지는데, 이 때문

표 2. 설계이론값과 측정값의 비교

Table 2. Comparison of the theoretical value and the measured value.

태풍명	측정일자	최대 풍속(m/s)		기울기(도)		한계 기준		안전상태판정
		한강 여의도 관측소	여의도 공원 기지국	설계 이론값	측정값	풍속 (m/s)	기울기 (도)	
메아리	2011.6.26 11:03	8.3	7.8	0.031	0.02	60	1.78	양호
	2011.6.26 14:40	7.2	7.1	0.027	0.02	60	1.78	양호
	2011.6.26 20:02	6.3	6.7	0.023	0.02	60	1.78	양호
무이파	2011.8.7 19:46	6.5	7.1	0.027	0.02	60	1.78	양호
	2011.8.7 22:15	6.2	7.0	0.025	0.026	60	1.78	양호
	2011.8.7 23:15	6.8	7.4	0.028	0.02	60	1.78	양호

에 변형이 일어나 파괴될 수도 있으므로 기울기 측정은 매우 중요하다. 센서에서 측정된 풍속 값을 사용하여 소프트웨어를 통해 계산된 설계이론값은 설계 시 하중 계산상에서 안전도 여유를 가지고 계산된 값이므로, 철탑이 지진, 부식과 같은 풍속외의 다른 요인에 의한 영향을 받지 않는다고 가정할 경우, 기울기 센서를 통해 실제 측정된 기울기보다 항상 큰 값이 나오게 된다. 표 2에서 보듯이 각각의 풍속에 따라 계산된 설계이론값은 센서를 통해 측정된 기울기보다 항상 크게 나타나며, 이를 통해 기울기 측정센서인 자이로센서가 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다.

4.3-2-3 안전 상태 판정

위에서 언급하였듯이 안전도 검토 기준은 순간 최대 풍속 60 m/s을 기본 풍속으로 적용하고 있으므로, 소프트웨어를 이용해 풍속 값이 60 m/s일 때의 이론적인 기울기 계산 값인 1.78°를 한계기준 값으로 정하여 안전 상태를 판정하였다. 안전 상태 판정은 센서로부터 측정된 기울기 값을 한계기준 값과 비교하여 측정된 값이 한계기준 값을 초과할 경우 불량, 미만일 경우 양호로 판정할 수 있고, 태풍이 지나간 날짜에서 측정된 값을 표시한 표 2에서는 날짜별 측정된 기울기 값은 모두 한계기준 값보다 미만이므로

양호로 판정하였다.

V. 결 론

오늘날 태풍 및 각종 자연재해 등에 취약한 건축 구조물의 안전 진단 및 실시간 위험 판단 등의 무인 감지 시스템에 있어서 USN 네트워크 시스템은 아주 중요한 요소로 인정받고 있다. 본 논문에서는 통신 철탍을 보다 편리하고 과학적으로 관리할 수 있는 시스템을 제안하였다. 무선 센서 네트워크를 이용한 통신 철탍 모니터링 시스템의 테스트는 2011년 6월 초부터 8월 초까지 여름철 기간 동안 실제 사용 중인 이동통신 기지국에 장비를 부착하고, SKT 이동통신망을 이용하여 데이터를 받아 분석하였다. 결과로 무선 센서 네트워크를 이용한 안전 진단 시스템의 실효 가능성을 보았으며, 이용에서도 아무런 문제가 없음을 확인하였다. 제안된 시스템은 경제성 및 유지 관리 등 실제 사용에서도 많은 이점을 가지고 있으므로 적은 비용으로도 시설 붕괴로 인한 인명 피해 및 경제적 손실을 사전 예방할 수 있을 것으로 예상되며, 공공기관 및 민간 부분에서도 재해 관리 및 재난 방재 시스템으로 운용함에 많은 이점을 내포하고 있기에 많은 부분이 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 강병국, "실시간 기업 환경 구현을 위한 RFID 기반 정보시스템 도입 감리 프로세스 정립에 대한 연구", 건국대학교 정보통신대학원 석사논문, pp. 82-94, 2009년 2월.

[2] 박충명, 허난숙, 김동국, 서동만, 이좌형, 김윤, 정인범, "센서 네트워크를 이용한 교량 안전진단 시스템 구현", 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, 12(1), 2005년 5월.

[3] 김태봉, 이태희, "센서네트워크를 이용한 건설구조물의 모니터링 시스템 설계", 대한토목학회 정기 학술대회, pp. 3758-3761, 2008년 10월.

[4] 정상준, 정연기, "무선 센서 네트워크를 이용한 작업환경 모니터링 시스템", 멀티미디어학회논문지, 12(10), pp. 1478-1485, 2009년 10월.

[5] 한영수, 이경호, 최시영, 김충현, "선박 및 해양 구조물의 안전관리를 위한 무선 센서 네트워크 시스템 설계에 관한 연구", 한국해양공학회지, 23(6), pp. 136-145, 2009년 12월.

[6] 이은진, 이권익, 김홍수, 강봉수, "통합 센서 모듈을 이용한 농업 환경 모니터링 시스템 개발", 한국콘텐츠학회논문지, 10(2), pp. 63-71, 2010년 2월.

[7] 문성남, 김영한, "무선 센서 망을 이용한 공장 내 장치 관리 시스템 설계", 한국통신학회논문지, 37(3), pp. 233-240, 2012년 3월.

[8] 이창희, 정석찬, 옥영석, 김민수, "USN 기반 수질 관리시스템 개발", 한국정보기술학회논문지, 10(8), pp. 153-163, 2012년 8월.

[9] 강장목, 유비쿼터스컴퓨팅과 개인정보, 인터뷰전, pp. 35-42, 2006년 4월.

[10] 김동석, "RFID 주파수 이용 및 표준화 동향", 무선관리단 전파정보지, 통권 117호, pp. 72-77, 2004년 3월.

노 상 봉



1982년: 경기과학기술대학교 기계공학부 (공학사)
 2009년: 한양사이버대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2012년: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
 1995년~현재: (주)에스비기공 대표이사

[주 관심분야] RFID 및 센서응용시스템, 안테나, 통신철탍

박 상 규



1974년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
 1980년: Duke University (공학석사)
 1987년: University of Michigan (공학박사)
 1987년~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수

[주 관심분야] 차세대 이동통신 시스템, 확산대역통신, MI-MO-OFDM, Relay Communications