

# 무선 센서망을 이용한 교량 관리 시스템

정회원 박찬흠\*, 김영락\*, 준회원 김근덕\*, 정회원 박희주\*\*, 종신회원 김종근\*o

## A Bridge Management System Using Wireless Sensor Networks

Chan-heum Park\*, Youngrag Kim\* *Regular Members*, Geum-deok Kim\* *Associate Member*,  
Heejoon Park\*\* *Regular Member*, Chonggun Kim\*o *Lifelong Member*

### 요 약

구조물의 관리에서 전문 관리 인력이 직접 조사하는 방식은 예산이나 검사 방법 및 주기에 따라 그 효과가 달라진다. 따라서 효과적이며 자동화된 구조물의 유지관리 방안이 필요하다. 교량 관리에서 자동화된 관리 방안으로는 몇몇 교량에 유선통신 방식을 이용한 상시 감시 시스템을 구축, 운영하고 있으나 교량 통합관리 시스템으로서의 성능은 초보적인 수준에 머물고 있다. 본 논문에서는 센서 네트워크를 적용한 교량의 통합관리 시스템을 구현한다. 교량에 설치된 센서를 무선망으로 구성하고 수집된 정보의 상시 모니터링을 위해 교량 관리자를 위한 기능과 관리시스템 관리용 기능, 그리고 비전문가용 웹 기반 모니터링 시스템을 구축하였다. 본 연구의 결과는 실험 대상 교량에 적용하여 그 효과를 분석하고 있다.

**Key Words** : BMS, USN, Sensor Network, Monitoring System, Middleware

### ABSTRACT

In construction structure management, the effects of investigation by the professional manager is dependent on the cost, the inspection periods and methods. Therefore, effective and automated maintenance system for the target structure is required. Although some bridge monitoring systems are operating using wire based networks, the performance is not good enough to show sufficient ability as integrated bridge management system. In this paper, we design and implement an integrated bridge management system based on sensor networks. Two expert modules for bridge management and the integrated system management are provided. Moreover, web-based monitoring system is also designed for users at anywhere. The results show that the system is effective and readily available.

### 1. 서 론

최근 정보화 산업과 이동통신 기술의 발전에 따라 사람이 생성하는 데이터를 컴퓨터에서 처리하는 개념을 넘는 새로운 패러다임으로서 우리 주변에 있는 모든 사물에 컴퓨터를 내장(Embedded)해서 서로 네트워크로 연결하고 상호간에 협조와 타협을 하면서 인간의 삶에 보이지 않게 컴퓨팅을 제공하는

다는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)<sup>[1]</sup>의 개념이 대두되고 있다. 유비쿼터스(Ubiquitous)라는 단어는 “언제, 어디서나, 무엇이든”의 의미를 가지는 라틴어에서 유래되었으며, 오늘날 편리성에 대한 인간의 무한한 상상력을 현실로 실현하는 만능 기술로 여겨지고 있다. USN 기술은 망을 이루고 있는 센서들을 관리하고 센서들이 취합한 데이터를 가공하고 신뢰성 있는 전송을 요구하는 센서네트워

※ 본 연구는 2009년 영남대학교 연구비와 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결과임

\* 영남대학교 컴퓨터공학과(shem@ynu.ac.kr, yrkim@ynu.ac.kr, apple83@ynu.ac.kr, cgkim@yu.ac.kr) (°:교신저자)

\*\* 경일대학교 컴퓨터공학부(hjpark@kiu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-11-548, 접수일자 : 2009년 11월 2일, 최종논문접수일자 : 2010년 4월 16일

크 기술로 이루어지는데 센서네트워크 기술은 장시간 혹은 전력이 모두 소진 할 때까지 동작해야 한다.<sup>[2],[3]</sup> 이러한 문제를 해결하기 위해 에너지를 자체적으로 생산해 낼 수 있는 연구도 활발하게 이루어지고 있다.<sup>[4]</sup>

국내의 건설정책은 아직까지 구조물의 완공자체에만 치중 하고 있으며, 완성된 구조물의 유지관리에 대해서는 상당히 미흡 하다고 할 수 있다. 현재 국내에는 몇몇 교량에 유선 방식을 이용한 상시 감시 시스템을 구축, 운영하고 있으나 교량 통합관리 시스템으로서의 성능은 기초적인 수준에 머물고 있다. 1994년 10월 서울에서 일어났던 “성수대교 붕괴사건” 또한 교량의 통합관리 시스템의 부재로 인한 안전사고라 할 수 있다. 이러한 교량의 붕괴사고 발생 이후로는 시설물 안전관리에 관한 특별법이 제정되는 등 유지 관리에 대한 관심이 높아져 이 분야의 다양한 연구가 진행 중이다. 특히 현수교, 사장교, 고속철도교 등 다수의 대형 교량건설이 본격화되고 있는 추세에 있고 유지 관리 기술에 관한 본격적인 연구가 수행되고 있을 뿐만 아니라 정부 기관을 중심으로 전 교량을 대상으로 한 체계적인 교량 유지 관리 시스템(BMS : Bridge Management System) 개발이 계획되고 연구되고 있다. 또한 기존의 유선 방식을 이용한 상시 감시 시스템의 경우 관리자가 직접 모니터링을 하고 있지 않으면 이상 유무를 알 수 없으며, 유선을 이용하기 때문에 이에 따른 유지 보수비용이 증가 한다.

본 논문에서는 유선 방식의 통합관리 시스템 방식을 탈피하여 무선 센서 네트워크를 이용한 교량 통합관리 시스템을 설계하고 구축한다. 구축된 시스템은 노후 교량 혹은 신설 교량의 유지관리를 위해 주요 부위 또는 손상이 예상되는 부위에 적절한 센서 노드들을 부착 설치하여, 교량의 상태를 시간 경과에 따라 어떤 변화가 일어나는지 파악하고 그에 대한 적절한 시기의 유지 보수 방법, 교통 통제 등과 같은 조치를 취하는데 정확한 정보를 제공하고자 한다. 본 시스템으로부터 얻어지는 자료들은 유사교량의 설계, 시공, 유지관리를 위해 매우 귀중한 정보를 제공할 수 있다. 시스템의 구성은 교량 관리자가 수시로 감시 하고 모니터링 할 수 있는 교량 관리 매니저 시스템과 웹을 통한 웹 모니터링 시스템으로 구성되며, 전체 시스템 기능을 처리하는 미들웨어가 본 시스템의 주요 핵심 기술이다.

## II. 관련연구

USN 기술이 지원해야 할 기능은 첫째, 다양한 질의 유형을 지원해야 한다. 예를 들어 현재 센싱된 정보를 실시간으로 요청을 한다든지 일정한 주기로 연속적으로 요청을 해야 한다. 또한 특별한 상황 이벤트가 발생하였을 때에도 센싱정보를 요청하는 질의가 기본적으로 지원되어야 한다. 둘째, 센싱정보를 효율적으로 관리해야 된다. 센서로부터 획득한 센싱정보들의 관리에서 가장 간단한 방법은 센서로부터 주어진 정보들을 저장하지 않고, 이를 필요로 하는 USN 응용 시스템에게 단지 전달만 하면 되는 것이다. 하지만, 응용 시스템에 따라서는 연속적인 센싱정보들을 시간흐름에 따라 효율적으로 저장 및 관리할 수 있는 기능을 제공할 필요가 있다. 셋째, 이기종의 센서 네트워크를 통합 관리 할 수 있어야 한다. USN에 연결된 모든 센서 네트워크 인프라들이 동일한 종류의 센서노드를 이용하고, 동일한 무선통신 방법을 이용하고, 동일한 기능을 제공하는 경우에는 다수의 센서 네트워크의 통합에는 큰 어려움이 없다. 하지만, IEEE 802.15.4/ZigBee<sup>[5]</sup>, Bluetooth<sup>[6],[7]</sup>, WLAN, CDMA, WPAN(Wireless Personal Area Network)<sup>[8]</sup>, Ad-hoc<sup>[9]</sup>, bitmap 기반 통신방식<sup>[10]</sup> 등과 같이 다양한 종류의 무선통신 방법들이 이용되고, Mote 계열, Nano 계열 등의 다양한 종류의 센서노드들이 이용되는 현실에서는 센서 노드 및 무선통신 방법에 독립적으로 USN 응용 서비스들의 모든 요구를 처리할 수 있는 기능을 반드시 지원해야 된다.<sup>[11]</sup>

### 2.1 관리 시스템 구축 사례

교량 유지관리 문제는 교량의 상태를 계속하고 이를 모니터링 할 수 있는 시스템 구축에 의한 교량 안전성과 건전성의 확보에 초점이 맞춰져있다. 국내에서는 시설물 안전관리에 관한 특별법이 제정되는 등 사회적으로도 교량의 유지관리에 대한 관심이 높아져 이 분야에 대한 다양한 연구가 진행 중이다. 특히 사장교나 현수교와 같이 구조 형식과 중요도에 따라 특수 교량으로 분류된 교량에 대해서는 시공자에게 위탁하여 관리하도록 하여 많은 건설 관련 업체들이 유지관리 업무를 수행하고 있다.<sup>[12]</sup> 국내의 BMS(Bridge Management System) 개발사례로는, 한국건설기술연구원에서 수행한 “교량관리 전산화(1990)”<sup>[13]</sup>와 “교량관리체계개선(건설교통부,1996)”<sup>[14]</sup>은 일반 국도상 교량에 대한 정보

관리와 보수, 개축 우선순위 결정업무를 체계화하기 위한 연구로 국내 BMS 연구의 효시라 할 수 있다. 한편, 한국도로공사가 개발한 “교량 유지관리 시스템(1997)”<sup>[15]</sup>에서는 데이터베이스의 구축과 우선순위 결정방안을 고속국도의 특성과 한국도로공사의 업무 특성에 적합하도록 개발되었다. 반면에 “교량 관리 전산화”의 연구 결과는 이러한 “교량 유지관리 시스템”을 개선하고 보완하여 일반 국도 교량의 특성에 적합하고 건설부의 업무 특성을 고려한 교량 전산관리 시스템을 구축한 것이다.

2.1.1 서해대교 유지관리 계측 시스템

서해대교는 시공중 계측에 사용되는 센서들이 대부분 유지관리 시에도 적용될 수 있도록 설계되었으며, 주탑의 경사, 가속도 및 온도, 사장재 케이블의 장력 및 온도, 주형의 가속도, 변형율, 온도 및 지진가속도, 풍향풍속 및 대기온도 등을 측정하고 있다. 이러한 구조물에 설치된 계측센서들은 측정된 데이터들의 시간이력을 이용하여 구조물의 거동이력을 분석함으로써 전반적인 교량 유지관리에 필요한 정보를 제공하고 있으며, 서해대교 계측시스템의 특징은 다음과 같다.

- 관리소 내에 전산실과 통제실 운영
- 실시간 신호수집 체계
- 최적의 유지보수, 보강 및 개축 등에 대한 효율적인 의사결정을 하도록 객관적인 유지관리 정보 제공
- 동행 안전성 확보를 위한 정보 제공
- 계측결과 분석은 자체적으로 수행

- 센서 및 장비의 유지관리는 외부업체에 용역을 주어 위탁관리함

2.1.2 영종대교 유지관리 계측 시스템

영종대교는 교량의 주요 부재에 설치된 각종 센서를 통하여 교량의 구조적 응답을 계측, 분석함으로써 교량의 사용성 및 안전성을 확보하며, 교량의 위험요소를 사전에 발견하고 분석하여 적절한 대책을 수립함으로써 교량의 수명연장 및 유지관리 비용의 효율성을 높이기 위하여 계측 시스템이 구축되었다. 이 시스템은 서해대교 관리 시스템과 유사하며, 교량내 센서와 모니터링 센터의 거리는 20km로서 광통신망으로 연결되어 있으며 주요 특징은 다음과 같다.

- 광통신을 통한 실시간 신호수집 체계-관리소 내에 전산실과 통제실 운영
- 계측결과 분석은 자체적으로 수행
- 센서 및 장비의 유지관리는 외부업체에 용역을 주어 위탁 관리함

2.1.3 올림픽대교 유지관리 계측 시스템

올림픽대교는 제24회 서울올림픽을 기념하기 위해 1990년 6월에 준공된 국내 최초의 콘크리트 사장교로써 사장교 구간은 300m 정도이다. 이 구간은 주탑과 24쌍의 강선으로 연결되어 구조적으로 매우 중요하지만, 강선이 열이나 외부 충격에 의해 변형될 수 있다. 이에 (주)노후우정정보통신과 서울특별시 도시기반시설본부는 관리를 목적으로 CCTV, 적외선 감지센서, SMS 전송기, 비상방송장비를 결합한

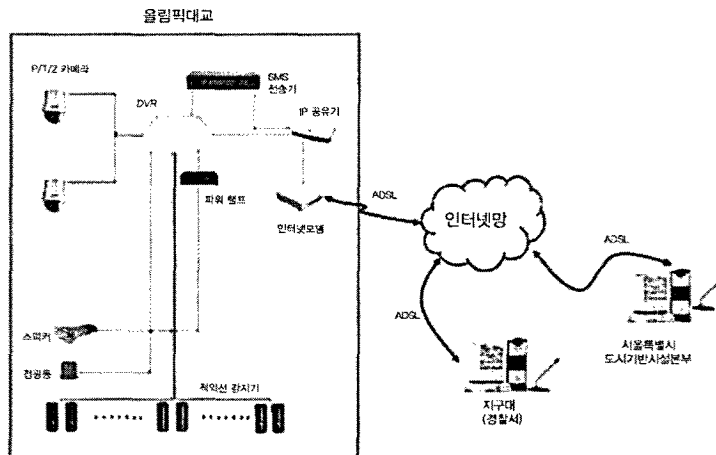


그림 1. 올림픽대교 구축 사례

교량 관리 시스템을 구축하였다. 올림픽 대교 계측 시스템은 계측관리를 시행하고 있는 다른 교량과는 달리 인터넷환경에서 계측을 수행할 수 있도록 제반 H/W 및 S/W가 구성되어 있어 계측관리자가 어디서든 인터넷을 이용하여 계측을 수행할 수 있도록 되어있다. 이러한 올림픽대교 계측 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 인터넷을 이용하여 모든 계측 프로그램 기능을 GUI(Graphic User Interface)기반으로 구축함
- 계측결과에 대한 이력을 위하여 계측결과 값을 관계형 데이터베이스로 구축하여 관리
- 데이터 수집 장치 등 시스템 제어기능과 전송 데이터를 결과 분석, 신호처리등 각종 계측업무 수행

이러한 특징을 가진 교량 유지관리 계측 시스템의 경우 인터넷 망을 이용하지만, ADSL의 유선망을 이용하기 때문에 시스템을 구성하기 위해 사용되는 많은 장비로 인해 구축비용이 증가하게 되며, SMS를 전송하기 위해서는 별도의 전송기가 필요하다. 또한 센서 장비의 장애로 인한 유지 보수와 새로운 장비의 추가로 인한 확장성의 한계를 가지고 있다.

### III. 제안된 USN 기반 교량 관리 시스템

#### 3.1 시스템 개요

본 연구에서는 USN 기반으로 교량 모니터링 시스템을 설계하고 구현한다. 본 논문에서 제안하는 USN 기반 교량 관리 시스템의 전체 구성도는 그림

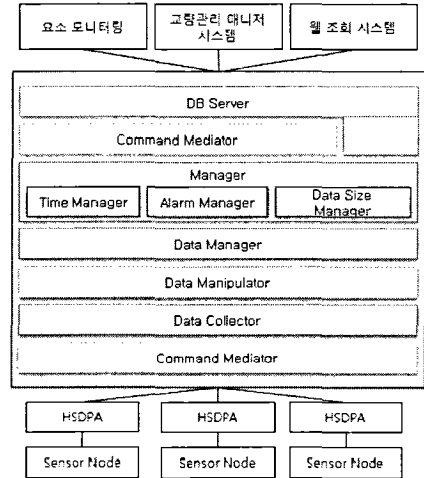


그림 3. 교량 관리 시스템구조

2와 같다. 제안 시스템은 교량에 설치된 센서 노드로부터 취합한 환경 데이터 및 감지 데이터를 이상 징후시 교량관리자에게 알려주는 시스템이다. 센서 노드로부터 주기적으로 취합한 데이터는 Sink노드로 전송되며, Sink노드는 WCDMA를 확장한 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)를 통해 미들웨어로 전송된다. 미들웨어에서는 Sink노드로부터 송신된 데이터를 DB에 저장하고 어플리케이션과 웹을 통해 관리자에게 상태 정보를 알려준다. 이러한 모든 시스템을 관리하는 시스템 모니터링 시스템은 노드의 상태 정보와 데이터의 전송 상태, 그리고 교량 모니터링 시스템과 웹 모니터링 시스템의 상태 정보를 파악하여 이상 유무를 살핀다. 그림 2와 그림 3은 교량 관리 시스템의 흐름과 구조를 나타낸다.

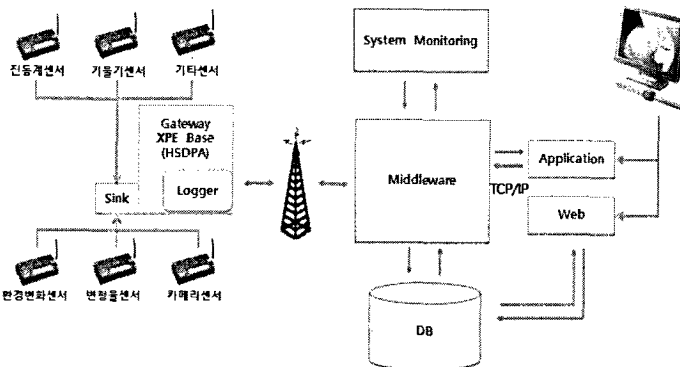


그림 2. 교량 관리 시스템의 전체 흐름도

### 3.2 개발환경

#### 3.2.1 하드웨어 환경

IBM-PC 호환환경으로 표 1의 Server 와 표 2의 PC 환경에서 구현되고 작동하였다. 인터페이스 사용을 위하여 마우스 및 디지털타이저를 운용하였으나, 기본적인 PC 컴퓨팅 정도의 하드웨어 자원만을 사용하였다. 네트워크 접속을 위하여 100 Mbps의 통신 속도를 지원하는 100Base-T 랜카드와 UTP케이블 및 통신 인프라를 사용하였다.

Hybus사의 Hmote는 'Teles. Rev B' 플랫폼을 기반으로 하고 있다.

Hmote의 기울기 센서를 이용하여 교량의 뒤틀림 정보를 얻기 위해 다음 그림 5와 같이 4개의 센서 노드들을 배치하였다. 센서노드를 통해 센싱되는 데

표 1. Server 사양

H/W	사양	비고
분류	사양	비고
CPU	Intel(R) Xeon(R) CPU 3065 @2.33GHz	
RAM	3.24GB	
HDD	230GB	

표 2. PC 사양

H/W	사양	비고
분류	사양	비고
CPU	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.4GHz	
RAM	1014MB	
HDD	230GB	

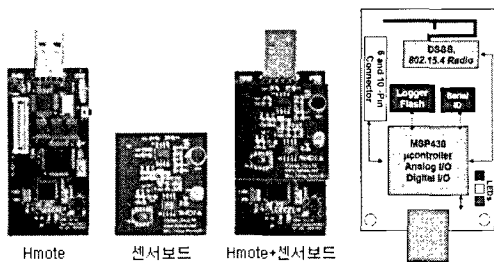


그림 4. Hybus사의 Hmote

표 3. 기울기에 따른 데이터값

각도	-90	-75	-60	-45	-30	-15	-5	0	5	15	30	45	60	75	90
데이터값	398	400	405	413	424	437	445	450	455	463	476	487	495	500	502
누적변화값	-52	-50	-45	-37	-26	-13	-5	0	5	13	26	37	45	50	52

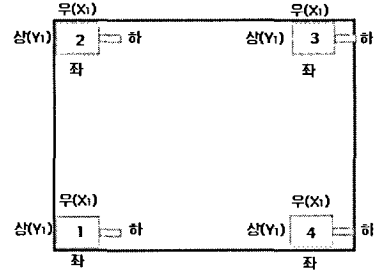


그림 5. 센서 노드 배치

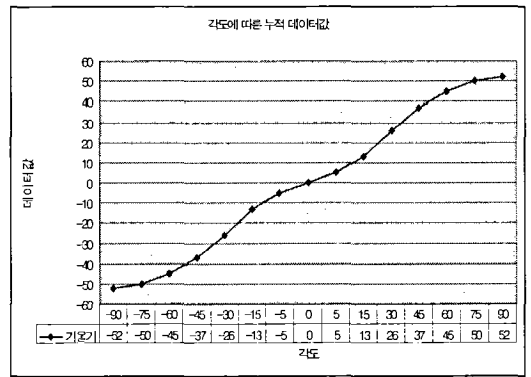


그림 6. 각도에 따른 누적 데이터값

이터는 표 3의 결과를 얻을수 있었으며, 누적변화값으로 그림 6의 그래프로 나타냈다. 이는 기울기 센서로부터 취합되는 데이터의 정보를 보고 교량 상판의 처짐 현상과 틀어짐 현상을 파악할 수 있다.

센서 노드의 실험은 센서 노드를 수평인 바닥에 밀착시킨 후 0도가 되는 기준 값을 450으로 맞춘 후 15도의 간격으로 각도를 변화 시켜 센서 노드로부터 측정되는 값을 분석하였다. 분석결과 누적변화값을 통해 ±90도 일 경우 누적변화값 또한 ±52의 결과를 얻었다. 결과를 통해 교량의 상향 판단 기준으로 활용할 수 있으며 교량 상판의 처짐 현상과 뒤틀림정보를 알 수 있다.

#### 3.2.2 소프트웨어 환경

IBM-PC Microsoft Windows XP의 운영체제에서 MS Visual Studio 6.0과 2005를 동시에 사용하

였으며, 사용자 인터페이스는 MS Visual Studio의 MS Visual Basic 6.0으로 개발하였다. 센서 노드 제어를 위해 MS Visual C++ 2005 버전으로 개발하였다. 사용자 인터페이스 디자인을 위하여 MS Office 2007에 포함된 MS PowerPoint 2007 및 Adobe Photoshop 7.0을 사용하였으며, MS Windows XP에 기본으로 포함된 그림판을 일부 사용하였다. 표 4는 시스템 개발을 위해 사용된 프로그램 툴을 나열하였다.

### 3.3 미들웨어(Middleware)

그림 7은 미들웨어 시스템에서 센서 노드에서 센싱된 데이터의 흐름과 모니터링의 구조를 나타낸다. 미들웨어 구조도에서 확인 할 수 있듯이 센서노드에서 센싱된 값을 Base Station을 거쳐 미들웨어로 전송되며, 미들웨어로 전송된 센싱 값들은 각 단계를 거치면서 데이터를 가공하여 데이터베이스에 저장하게 된다. 어플리케이션은 데이터베이스에 액세스하여 저장된 센싱된 정보를 실시간으로 모니터링 한다.

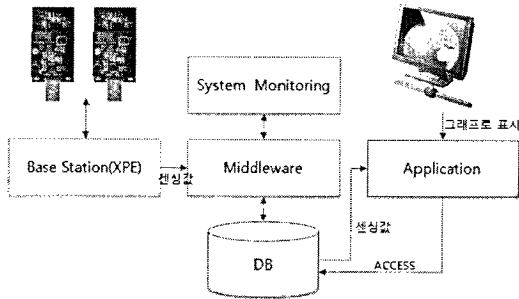


그림 7. 노드센싱 및 모니터링을 위한 미들웨어

### 3.4 요소 모니터링

구현된 시스템은 센서로부터 미들웨어, DB, 무선 통신망, 인터넷망 등 많은 요소를 통과하여 작업을 수행하고 있다. 요소 모니터링은 센서노드로부터 발생한 센싱정보가 관리자까지 전달되는 전 과정과 어플리케이션의 관리 등 시스템의 모든 일련의 상태정보를 한눈에 파악 할 수 있도록 설계되었다. 또한 통신 상태정보를 알려 줌으로써 통신장애로 인한 시스템 문제를 빨리 파악할 수 있도록 설계되었다. 따라서 요소 모니터링시스템은 센서노드의 상태 정보, 데이터관리, DB관리, 알람관리, 어플리케이션 관리 등의 서비스를 제공해 준다. 모든 상황은 DB

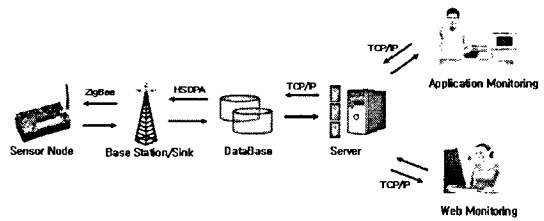


그림 8. 요소 모니터링 시스템 개요

의 로그 관리를 통해 저장되며, 그림 8은 요소 모니터링 시스템의 개요를 보여 준다.

요소 모니터링 시스템의 경우 교량관리 시스템과 관련된 모든 요소에 대해서 유지 관리를 하게 된다. 요소 모니터링 시스템은 다음과 같은 상태 정보를 알려준다.

첫째, 센서노드와 싱크노드 사이의 ZigBee 통신이 원활한가?

둘째, 싱크노드에서 취합한 정보를 WCDMA망 즉, HSDPA를 통해 데이터베이스 까지 신뢰성 있게 전달되는가?

셋째, 데이터베이스에 저장된 데이터를 TCP/IP를 통해 교량관리 시스템과 웹 관리 시스템까지 신뢰성 있고 안정적인 서비스가 가능한가?

그림 9는 요소 모니터링 시스템을 구현한 예를 보여주며, APP(교량 모니터링 시스템)에 통신 문제가 발생한 모습을 보여 준다. 이처럼 요소 모니터링 시스템은 모든 요소에 대한 관리에 사용된다.

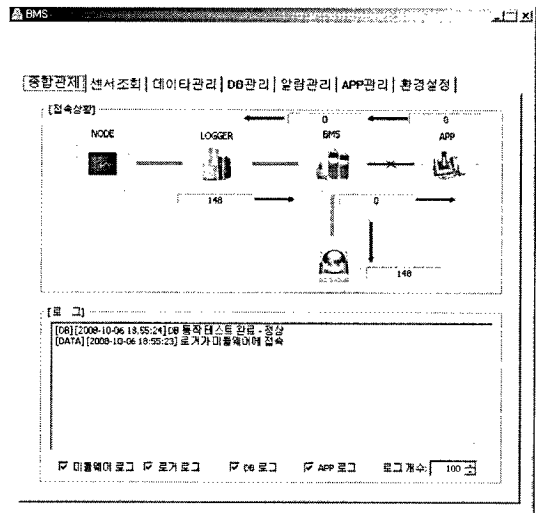


그림 9. 요소 모니터링 구현 예

### 3.5 교량 관리 매니저 시스템

교량 관리 매니저 시스템의 경우 특정 교량에 대해서 상태 정보를 모니터링 할 수 있는 시스템이다. 이상 징후시 모니터링을 통해 관리자가 이상 징후를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 부재시 알람 기능을 통해 교량의 상태를 신속하게 파악할 수 있다. 관리자는 건축물 관리 전문가로서 교량의 상태를 파악할 수 있는 정보를 통해 교량의 자연재해뿐만 아니라 정기적인 관리를 통해서 노후 상태를 파악하여 교량의 수명을 연장 할 수 있다. 또한 정기적인 점검과 수시 점검 상태를 저장하도록 설계하여 월별, 년별 보고서의 작성을 용이하게 하였다. 그림 10은 관리자에 의해 관리할 교량의 상태 정보를 보여주고 이상 징후 발견 즉시 관리자에게 교량의 상태 정보를 알려주는 교량 관리 시스템이다.

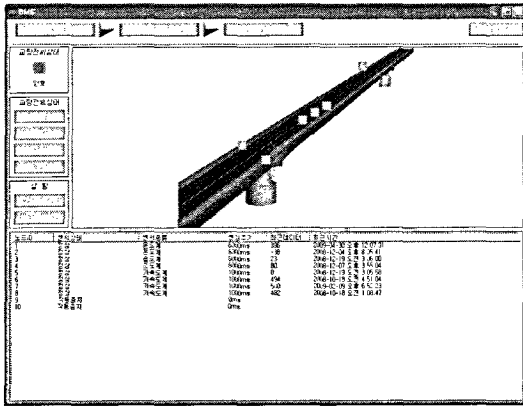


그림 10. 교량 관리 시스템

### 3.6 웹 조회 시스템

웹 조회 시스템의 경우 유비쿼터스 정보화 사회에 맞춰 언제 어디서나 인터넷을 이용할 수 있는 곳이라면 관리하고자 하는 교량의 상태 정보를 얻을 수 있도록 설계되었다. 또한 그래프를 통해 일정 기간 동안의 상태 정보를 한눈에 파악할 수 있도록 설계되었으며, 교량의 기본적인 재원을 제공하고 있다. 웹 모니터링 시스템의 경우 교량을 관리하는 관리자뿐만 아니라 관심을 가지는 교량 전문가에게도 정보를 공유함으로써 특정 연구에 필요한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다. 그림 11은 웹 조회 시스템에서 센싱정보를 실시간으로 그래프와 테이블을 이용하여 보여준다.

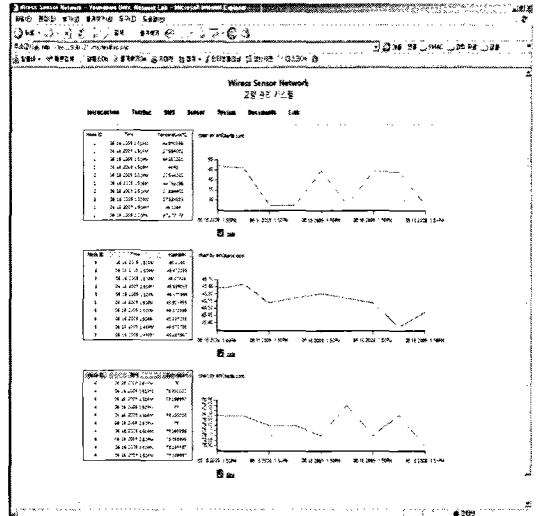


그림 11. 웹 조회 시스템 예

### 3.7 상황 발생 시나리오

교량 관리 시스템은 특정한 노드의 상태 변화에 따른 관리자 모니터링 시스템으로서 상황 발생시 관리자에게 교량의 위험을 알리게 된다. 또한 부재 중인 관리자에게 SMS를 보내어 교량 상태의 이상 징후를 알리게 된다. 그림 12는 1번 센서노드가 위치한 곳에 갑작스런 온도 상승을 감지한 교량 관리 시스템이 관리자에게 위험을 알리고 있다.

그림 13은 교량에 이상이 발생했을 경우 관리자에게 SMS 메시지를 전송하여 이상 유무를 알리는 모습을 보여 준다. SMS의 경우 웹에서 보내기 설정을 통해 교량 관리자뿐만 아니라 교량의 상태 정보를 요구하는 관계자에게도 보낼 수 있도록 설계하였다.

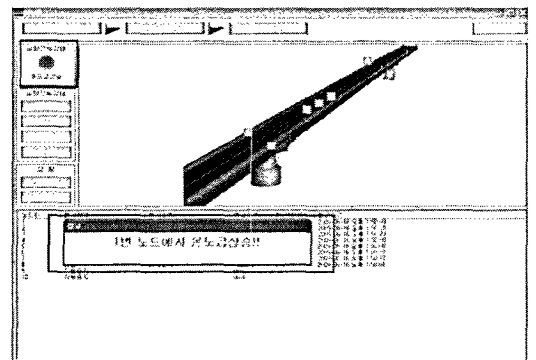


그림 12. 상황발생 후 위험을 알리는 예

보내기 설정

받는 사람: 010-1234-5678, 010-9876-5432, 010-2109-8765

메시지 리스트

date	time	sender number	message
20090619104512	44	010-1232-3232	44% 22% 11%전송률 유지율 100%
20090619104611	43	010-1232-3232	41% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104702	39	010-1232-3232	38% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104708	36	010-1232-3232	36% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104711	40	010-1232-3232	40% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104803	43	010-1232-3232	43% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104819	41	010-1232-3232	41% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104910	39	010-1232-3232	39% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104912	42	010-1232-3232	42% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104917	34	010-1232-3232	34% 20% 10% 전송률 유지율 100%
20090619104918	38	010-1232-3232	38% 20% 10% 전송률 유지율 100%

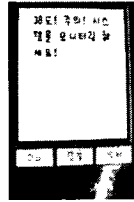


그림 13. SMS 알림 서비스 예

#### IV. 분석 및 평가

본 논문에서 설계한 교량 관리 시스템은 무선 센서 노드를 이용하여 교량의 상태와 정보를 취합하여 관리자에게 교량의 상태 및 관리정보를 GUI 형태로 제공하여 실시간 관리를 용이 하게 하였다. 또한 웹 조회 시스템을 활용하여 관리자에게 언제 어디서나 교량의 상태 정보를 파악할 수 있게 하였으며, 이상 징후시 SMS를 활용하여 교량 관리자에게 교량의 상태정보를 전송하게 함으로써 관리자에게 빠른 대처를 할 수 있도록 하였다. 특히 요소 모니터링 시스템은 교량관리 시스템뿐만 아니라 어떠한 기반시설 관리시스템에 적용 가능한 시스템으로써 관리시스템의 상태와 통신상태 등 모든 정보에 대하여 데이터베이스와 연개 하여 로거를 통해 관리함으로써 USN 관련 연구 분야와 교량등과 같은 기반시설 연구에 관련된 기초 자료로 충분히 활용 할 수 있다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 센서를 활용하여 USN 기반의 교량관리 시스템을 설계하고, 구현하였으며, 기존의 유선 환경의 시스템에서 무선 환경의 적용 가능성을 보였다. 무선 센서 네트워크 기술의 활용은 교량과 같은 사회기반시설 관리에 필요한 기술이며, 시설물 유지 관리뿐만 아니라 시스템 확장성에도 용이하여 비용절감효과를 기대 할 수 있게 되었다. 또한 독립적으로 관리되는 데이터베이스는 센싱정보의 신뢰성과 정보의 일관성을 유지하게 되어 정보로서의 활용 가치가 높다. 본 논문에는 교량관리에 중점을 두었지만, 차후 여러 사회기반 시설뿐만 아니라 일상생활에서 발생할 수 있는 모든 위험 요소를 발견하여 이에 대처할 수 있는 시스템 개발 연구가 필요할 것이다.

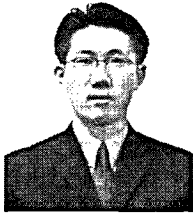
#### 참 고 문 헌

- [1] Mark Weiser. "Hot topic: Ubiquitous Computing" IEEE Computer, pp.71-72, October, 1993.
- [2] J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks : A survey," IEEE Communications Networks, Dec., 2004.
- [3] R. Vidhyapriya and P. T. Vanathi, "Conserving energy in wireless sensor networks," IEEE Potentials, Vol.26, Issue 8, pp.37-42, Sep.-Oct., 2007.
- [4] C. Alippi and C. Galperti, "An adaptive system for optimal solar energy harvesting in wireless sensor network nodes", IEEE Trans. Circuit and Systems, Vol.55, No.6, July, 2008.
- [5] Website IEEE802.15, <http://www.ieee802.org>
- [6] Bluetooth Specification Version 1.1, Core, Specification of the Bluetooth System, Vol.1, Feb., 2001.
- [7] Kitsos P., Sklavos N., Papadomanolakis K., and Koufopavlou O., Hardware Implementation of Bluetooth Security, IEEE Pervasive Computing, Vol.2, pp.21-29, Jan.-Mar., 2003.
- [8] IEEE 802.15 Working Group for WPAN, <http://www.ieee802.org/15/>
- [9] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp.90-100, Feb., 1999.
- [10] C. Kim, S. Lee, H. Kim, "A Knowledge Discovery Agent for a Topology Bit-map in Ad Hoc Mobile Networks", Journal of universal computer science, pp.1105-1117, 2008.
- [11] 김민수, 이용준, 박종현, "USN 미들웨어 기술개발 동향", 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007.6.
- [12] 승화이앤씨 "무선통신 기반의 지능형 계측시스템 개발 및 대형 교량의 효율적 유지관리 체계 실용화" 건설교통부 ; 한국건설교통기술평가원 [공편], 2006.
- [13] 이장화, 장중탁, 김성욱, 장인호, 이성준 "교량관리 전산화 시스템 개발", 한국전산구조공학회, pp.105-110, 1990. 10.



- [14] 박영환, 박홍석, 강민구 외 9명, “교량관리체계 개선 최종 보고서”, 한국건설기술연구원, 1996.
- [15] 조대연, 박종섭, “교량 유지관리 시스템의 개발 및 운용”, 한국도로공사 도로연구소, 1997. 12.

**박 찬 흠 (Chan-heum Park)** 정회원



2002년 2월 한국교육개발원 컴퓨터 공학과 학사  
 2004년 8월 영남대학교 컴퓨터 공학과 석사  
 2007년 2월 영남대학교 컴퓨터 공학과 박사수료  
 2007년 3월~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 시간강사

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, Mobile Ad Hoc Network, Ubiquitous Sensor Networks, IP-USN

**김 영 락 (Young-rag Kim)** 정회원



2002년 2월 금오공과대학교 응용수학과 이학사  
 2004년 2월 영남대학교 컴퓨터 공학과 석사  
 2009년 2월 영남대학교 컴퓨터 공학과 박사  
 2009년 3월~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 시간강사

<관심분야> 임베디드 시스템, 무선 모바일 네트워크, 컴퓨터네트워크, Mobile Ad Hoc Network, Ubiquitous Sensor Networks 등 컴퓨터 네트워크, Mobile Ad Hoc Network, Ubiquitous Sensor Networks, IP-USN

**김 근 덕 (Geum-deok Kim)** 준회원



2002년 2월 영남대학교 통계학과 학사  
 2009 3월~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> 웹, 지능형로봇, 네트워크

**박 희 주 (Heejoo Park)** 정회원



1978년 영남대학교 전자공학과 학사  
 1981년 영남대학교 전자공학과 석사  
 1995년 대구가톨릭대학교 전산 통계학과 박사  
 1982~현재 경일대학교 컴퓨터 공학부 교수

<관심분야> 신경회로망, 패턴인식, Ad-hoc 네트워크, 센서 네트워크

**김 종 근 (Chonggun Kim)** 종신회원



1981년 영남대학교 전자공학과 학사  
 1987년 영남대학교 전자공학과 석사  
 1991년 일본 전기통신대학 박사  
 1997년 미국 Virginia Tech. 연구교수

2003년 미국 UCSC 연구교수  
 1991년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 교수  
 <관심분야> 컴퓨터 네트워크, 무선 모바일 네트워크, 분산처리, 운영체제, 멀티미디어기반 가상강의 시스템 등