

논문 2009-4-1

USN기반의 교량 모니터링 시스템 구현

Implementation of A Bridge Monitoring System Based on Ubiquitous Sensor Networks

이성화*, 전민석**, 이안규**, 김진태**

Sung-Hwa Lee, Min-Suk Jeon, An-Kyu Lee and Jin-Tae Kim

요 약 본 연구 이전에 제안되었던 실시간 교량 모니터링 시스템은 교량 곳곳에 배치되어 있는 센서들로부터 중앙 서버로 동축 케이블을 통해 데이터를 송수신하였는데, 동축 케이블을 이용하여 교량 전체의 센서들의 네트워크를 구성하기 위해서는 막대한 인력과 비용이 따르게 된다. 본 연구에서는 USN을 기반으로 한 교량 모니터링 시스템 제안하고, 이에 대한 프로토타입을 설계 및 구현하였다.HSDPA를 통해 얻은 센싱 데이터 값을 TCP/IP 소켓을 통해 교량 모니터링 서버에 전달함으로써 양방향 통신을 구축하여 그래프 변환을 하는 전체 시스템을 구현하였다.

Abstract The proposed real-time structural health monitoring(SHM) system in past transferred and received data, central server gathered data from sensors, through coaxial cable. an immense sum of money is required to structure sensor network using coaxial cable. This paper proposes USN-based structural health monitoring(SHM). Also, this paper designs and realizes prototypes according to proposed SHM. The value of sensing data obtained through HSDPA transfer to the BMS(Bridge Monitoring Server) passing through the TCP / IP socket by building two-way communication system, We have implemented a complete graph converting full system.

Key Words : USN(Ubiquitous Sensor Network), BMS(Bridge Monitoring Server), SHM(Structural Health Monitoring), HSDPA(High Speed Download Packet Access)

I. 서 론

교량, 터널, 항만, 공항, 발전소, 댐 등과 같은 기간시설물은 설계 및 시공과정에서의 결함 또는 설계 당시에 고려되지 못하였던 각종 하중 조건과 환경 요인으로 인해 구조손상 발생의 위험성에 노출되어 있으며, 약조건 하에서 발생한 치명적인 구조 건전성의 저하가 최악의 구조물 붕괴로 이어지고 있다.

본 연구 이전에 제안되었던 실시간 교량 모니터링 시스템은 교량 곳곳에 배치되어 있는 센서들로부터 중앙

서버로 동축 케이블을 통해 데이터를 송수신하였는데, 동축 케이블을 이용하여 교량 전체의 센서들의 네트워크를 구성하기 위해서는 막대한 인력과 비용이 따르게 된다.

본 논문에서는 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 기반으로 센서 네트워크를 구축하는 교량 모니터링 시스템 제안하고, 이에 대한 프로토타입을 설계 및 구현하고자 한다.

II. 유비쿼터스 센서 네트워크

1. USN

USN은 각종 센서에서 수집한 정보를 무선으로 수집

*정회원, 제주한라대학

**정회원, ㈜데스콤 개발부

**정회원, 한국수자원공사

**정회원, 건국대학교 정보통신대학원, (주)파이브텍

접수일자 2009.7.24, 수정완료 2009.8.3

할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. 사람의 접근이 불가능한 취약지구에 수백개의 센서네트워크 노드를 설치, 사람이 감시하는 것과 마찬가지로의 역할을 한다[1-2]. WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술 및 초소형 네트워크 디바이스 기술 등이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 매우 활성화되고 있다. 앞으로 사회기반 시설 안전 감시, 산불 감시, 산업시설 감시, 국방 등의 분야에서 널리 활용될 전망이다. USN에서 가장 중요한 기술은 정확한 정보를 빠르게 전달하는 신뢰성과 전력 소모이다[3]. 또한 대규모의 공장이나 아파트 등의 주거단지 뿐 아니라 공공이 모이는 지하철과 같은 장소, 운동경기장 등에 설치가 가능한 센서 노드를 개발하고 이를 근거리 무선 네트워크로 구축하여 인적재난으로 인한 불특정 다수에 대한 대량 살상을 예방하고, 온도, 습도, 물체이동, 밝기, 압력, 토양성분, 소리 등을 감지할 수 있는 센서 기술과 센서 노드 응용을 위한 여러 관련 프로토콜 기술과 라우팅, 위치정보과학 및 통신프로토콜 및 센서 노드의 응용에 따른 임무수행을 위한 이동기술 등을 조합한 전 국가적 재난 방제기술을 개발하고 체계화하는 연구가 필요하다.

2. Zigbee 센서 노드

버클리 대학의 MICA MOTE 이후, 많은 무선 센서 네트워크 모듈들이 연구 개발되어 판매되고 있다. 이 모듈들은 크게 라디오 Chip의 종류에 따라서 아래의 표1과 같이 구분할 수 있다.

표 1. CC1000과 CC2420 비교
Table 1. Comparison of CC1000 and CC2420

	CC1000	CC2420
업체	Chipcon	Chipcon
전력	Ultra low power	Low power
주파수	300~1000MHz	2.4GHz
거리	~ 120m	~ 80m
속도	~38.4kbps	~ 250kbps
데이터량	제한없음 (50byte미만 권장)	~125byte

CC1000은 CC2420에 비해 상대적으로 적은 전력을 사용하며 낮은 주파수의 특성상 더 먼거리를 통신할 수 있고, CC2420은 CC1000에 비해 고속의 데이터 통신을 지원하며 더 큰 데이터를 안정적으로 전송 할 수 있다. 또

한 CC2420은 IEEE 802.15.4 표준을 지원 함으로써 현재 CC1000에 비해 더 활발히 사용되고 있다. 실시간 교량 모니터링 시스템에서 고속 통신 속도는 매우 중요함으로 본 연구에서는 CC2420을 기본 라디오 Chip으로 선택하였다.



그림 1. Hmote 센서 네트워크 모듈
Fig. 1. Hmote Sensor Network Module

본 연구에서 Hmote를 센서 모듈로 선택하였는데, 그 이유는 다음과 같다.

- 상대적으로 가격이 가장 저렴함
- 자체 제작한 모듈로서 향후 유지 보수가 용이함
- GPS, 가스 감지 센서등 다양한 센서 모듈을 제공함으로써 향후 시스템 확장이 용이함
- MSP430의 12bit ADC 기능을 통해 보다 정밀한 고속도 샘플링을 수행 할 수 있음.

(1) USN 구축을 위한 기술

가. 자가 재구성(self reconfigurable)을 위한 기술
센서 네트워크는 전력의 고갈, 노드의 이동성, 노드의 결함, 그리고 환경적인 장애 등으로 인하여 형상이 동적으로 변하며, 심한 경우 네트워크가 분할되기도 하므로 자가 재구성이 가능해야 한다. 센서 네트워크의 통신 프로토콜은 이러한 동적인 형상 변화가 있는 경우 ad hoc 네트워크를 구성하는데 저전력 요구조건과 낮은 대역폭, 오류가 많은 채널 특성, 자원의 제약 등 센서 노드의 능력을 고려하여 Multi-hop ad hoc 네트워크를 구성한다 [4].

나. 데이터 중심의 주소 지원을 위한 기술

센서 네트워크는 무수히 많은 센서 노드가 지역적으로 존재하고 응용의 특성으로 인해 노드 중심의 주소를 사용하는 것보다는 데이터 중심 주소를 사용한다. 즉, 인터넷과 같은 전역적인 주소보다는 속성 기반의 주소를 사용하는데, 속성기반의 주소 체계에서는 특정한 노드에게 쿼리를 보내기 보다는 현상의 속성에 대한 쿼리를 이

용하게 된다. 예를 들면 “센서 A에 의해서 감지된 온도” 보다는 “온도가 50도가 넘는 지역은?” 또는 “A 지역의 평균 온도는?” 등과 같은 쿼리가 일반적이다[5].

다. 센서 응용 관리를 위한 기술

센서 노드에 탑재된 응용 소프트웨어들은 정적인 것이 아니라 환경의 변화나, 응용 분야의 확장, 그리고 현상을 탐지하기 위한 기능의 부가 등으로 동적으로 다운로드 및 수행이 가능해야 한다. 이러한 응용 프로그램의 변경은 간단한 파라미터의 재조정으로부터 전체 프로그램을 재 작성하는 것 까지 매우 다양하다. 센서 네트워크를 위한 통합 소프트웨어는 이러한 프로그램의 재구성이 용이하고, 융통성이 있으며, 효율적으로 수행될 수 있도록 지원해야 한다.

라. 센서 네트워크용 라우팅 알고리즘

센서 네트워크의 라우팅 알고리즘은 사용되는 응용분야 등에 따라 직접 전파(Directed Diffusion), SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation), SAR(Sequential Assignment Routing), Minimum Cost Forward Algorithm for Large Sensor Networks, LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy), TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient, APTEEN(Adaptive Periodic Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol) 등으로 나누어진다.

(2) 데이터 처리 및 전송 기술

가. 데이터 발생량과 전송처리 방법

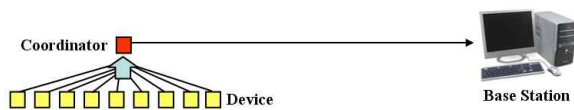


그림 2. 데이터 전송 방법
Fig. 2. Data Transmission Method

다량의 데이터들을 효율적으로 처리하기 위해서 그림 2에서 볼 수 있듯이 가속도 센서가 부착된 센서 네노드들의 데이터들을 중간에 위치한 싱크노드가 받아서 이를 중앙 서버로 전송하도록 하였다. 센서 노드들은 위치에 따라서 전력선의 공급 없이 배터리로 동작하지만 싱크노드는 전봇대 등에 위치하여 전력선을 통해 전원을 공급

받아 높은 출력으로 데이터 송수신을 수행하도록 한다. 일반적으로 CC2420 Radio Chip으로 안전하게 전송할 수 있는 거리는 70m 내외이다. 따라서 수백 미터에 이르는 교량 상에서 위와 같은 네트워크를 구현하기 위해서는 앞서 설명한 네트워크를 그림 3과 같이 확장시켜야 한다.

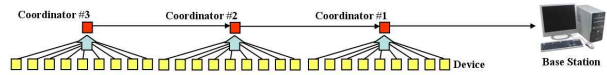


그림 3. 센서 노드 확장
Fig. 3. Extension of Sensor Node

나. 샘플링 동기화

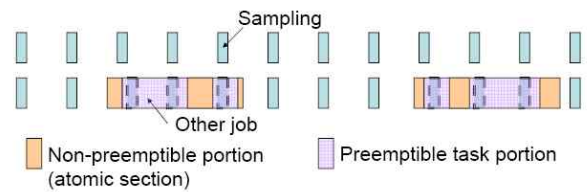


그림 4. Jitter 문제
Fig. 4. Jitter Problem

교량에서 한 상판위에 있는 10~30개의 센서노드들은 샘플링을 수행할 시에 모두 같은 주기로 샘플링을 해야 한다. 하지만 그림 4에서 볼 수 있듯이 여러 요소로 인해서 지속적으로 주기가 어긋나게 된다. TinyOS에서 스케줄러를 사용하여 샘플링을 주기적으로 수행하게 할 수는 있지만 이 스케줄러는 실시간 교량 모니터링 시스템에서 사용해야하는 매우 정밀한 스케줄러 컴포넌트를 제공하고 있지 않다. 따라서 우리는 각 장치들이 정기적으로 싱크노드로부터 비콘을 받아 샘플링 주기를 다시 맞추어서 지속적으로 동일한 주기에 샘플링을 수행하도록 하였다.

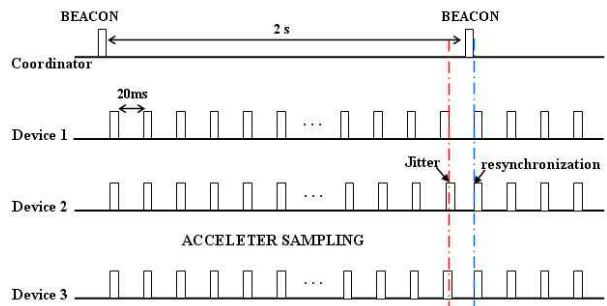


그림 5. Beacon을 통한 센서노드들의 샘플링 동기화
Fig. 5. Sampling Synchronization of Sensor Node by Beacon

그림 5에서 볼 수 있듯이 각 센서노드들은 20ms마다 주기적으로 가속도 센서 샘플링을 수행한다(50Hz로 샘플링을 수행시). 앞에서 언급한 요소들에 의해서 샘플링을 주기적으로 수행하면서 노드2와 3의 주기와 노드 1의 주기가 틀어지게 된다. 싱크노드는 앞에서 언급하였듯이 주기적으로 비콘(Beacon) 메시지를 전송하는데 센서노드들은 비콘 메시지에 의해서 틀어진 주기를 다시 맞추게 된다.

다. 전송 전력 제어

센서 네트워크를 이용한 실시간 교량 모니터링 시스템에서 센서노드들은 배터리에 의해서 구동되고 있다. 배터리의 용량은 한정되어 있으므로 1년 이상 동작하기 위해서는 각 노드들은 데이터를 송수신하는데 최대한 에너지를 적게 써야한다. 전송과위제어는 RF를 통해 데이터를 송신시 파워크기를 조절하여 전송시 소모되는 에너지를 줄이는 방법이다. CC2420 라디오 칩을 이용하여 데이터를 송신시 최대 전력(0dBm)으로 전송하면 17.4mA의 전류를 소비하여야 한다. 0dBm으로 데이터를 전송시킬 수 있는 유효거리는 70~100m이며 이는 목적지 노드가 더 가까울 때 지나치게 큰 영역이 된다. 따라서 전송 파워를 적절히 조정하여 전송시 발생하는 에너지를 줄일 수 있는데 그림 10과 같이 -15dBm으로 전송시 충분히 목적지로 데이터 전송을 수행하면서도 소모되는 전류를 9.9mA로 낮출 수 있다.

III. 교량 모니터링 시스템

1. 교량 모니터링 시스템 설계

가. 시스템 구성도

USN 교량 모니터링 시스템은 세 부분으로 나누어져 있으며, 특정 지역에서 센서들이 수집한 정보를 위험도로 변환하는 것을 목표로 하고 있다. 센서들은 Zigbee 통신을 하는 모듈로 구성되어 센서 네트워크를 구성하고 환경 정보를 수집하는 일을 담당한다. 교량 모니터링 시스템(Structural Health Monitoring : SHM) 게이트웨이는 센서들의 값을 수집하는 서버로서 동작하며, 또한 센서들이 수집한 데이터를 변환하여 유선 이더넷 또는 HSDPA를 통해 인터넷 망에 접속되어 교량 모니터링 서버에 전송하는 역할을 한다. 센서들은 환경 정보 값을 전

기적 신호 세기 값으로 출력을 하는데 센서 모듈의 마이크로 컨트롤러의 ADC를 이용하여 전기적 신호세기를 컴퓨터가 해석 할 수 있는 값으로 변환하여 SHM 게이트웨이에 전송한다. SHM 게이트웨이에 전송된 센서 값은 단순히 디지털화된 센서의 출력이며 이 값은 센서의 특성에 따라 값 변환 과정을 거쳐야 한다. SHM 게이트웨이는 각 센서별로 수집된 값과 센서들의 특성에 따라 값 변환 과정을 거쳐야 한다. SHM는 각 센서별로 수집된 값과 센서들의 ID를 이용하여 값 변환 과정을 거쳐 재난 감시 서버로 전송할 데이터를 만들어 낸다.

그림 6과 같이 교량 모니터링을 위한 센서 망을 구축하고 센서 모듈에서 발생한 데이터는 SHM 게이트웨이를 통해 교량모니터링 서버(BMS)에 전달되고 이 정보는 모니터링 프로그램에 의해 실시간 모니터링이 가능하다.

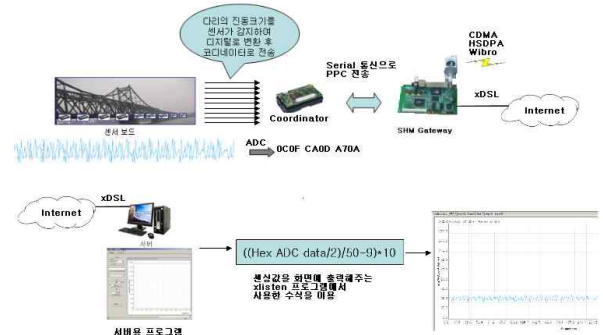


그림 6. 시스템 전체 구성도
Fig. 6. Diagram of System Architecture

나. 교량 모니터링 시스템(SHM) 서버 프로그램

서버 프로그램은 클라이언트가 인터넷망으로 접속할 수 있게 해주며 클라이언트가 보낸 센싱 값을 파일화 하고 분석 디스플레이 해준다.

다. 교량 모니터링 시스템(SHM) 게이트웨이

SHM 게이트웨이는 감시 교량에 설치되어 가속도(진동) 센서 모듈과 Zigbee 통신으로 진동 정보를 전송 받는다. 다수의 센서 모듈과 통신하며 센서 데이터 수집 및 센서 제어를 담당하고 수집된 데이터의 관리와 SHM 서버로의 전송을 한다.

또한 SHM 서버와는 TCP/IP 통신을 하며 유선 이더넷 망과 함께 유선 BcN 망 인프라 설치가 어려운 산간벽지 및 도서지방에서 HSDPA를 이용한 인터넷 접속이 가능하다.

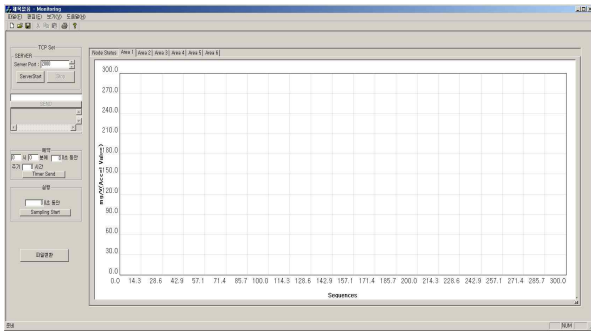


그림 7. 교량 모니터링 시스템 서버 진단 화면
Fig. 7. Diagnosis Picture of Bridge Monitoring System

1) SHM 게이트웨이 시스템 블록도

SHM 게이트웨이 시스템의 CPU로 ADM8668을 사용하였으며 그림 8과 같이 게이트웨이를 설계하였다.

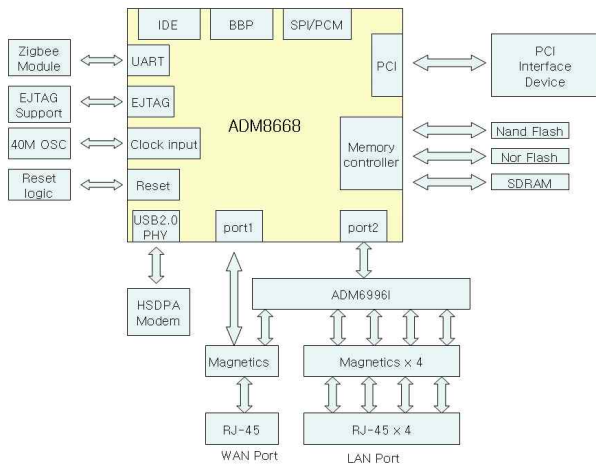


그림 8. SHM 게이트웨이 구성도
Fig. 8. Block Diagram of SHM Gateway

2) SHM 게이트웨이 Software

재난 게이트웨이 시스템의 소프트웨어 구조는 그림 9와 같으며, 리눅스 시스템을 기반으로 하고 있다.

SHM은 네트워킹에 필요한 네트워크 스택과 프로토콜을 포함하고 있어 라우터나 AP로서 동작에 필요한 기능을 갖추고 있다. 외부 DHCP Client 기능으로 외부 망에서 동적 IP 할당 받을 수 있고, 내부망의 동적IP 할당을 위한 DHCP 서버 데몬이 동작한다. miniPCI 타입의 802.11b/g 무선랜 장치를 연결하여 유선망과 함께 내부 LAN을 구성하였고, NTP 를 이용하여 서버와 시간 동기화를 맞춘다.

센서 망 연동을 위한 환경 변수는 재난 감시 프로그램

을 위한 정보를 포함하여 재난 감시 서버의 IP 주소와 Port 번호, 연결되어있는 센서의 ID정보로 구성된다. 이런 정보는 리눅스 내부의 파일로 관리되어 시스템의 부팅시에 이 파일을 참조하여 시스템을 초기화 한다.

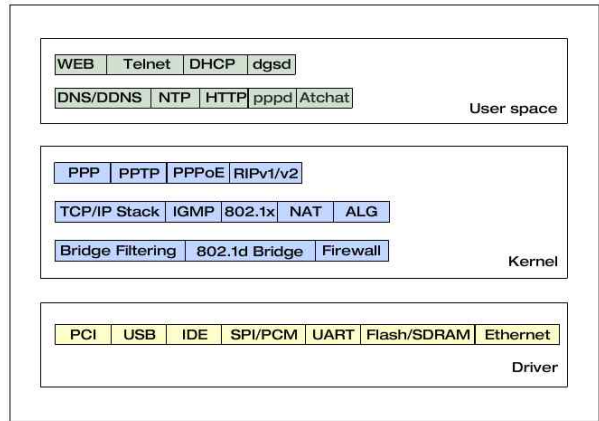


그림 9. 재난 게이트웨이 시스템 소프트웨어 구성도
Fig. 9. Block Diagram of Disaster Gateway System Software

3) 클라이언트 프로그램

클라이언트 프로그램은 센서보드에 명령을 내리는 Coordinator 와 직접 Serial Port로 물려있으면서 서버와 보드사이에 중간 다리 역할을 한다.

클라이언트 프로그램의 주요 기능은 UART를 통한 Serial 통신과 TCP/IP 소켓통신이라고 할 수 있다.

Serial 통신에 관련된 셋팅과 서버의 IP 셋팅은 SHM 게이트웨이에 접속하여 설정할 수 있으며 게이트웨이가 처음 동작하거나 리셋 되어도 자동 접속을 시도하게끔 설정하였다.

2. HSDPA

SHM 게이트웨이는 리눅스 커널 2.4 기반으로 개발하였고, HSDPA 모뎀은 USB 인터페이스를 이용하여 SHM 게이트웨이에 연결 된다.

리눅스 2.4 커널에서 제공하는 표준 USB CDC-ACM 장치 드라이버를 SHM에서 사용하는 HSDPA 모뎀을 지원하기 위하여 다음과 같은 수정을 하였다. 먼저 해당 HSDPA 모뎀장치의 Vender ID와 Product ID를 추가하였고, 인터페이스와 엔드 포인트의 구성을 해당 모뎀의 구성에 맞추었다. 이때 ACM에 해당하는 첫 번째 인터페이스만 사용하고, 두 번째와 세 번째 인터페이스는 사용

하지 않는다. 또한 HSDPA의 다운 스트림 대역폭을 증가시키기 위하여 URB 내부의 버퍼크기를 64KByte에서 512KByte로 조정하였다. URB란 USB Client 드라이버와 USB Core 드라이버 사이에서 송수신 되는 데이터 구조체를 말하며, USB Core 드라이버에 의해 URB 단위로 스케줄링 되어 USB Host Controller로 전송되기 때문에 URB의 내부 버퍼의 크기가 작으면 한번 스케줄링이 일어날 때 전송되는 데이터 크기도 작아져 필요한 대역폭을 확보하기 어렵다. 수정된 소스코드는 타겟 시스템의 툴 체인을 이용하여 크로스 컴파일 하였다. 크로스 컴파일 일을 이용한 Makefile을 작성하여 툴 체인 패스와 라이브러리 링크를 연결하였고, 타겟 시스템 커널 이미지를 빌드 할 때 함께 빌드 될 수 있도록 하였다. 작성한 드라이버의 경우 모듈 형태로도 동작할 수 있고 커널에 빌트인 형태로도 제작할 수 있다. 임베디드 환경에서 드라이버를 제작할 때 드라이버를 모듈형식으로 제작할 것인지 빌트인으로 제작할 것인지 고려해야 한다. 모듈형식으로 제작했을 경우 드라이버 모듈 파일의 위치는 램 디스크와 같은 루트 파일시스템 내부에 위치하여야 하며 커널 부팅이 완료된 후 루트 파일 시스템이 마운트 된 이후에 메모리에 적재되어 편리하지만 커널 이미지의 크기가 증가되는 점이 있기 때문에 타겟 시스템의 환경을 고려하여 제작하여야 한다. 모듈 형식으로 제작되었을 경우 루트 파일 시스템이 마운트 된 이후에 insmod 명령을 통해 드라이버 오브젝트 파일을 메모리에 적재한다. 제작된 드라이버는 TTY 드라이버로 동작하며 장치 파일로 '/dev/ttyACM0'을 사용한다. 응용프로그램에서 이 드라이버를 사용할 때 '/dev/ttyACM0' 파일을 열어서 읽거나 쓰기 작업을 할 수 있고, 읽기 명령을 통하여 모뎀이 전송하는 데이터 스트림을 사용자 프로그램의 메모리 공간으로 복사하고, 쓰기 명령을 통해 사용자 프로그램 메모리 공간의 데이터를 모뎀에 전송하게 된다. 다음은 옵션 파일의 내용이다.

옵션 파일에는 연결에 사용하는 TTY 장치와 속도를 명시하고 Connect 필드는 PPP에 로드인하는 방법을 명시하는데 위의 내용은 로그인 프로그램으로 chat이라는 프로그램을 사용하고 chat 프로그램에 명령줄 인자로 옵션 파일을 넘겨서 동작하는 경우이다.

```

/dev/ttyACM0 115200
modem
connect "chat -f /etc/ppp/login.chat.script"
noipdefault
passive
ipcp-accept-remote
ipcp-accept-local
usepeerdns
defaultroute
    
```

'/etc/ppp/login.chat.script'의 내용은 다음과 같다.

```

"" AT OK
AT+CRM=2 OK
ATDT1501 CONNECT ""
    
```

chat 프로그램은 이와 같은 옵션 파일을 읽어 들여 첫째 줄부터 실행하게 되는데 먼저 'AT'라는 명령을 TTY 장치로 내려 보내게 되고 그에 대한 답으로 'OK'라는 문자를 기다린다. 정상적으로 기대하는 문자가 올라오면 다음 명령을 실행한다. ATDT1501으로 데이터 링크 연결을 시작하는데 SKT 망의 경우 전화 접속 네트워크 전화번호로 '1501'을 사용한다.

acm.o 파일을 커널에 모듈 형태로 추가하고 pppd 프로그램을 실행시켜서 ppp0라는 네트워크 인터페이스가 생성된 것을 확인할 수 있었다.

IV. 실험 및 결과

본 연구에서 제안하고 설계한 센서 네트워크 기반의 교량 모니터링 시스템을 실험하기 위하여 아래 그림과 같이 망을 구성하였다.

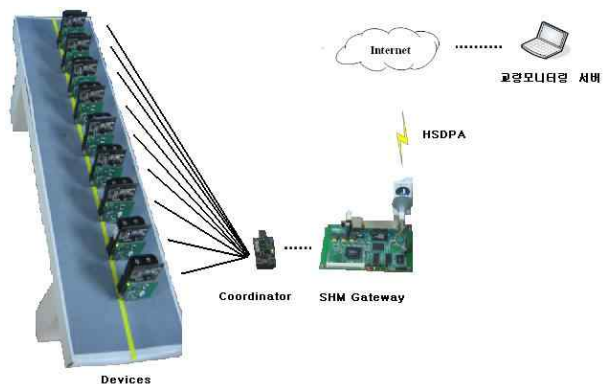


그림 10. 전체 실험 망 구성
Fig. 10. Diagram of Experimental Sensor Network

교량 모니터링 서버는 인터넷에 연결된 공인 IP를 사용하고 SHM 게이트웨이는 HSDPA 모뎀을 사용하여 인터넷에 연결되어 기지국으로부터 사설 IP를 할당 받아 UART Port로 Sink Node(Zigbee Module)를 연결하였다. 센서 노드는 ID를 구분하여 9개를 설치하여 각각 진동 센서의 값을 읽어 들인다.

교량 모니터링 서버 프로그램에 서버 IP를 등록하여 실행시키면 SHM 게이트웨이에서 접속요청이 들어와 이를 수락하고 소켓을 할당한다. 소켓이 할당되어 서버와 게이트웨이와의 데이터 통신 포트가 구축이 되면 출력 창에 'Connection Established'라는 메시지가 출력된다. 서버에서 'Sampling Start'를 실행하면 입력된 샘플링 시간만큼 샘플링 하도록 SHM 게이트웨이에 명령을 내리게 된다. 이를 바탕으로 SHM 게이트웨이는 Coordinator로 입력된 시간만큼 9개의 노드에게 샘플링 지시를 내려 센싱 값을 노드 순서대로 데이터를 입력 받고 이를 게이트웨이의 TCP/IP 소켓을 통해 전달한다. 게이트웨이로부터 전달받은 센싱 값은 노드별로 데이터를 분리하여 그래프로 표현하기 위한 문서 ReceivedRaw.txt 라는 파일로 저장이 되며 전달하는 센싱 값은 아래와 같다.

전달 받은 센싱 값은 문서 파일로 저장된 후 ADC 값을 의미 있는 데이터 값으로 변환하기 위해 아래와 같은 수식을 참조하여 변환된다.

```
ul = (float)(strtol(AddV
alue,NULL,16))/2;
AccelVal = (ul/50-9)*10;
```

다음 그림을 통해 위 수식을 참조하여 변환된 수치가 그래프로 표현됨을 확인 할 수 있다.

파일명	문법	서식	부기	도움말
7E 02 00 01 00 FF 08 0F 07 AD 08 01 00 67 00 65				
7E 01 00 01 00 0F 06 3B 06 1F 06 37 06 4F 06 87				
7E 02 00 02 00 FF 07 AD 08 01 00 67 00 65 00 6F				
7E 01 00 02 00 3B 06 1F 06 37 06 4F 06 87 05 27				
7E 01 00 03 00 1F 06 37 06 4F 06 87 05 27 06 9B				
7E 02 00 03 00 AD 08 01 00 67 00 65 00 6F 06 5F				
7E 02 00 04 00 81 00 67 00 65 00 6F 06 5F 09 3F				
7E 01 00 04 00 37 06 4F 06 87 05 27 06 9B 05 73				
7E 01 00 05 00 4F 06 87 05 27 06 9B 05 73 06 EF				
7E 02 00 05 00 67 00 65 00 6F 06 5F 09 3F 09 1F				
7E 02 00 06 00 65 00 6F 06 5F 09 3F 09 1F 09 DF				
7E 01 00 06 00 87 05 27 06 9B 05 73 06 EF 05 CF				
7E 02 00 07 00 6F 06 5F 09 3F 09 1F 09 DF 08 AF				
7E 01 00 07 00 27 06 9B 05 73 06 EF 05 CF 05 EF				
7E 01 00 08 00 9B 05 73 06 EF 05 CF 05 EF 05 3B				
7E 02 00 08 00 5F 09 3F 09 1F 09 DF 08 AF 07 A9				
7E 02 00 09 00 3F 09 1F 09 DF 08 AF 07 A9 00 85				
7E 01 00 09 00 73 06 4F 06 87 05 27 06 9B 05 73				
7E 01 00 0A 00 EF 05 27 06 9B 05 73 06 EF 05 CF				
7E 02 00 0A 00 1F 09 DF 08 AF 07 A9 00 85 00 6A				
7E 01 00 0B 00 CF 05 EF 05 3B 06 4F 06 87 05 27				
7E 01 00 0C 00 EF 05 3B 06 4F 06 87 05 27 06 9B				
7E 02 00 0C 00 AF 07 A9 00 85 00 6A 00 66 00 66				
7E 01 00 0D 00 6A 00 66 00 66 00 66 00 66 00 66				
7E 02 00 0D 00 A9 00 85 00 6A 00 66 00 66 00 66				
7E 02 00 0E 00 85 00 6A 00 66 00 66 00 66 00 66				
7E 01 00 0E 00 DF 05 EF 05 5F 06 4B 06 CB 05 57				
7E 02 00 0F 00 6A 00 66 00 66 00 53 03 6F 09 3F				
7E 01 00 0F 00 EF 05 5F 06 4B 06 CB 05 57 06 CB				
7E 01 00 10 00 5F 06 4B 06 CB 05 57 06 CB 05 CF				
7E 02 00 10 00 66 00 66 00 53 03 6F 09 3F 09 FF				
7E 02 00 11 00 66 00 53 03 6F 09 3F 09 FF 08 5F				
7E 01 00 11 00 4B 06 CB 05 57 06 CB 05 CF 05 1F				

그림 11. 게이트웨이에서 받은 RAW 데이터
Fig. 11. Row Data have received from Gateway

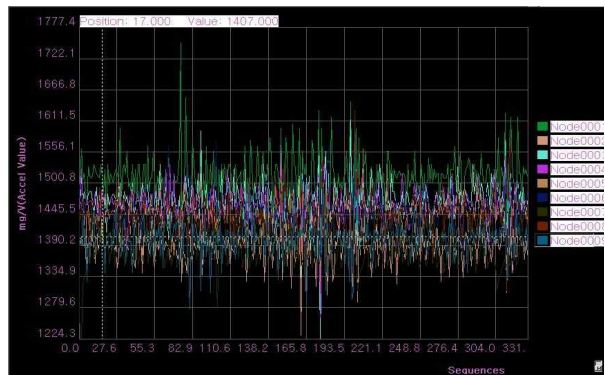


그림 12. 교량 모니터링 서버 동작 화면
Fig. 12. Operating Picture of Bridge Monitoring Server

V. 결 론

본 연구는 USN을 위한 전송 파워제어 알고리즘 중 ODTPC알고리즘을 실제로 구현해 봄으로써 저전력 소비 센서 네트워크를 구현해 보았다. 그리고, 임베디드 시스템 게이트웨이를 사용함으로써 Uart Port를 이용한 Zigbee 센서 노드, MiniPCI를 이용한 무선네트워크, 유선 인터넷망을 이용한 xDSL, USB를 이용한 HSDPA 모뎀 등 여러 인터페이스 이용이 가능하도록 하였다.

Home Server, VoIP 등 보다 향상된 게이트웨이 시스템으로 활용할 수 있는 임베디드 시스템 게이트웨이를 구현하였으며, USB Port를 이용하여 HSDPA를 통해 얻은 센싱 데이터 값을 TCP/IP 소켓을 통해 교량 모니터링 서버에 전달함으로써 양방향 통신을 구축하여 그래프 변환을 하는 전체 시스템을 구현하였다.

앞으로 센서 네트워크에서 제공할 수 있는 다양한 응용의 형태를 분석하고 이를 데이터 중심적인 센서 네트워크의 특징과 결합하여 정확한 정보를 제공하면서 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 센서 네트워크 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] K.H.Jung et al, The Design and Implementation of Real-Time Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks
[2] K. Whitehouse, D.Culler, Calibration Parameter Estimation in Sensor Network 59-67, WSNA'02,

September 2002

[3] 박승창, 남상엽, 류영달, 이기혁, 김완석, “유비쿼터스 센서 네트워크 기술”, 진한 M&B, 2005.9

[4] Ian F. Akyilgiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, A Survey on Sensor Networks, IEEE Communications Magazine, pp.102-144, Aug.2002

[5] Chien-Chung Shen, Chavalit Srisathapornphat, and Chaiporn Jaikaidee, Sensor Information Networking Architecture and Applications, IEEE Personal Communications, pp.52-59, Aug.2001

[6] Philip Levis, and David Culler, Mate: A Tiny Virtual Machine for Sensor Networks, In Proceedings of the Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, 2002

[7] Chalermak Intanagonwiwat, Ramesh Govindan and Deborah Estrin, Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for sensor networks, MOBICOM 2002

[8] W.R. Heizelman et al., "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobicom' 99, 1999, pp.174-185

[9] K. Sorabi et al., "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal Communication, Vol.7, No.5, 2000, pp.16-27

[10] Wendi B. Heinzelman et al., "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol.1, No.4, Oct. 2002, pp.660-670

[11] Arati Mangeshwar et al., "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. Second Int' l Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless and Mobile Computing, 2001

저자 소개

이 성 화(정회원)



- 1989년 건국대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 1991년 건국대학교 전자공학과 석사 졸업.
- 1998년 건국대학교 대학원 전자공학과 박사학위
- 2009년 현재 제주한라대학 정보통신과 교수.

<주관심분야 : RFID/USN, 정보보안, 제어시스템>

김 진 태(정회원)



- 1991년 건국대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 1993년 건국대학교 전자공학과 석사 졸업.
- 1999년 건국대학교 대학원 전자공학과 박사학위
- 2009년 현재 건국대학교 정보통신대학원 겸임교수 및 (주)파이브텍 대표이사.

<주관심분야 : 원격감시 및 제어시스템, 자기장 및 센서 네트워크>

전 민 석(정회원)



- 2006년 경희 사이버대학교 정보통신학과 학사 졸업
- 2008년 건국대학교 정보통신 대학원 석사 졸업
- 2009년 현재 (주)테스콤 개발부 하드웨어 전기팀장

<주관심분야 : 제어시스템 및 RFID/USN>

이 안 규(정회원)



- 1996년 대전산업대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 2004년 충북대학교 정보통신공학과 석사 졸업.
- 2008년 충북대학교 대학원 정보통신공학과 공학박사 수료
- 2009년 현재 한국수자원공사 (K-water)에 근무중.

<주관심분야 : 계측제어시스템 및 USN기반센서네트워크>