
건물 환경 최적화를 위한 무선 센서 네트워크 구현에 대한 연구

정성부* · 김주웅**

A study for implementation of wireless sensor network to optimize building environment

Sung-boo Chung* · Joo-woong Kim**

이 논문은 2008년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음

요 약

유비쿼터스 환경에서 가장 핵심적인 기술은 RFID와 USN이다. RFID는 사물에 고유한 정보가 입력된 태그를 부착하고, 리더를 통해 그 정보를 읽고, 기존의 네트워크망과 연계하여 모든 정보시스템과 통합하여 사물의 정보를 인식하는 기술이다. USN은 각종 센서에서 수집한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. USN의 핵심요소는 무선 센서 네트워크 기술이며, 이는 온도, 소리, 진동, 압력, 움직임 등의 환경 조건을 감지할 수 있는 장치가 여러 위치에 분산되어 있는 무선 네트워크이다.

본 논문에서는 병원, 백화점과 같은 대형건물 뿐만 아니라 일반 주택 건물의 내·외부 환경을 최적화하기 위해 무선 센서 네트워크를 구현하고 이를 이용하여 환경 모니터링을 하는 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

RFID and USN are major technology in Ubiquitous. RFID is an automatic identification method, relying on storing and remotely retrieving data using devices called RFID tags or transponders through RFID reader. USN is wireless sense network and monitoring environment conditions that is temperature, noise, pressure, oscillation.

In this paper, we propose wireless sensor network system that is monitoring to optimize environment conditions.

키워드

무선 센서 네트워크, USN, 유비쿼터스, Remote sensing, Environment monitoring

I. 서 론

인류는 초기 수렵사회에서 농경사회를 거쳐 18세기 말 산업혁명을 계기로 산업화 사회를 맞았다. 이후 1980 년대에 들어 컴퓨터 산업이 발달하면서 정보화 사회가 되었고 현재에 이르게 되었다. 이제 인류사회는 유비쿼 터스 시대를 맞이하고 있다.

유비쿼터스는 시간과 장소에 상관없이 자유롭게 네 트워크에 접속할 수 있는 환경을 말한다. 유비쿼터스 환 경은 네트워크를 통해 통신하며 지능화, 자율화되어 생 산, 유통, 물류 등의 경제활동, 서비스, 의료, 요양 등의 복지서비스, 그리고 환경서비스 등을 통해 인류의 삶을 더욱 윤택하게 해주는 것으로 많은 연구가 이루어지고 있으며 현실화되고 있다.

유비쿼터스 환경에서 중요한 두 가지 기술은 RFID와 USN이다. RFID는 Radio Frequency IDentification의 약자 로 사물에 고유한 정보가 입력된 태그를 부착하고, 리더 를 통하여 이 정보를 읽고, 기존의 인공위성이나 이동통 신망, 인터넷 망과 연계하여 모든 정보시스템과 통합하 여 사물의 정보를 인식하는 기술이다. RFID 기술은 생 산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 정보를 담고, Ubiquitous Computing Sensor 기술로 전 세계적인 기술발 전이 진행되고 있다.

USN은 Ubiquitous Sensor Network의 약자로 각종 센 서에서 수집한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성 한 네트워크를 말한다. 무선 센서 네트워크는 USN의 핵 심요소로서 온도, 소리, 진동, 압력, 움직임 등의 환경 조 건을 감시할 수 있는 장치가 여러 위치에 분산되어 있는 무선 네트워크이다. 이를 이용하면 환경이 열악한 곳에 간편하고 저렴한 비용으로 실시간으로 발생된 상황 데이 터를 수집 및 분석하여 즉각적인 상황대처와 사용자가 원하는 환경의 조건을 효율적으로 수행할 수 있게 된 다. 특히 고층빌딩이나 유독성 물질을 취급하는 곳, 화재 의 위험이 많은 곳에는 위험한 상황에 대한 대비를 사람 이 일일이 대처하기 어려운 경우가 많다. 여기에 사람대 신 무선 센서 네트워크 기술을 이용할 경우 실시간으로 상황 데이터를 수집할 수 있어 화재와 같은 위험한 상황 에 대한 대처가 용이하며 인명피해도 최소화 할 수 있 다.[1-3]

본 논문에서는 건물의 내·외부 환경을 최적화하기 위 해 무선 센서 네트워크를 구현하고 이용하여 환경 모니 터링을 하는 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 센서 노드(sensor node)를 통해 주변 환경의 정보를 수집하고, 무선 네트워크를 통해 수집된 정보를 서버로 전송한다. 이렇게 수집된 정보는 서버에서 처리되어 주변 환경을 최적화하기 위해 모니터링 된다. 제안한 시스템은 병원 이나 백화점과 같은 대형 건물의 환경이나 일반 가정의 환경을 최적화하는데 이용할 수 있다.

II. 센서 노드

건물의 외부 환경 조건은 센서 노드를 통해 정보를 수 집한다. 센서 노드들은 하나 이상의 센서(온도, 소리, 빛, 가속도, 자기장, 습도, 조도 등등), 액츄에이터, 마이크로 콘트롤러, 수십 KB 크기의 EEPROM, 수 KB의 SRAM, 수백 KB 크기의 플래시메모리, 근거리 통신 모듈로 구 성된다.

센서 노드로 사용되는 하드웨어 플랫폼은 MoteIV에 서 개발한 Telos(rev.a)를 기반으로 하여 국내 전자부품 연구원에서 제작한 TIP50C을 사용하였다. TIP50C는 Texas Instrument 사의 msp430 마이크로컨트롤러를 장착 하여 mica 계열보다 높은 에너지 효율을 가지고 있으며, 통신모듈은 Chipcon사의 CC2420을 사용한다. 센서는 습도 온도센서 SHT1x, 빛센서 S1087-xx를 장착하고, USB를 이용하여 시리얼 통신을 한다. 그림 1은 TIP50C 모듈이고 사양은 표 1과 같다.[4]

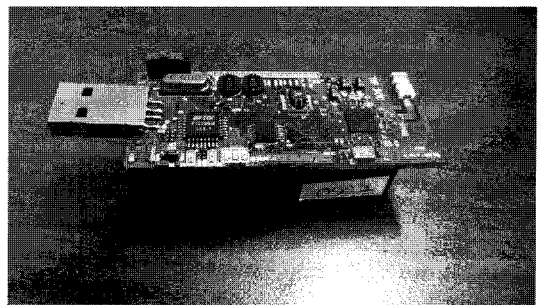


그림 1. TIP50C 모듈
Fig. 1 TIP50C module

표 1. TIP50C 사양
Table. 1 Specification of TIP50C

Item	Description
Processor	TI MSP430, 16bit RISC, 8MHz
Memory	256KB Program Flash
OS	TinyOS
Radio	Chipcon CC2420 2.4GHz
Data Rate	250Kbps
Sensor	Temperature, Humidity, Light
Network	Multi-hop & Ad-hoc
Interface	USB(UART)
Size	68×29mm
Power	3.0~3.3V
Range	70m in lab

III. TinyOS

센서 노드는 마이크로 컨트롤러를 내장하고 있는 소형 컴퓨터 시스템으로 볼 수 있다. 센서 노드를 이용하여 수집된 정보는 빠르고 신뢰성 있게 서버에 전송해야 한다. 그러므로 데이터 패킷의 충돌을 최소화 하면서 패킷들을 통제할 수 있는 소형의 OS가 필요하다.

또한 센서 노드는 일반적인 컴퓨터와는 달리 수십 KB 크기의 작은 저장 공간과, 최초의 전력 공급으로 가능한 오래 데이터를 추정해야만 하므로 제한된 자원의 범위 내에서 동작해야만 한다. 제한된 용량의 EEPROM에 다운로드 되고 동작하여야 하므로, 프로그램의 사이즈가 작아야 하며, 전력소모가 적어야 한다. 각 센서 노드 사이에 저 전력 통신을 제공하면서도 프로세스와 메모리를 효과적으로 관리할 수 있도록 설계 되어야만 한다.

이와 같은 조건을 충족하고 센서 네트워크와 같은 소형 임베디드 네트워크 시스템들을 위해 미국 버클리 대학에서 TinyOS를 창안했다. TinyOS는 이벤트 기반의 어플리케이션, 소형의 코어 OS(400byte 정도의 코드), 작은 데이터 메모리를 갖는 초소형 용량의 OS이다. 특히 무선 센서 네트워크에서의 매우 중요한 문제인 저전

력에 초점을 맞추어 이벤트가 발생하였을 경우에만 하드웨어가 동작하게 하는 이벤트 구동 방식을 취하고 있다. 이는 무선 센서 네트워크를 동작시키기 위해서 필요한 세 가지 중요한 인터럽트인 타이머, 센싱, 통신의 세 가지 인터럽트가 발생되었을 경우에만 하드웨어가 동작하게 하고 나머지 시간에서는 슬립모드로 전환함으로써 전력 소비를 최소화 시키고 있다. 그리고 TinyOS는 재사용 가능한 소프트웨어 컴포넌트 기반의 운영체제라는 점이 있다. 소프트웨어 컴포넌트들의 입출력 인터페이스를 연결함으로써 응용프로그램이 작성되며, 각 컴포넌트들은 뿔선 te machine의 State들을 이루고 있다. TinyOS의 소프트웨어 동작은 하드웨어 동작과 유사한 면이 있어서 적은 양의 부가처리와 논블록킹 특성을 지닌다.

TinyOS는 nesC라는 컴파일러를 이용하여 프로그래밍되며, java를 사용한 어플리케이션이 TinyOS 내의 도구로서 포함되어 있다. nesC를 사용하기 때문에 소스코드의 재사용성이 높다. 그림 2는 TinyOS의 동작을 나타낸 것이다.

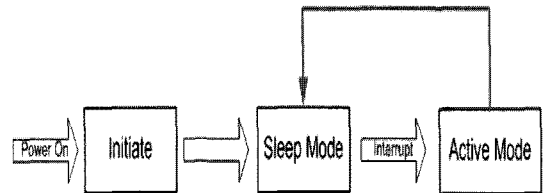


그림 2. TinyOS의 동작 블록 다이어그램
Fig. 2 Block diagram of TinyOS operation

TinyOS의 Application 구조는 그림 3에서 Application 부분만 개발자가 구현하고, 나머지 부분들은 TinyOS에서 제공하는 구조로 되어 있다. 개발자는 Main 과 하부의 기능들을 서로 연결하는 방식으로 Application을 구성하게 된다. 이 방식은 시스템 레벨의 기능들을 라이브러리화하여, 재사용 가능하게 할 수 있는 장점이 있으며, 개발자가 직접 입력하는 코드의 길이를 줄일 수 있다.[5]

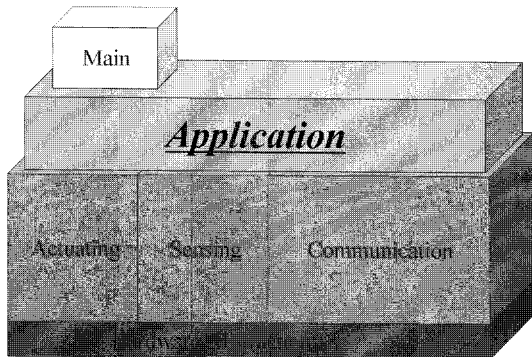


그림 3. TinyOS application의 기본 구조
Fig. 3 Basic structure of TinyOS application

IV. 시스템 구현 및 실험

건물 환경의 최적화를 위해서 건물의 내·외부 환경의 정보를 수집하고 이를 서버에 전송하고 모니터링 하는 시스템을 그림 4와 같이 구성한다.

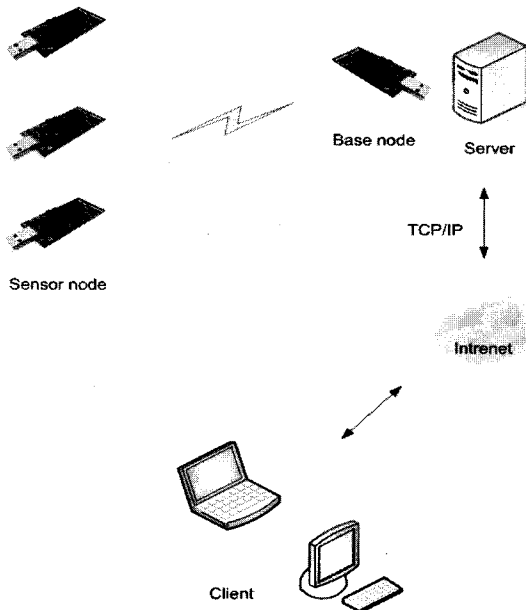


그림 4. 시스템 구성
Fig. 4 System configuration

1. 센서 노드

본 실험에서는 그림 1의 TIP50C 센서 노드를 베이스 노드로 1개, 측정용 센서 노드로 2개를 사용하여 실험하였다. 각 센서 노드는 0~5번까지의 6개 채널을 사용하며, 0-습도, 1-온도, 2-조도(TSR), 3-조도(PAR), 4-Internal Temperature, 5-Internal Voltage의 채널로 나뉘어져 있다.

베이스 노드와 센서 노드 사이에는 TinyOS를 이용하여 통신한다. 이를 위해 베이스 노드에는 TinyOS의 응용 프로그램인 TOSSBase 프로그램을, 2개의 센서 노드에는 Oscilloscope 프로그램을 다운로드 시켜서 동작하게 하였다. TOSSBase 프로그램은 수집된 데이터를 컴퓨터의 시리얼 포트에 보내주는 응용 프로그램이고, Oscilloscope 프로그램은 센서를 통해 데이터를 수집하는 프로그램이다. 이 때 센서 노드는 10초마다 한 번씩 데이터를 측정하여 전송하도록 설정하였다.

2. 서버

서버는 2가지 프로그램을 이루어져 있다. Receiver For Sensing Data 부분과, Apache Server로 구성되어 있다.

센서 노드로부터 데이터를 수신한 서버는 인터넷에 접속한 클라이언트가 확인할 수 있도록 하기 위해 아파치 서버 프로그램을 설치하고 PHP를 이용할 수 있도록 설정한다. 클라이언트는 서버에 접속하여 원격지의 환경 정보를 수신하고 데이터를 표시한다.

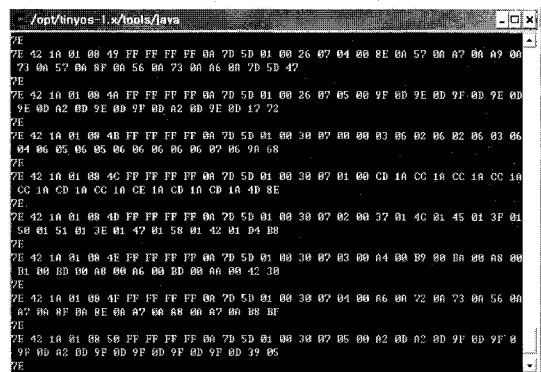


그림 5. 측정 데이터 패킷
Fig. 5 Measured data packet

센서 노드에서 Oscilloscope 프로그램을 실행하고 베이스 노드에서 TOSSBase 실행하면 그림 5와 같이 각각의 센서 채널 별로 10개의 데이터를 전송한다. 전송된 데

이더는 평균을 취해서 TCP/IP 패킷으로 변환하여 클라이언트에 전송한다.

그림 6은 Receiver For Sensing Data 프로그램의 실행 화면으로서, COM 포트에 센서 노드에 할당된 포트 번호를 넣고 연결 버튼을 누르게 되면 센서 노드로부터 데이터를 받아들이게 된다.

센서 노드와 컴퓨터의 시리얼 포트의 연결에서는 RS-232로 데이터가 들어오면 윈도우즈는 'wm_char+값'라는 이벤트를 발생시킨다. 이 이벤트가 발생하면, TestSNDlg.cpp의 OnReceiveData 함수가 호출되어 실행되게 된다.

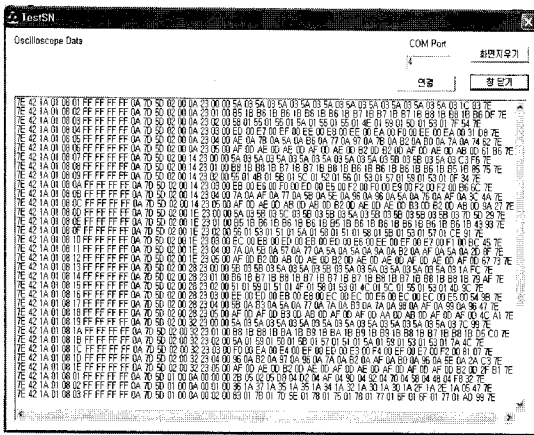


그림 6. Receiver For Sensing Data 프로그램의 실행 화면
Fig. 6 Execute picture of Receiver For Sensing Data program

OnReceiveData 함수에서는 들어온 raw 데이터를 해석하여 센서 노드 ID 4bit + 채널 4 bit + 데이터 4bit의 패킷을 만든다. 이 패킷을 바탕으로, 각 센서 노드 ID와 채널별로 데이터 값을 분류하고 출력파일들을 생성하게 된다. 각 출력파일에 저장된 값은 표 2와 같다.

표 2. 출력파일에 저장된 값
Table. 2 Saved data of each output file

파일명	저장된 값
output	생성된 모든 패킷 데이터
output_00	생성된 모든 패킷 데이터를 십진값으로 출력
output_01	센서 노드 ID 01의 모든 패킷 데이터
output_02	센서 노드 ID 02의 모든 패킷 데이터
Chan01_0 ~ Chan01_5	센서 노드 ID 01의 각 채널별 출력 값, 매번 갱신되어 1개 값만 나타난다.
Chan02_0 ~ Chan02_5	센서 노드 ID 02의 각 채널별 출력 값, 매번 갱신되어 1개 값만 나타난다.
Chan_01_0 ~ Chan_01_5	센서 노드 ID 01의 각 채널별 출력 값, 마지막 줄에 추가되며, 시간정보를 붙임
Chan_02_0 ~ Chan_02_5	센서 노드 ID 02의 각 채널별 출력 값, 마지막 줄에 추가되며, 시간정보를 붙임

그림 7에서 보여지는 클라이언트 프로그램은 HTML, Java Script, PHP로 구현하였다. 서버의 IP 주소와 그림 8과 같이 각각의 센서 노드, 각 노드의 채널을 선택할 수 있는 드롭다운 메뉴가 있다.

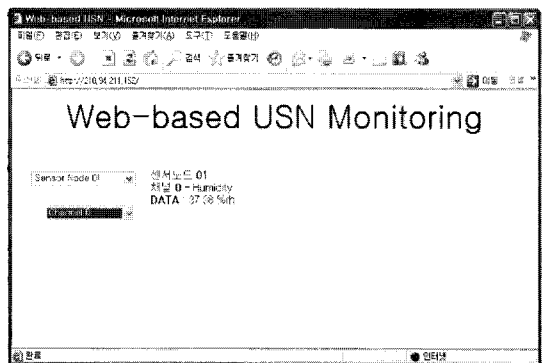


그림 7. 클라이언트 프로그램
Fig. 7 Client program

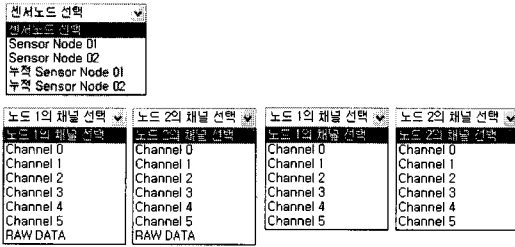


그림 8. 드롭다운 메뉴
Fig. 8 Dropdown menu

동일한 조건하에서 조도를 측정하고 이를 클라이언트 프로그램으로 확인한 결과가 그림 9에 나타나 있다.

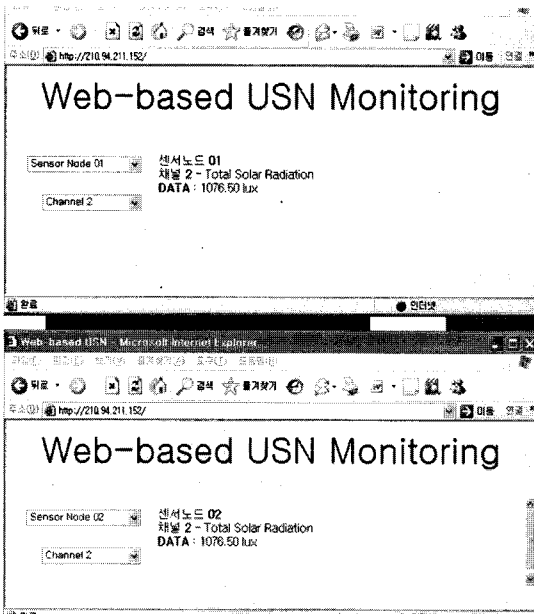


그림 9. 측정된 조도 데이터의 결과
Fig. 9 Result of a measured data of intensity of illumination

V. 결 론

본 논문에서는 건물의 환경을 최적화하기 위해 무선 센서 네트워크를 구현하고 이용하여 환경 조건을 모니터링 하는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 센서

노드가 측정한 데이터를 Receiver For Sensing Data 프로그램을 통해 수집하고 분류하고 값을 변환시켜 출력파일을 생성한다. 생성된 출력파일은 각각의 노드, 채널별로 다른 파일에 저장된다. 그 저장된 파일들을 PHP를 통해 웹 페이지로 보여주는 방법이었다.

센서 노드가 측정하여 넘겨준 데이터를 각 센서 노드 ID와 채널 값에 따라 분류하여 파일로 출력하였다. 각각의 출력 값들은 조건에 따라 가장 최근의 값만을 가지고 있는 파일과 누적된 결과 값을 가지고 있는 파일들로 구분하였고, 이를 PHP를 이용하여 웹에서 확인 할 수 있었다.

10초 단위로 최종 데이터 수집 시간이 바뀌는 것을 알 수 있었으며, 센서 노드에 외부에서 변화를 주었을 때 (동일한 장소에 센서 노드를 설치하고 한쪽 센서 노드의 조도 센서를 가렸을 때) 양쪽의 결과가 다르게 출력되는 것을 볼 수 있었다. 이것을 통해 외부의 환경 변화에 따라 센서가 보내는 값을 실시간으로 수집하여 웹으로 모니터링 할 수 있다는 것을 볼 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 서일대학 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계기관에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] Imad Mahgoub and Mohammad Ilyas, Sensor network protocols, CRC, 2006
- [2] Mahgoub, Smart Dust: Sensor Network Applications, Architecture, and Design, Taylor & Francis, 2006
- [3] Wireless Sensor Networks, Feng Zhao & Leonidas Guibas, Morgan Kaufmann, 2004
- [4] <http://www.maxfor.co.kr>
- [5] <http://www.tinyos.net>

저자소개



정성부(Sung-boo Chung)

동국대학교 전자공학과 공학박사
서일대학 컴퓨터전자과 교수

※ 관심분야: 인공지능, RFID, USN, 무선센서네트워크



김주웅(Joo-woong Kim)

동국대학교 전자공학과 공학박사
유한대학 전자정보과
강의전담교수

※ 관심분야: RFID, 무선센서네트워크, 스마트그리드