

USN을 적용한 강의실 조명 전원 관리 시스템

하은용*, 홍성모, 이은철, 최현진, 손 혁
안양대학교 컴퓨터공학과
eyha@anyang.ac.kr

Classroom Power Management System using USN technology

Eun-Yong Ha*, Sung-Mo Hong, Eun-Chul Lee,
Hyun-Jin Choi, Hyuk Son
Dept of Computer Engineering, Anyang University

요 약

CPMS(Classroom Power Management System)는 유비쿼터스 센서네트워크 기술을 적용한 층별 강의실 조명 전원을 관리하는 시스템이다. 강의실에는 조도를 센싱하는 모트와 조명 전원을 제어하는 모트가 설치되어 있어, 주기적으로 센서 데이터 및 강의실 전원 상태를 주기적으로 CPMS 서버에 보고한다. CPMS 서버는 베이스 모트를 통해 각 강의실의 방의 제어 모트들과 통신하고 전원을 제어하고 윈도우즈 GUI 소프트웨어를 통해 모트의 상태를 표시하고, 강의실 사용에 대한 스케줄을 입력하여 관리한다. 본 논문에서 CPMS는 모트간의 통신은 IEEE 802.15.4/Zigbee 모듈을 사용하여 구현했고, 서버 소프트웨어는 윈도우즈 시스템을 기반으로 C# 언어와 MS SQL Server로 구현하였다. 본 시스템은 장치들 간의 통신이 모두 무선으로 이루어지므로 설치가 쉽고, 유선 공사에 드는 비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라 유선 공사가 난감한 기존 빌딩에서도 구축할 수 있는 장점이 있다.

1. 서 론

CPMS(Classroom Power Management System)는 층별 강의실 조명을 관리하는 시스템을 말한다. 대학교에 강의실의 조명 관리 실태를 살펴보면 강의가 없는 시간대에 조명이 켜져 있거나 자연광으로도 충분히 밝기를 유지할 수 있는데도 불구하고 조명을 불필요하게 사용하는 경우를 많이 발견하게 된다.

전력을 절약하기 위한 방안으로 관리자를 투입, 조명 소등 여부를 확인하는 방법과 전력 관리 시스템을 도입해 설치 운영하는 방법이 있다. 전자는 사람이 일일이 각 강의실을 돌면서 관리해야 하므로 효과적이지 못하며, 유선으로 전력 관리하는 시스템을 설치 운영하려면 별도의 배선 공사와 부가 장치들을 개발 설치하는 비용을 감수해야 한다. 따라서 무선으로 관리할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

유비쿼터스 정보 통신 기술의 발달로 이제는 무선 통신 기술인 IEEE 802.15.4/Zigbee 표준을 지원하는 RF 모듈들이 상용으로 보급되고 있고, 또한 센서 기술이 발달되어서 온도, 온도, 습도, 장력, 가속도, 속도, 체온, 인체 움직임, 유해 가스 등과 관련돼서 센서 모듈이 개발 보급되고 있고, 저전력 마이크로프로세서와 그에 운영되는 실시간 저전력 운영체제가 연구 개발되어 이제는 저비용으로 USN

기반의 무선 응용 서비스를 개발 보급할 시대가 되었다.

따라서 본 논문에서는 앞에서 지적인 문제를 해결하는 방법으로 온도 감지 센서, RF 모듈, 저전력 마이크로프로세서 등이 탑재된 명함 크기의 모트를 개발하고, 이를 운영하는 TinyOS[1] 기반의 디바이스 드라이버 및 센싱 데이터 수집 처리 소프트웨어를 작성해서 강의실 조명 전원 관리에 적용함으로써 전력 소비를 줄이는 CPMS의 프로토타입을 개발하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 PAN 통신 표준에 대해 간단히 기술하고, 3장에서는 CPMS 설계에 대해서 설명하고, 4장에서는 모트 구현에 대해 설명하고, 5장에서는 CPMS 응용 소프트웨어 실행 예를 보이고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 대표적인 무선 PAN 기술

2.1. UWB (UltraWideBand)

통신을 위해 펄스를 이용하는 방법은 무선 통신 개발 초기부터 연구되었지만, 최근까지도 UWB에 관한 연구 및 활용은 규제에 의해 주로 군사용 레이더에 한정되었다. 그러나 2002년 2월 미국의 FCC가 -41.3dBm/MHz 이하의 펄스를 전송하는 조건으로 상업적 용도의 UWB 사용을 허가하면서, 본격적인 UWB 기술 개발이 촉발되었다. 현재 IEEE 802.15.3a에 UWB 표준화 워킹그룹이 설립되었으며,

산업 촉진을 위한 단체인 WiMedia, UWB 표준 관련 이익 단체인 MBOA(Multiband OFDM Alliance), Wireless USB Promoter Group 등이 UWB 기술 개발을 적극 지원하고 있다.

2.2. ZigBee

ZigBee[2]는 센서 네트워크와 같은 버티컬 애플리케이션 영역에서 경쟁력 있는 단거리 무선 통신 기술로 각광을 받을 전망이다. ZigBee는 저전력 ZigBee 송수신기를 센서(동작, 빛, 압력, 기온, 습도)와 결합하여 대규모 센서 네트워크를 구성할 수 있게 해주는 기술이다. 예를 들어, 빌딩 관리인은 빌딩 내 조명/화재감지/냉난방 시스템 등에 ZigBee를 도입함으로써 관리실이 아닌 휴대용 장치로도 원격으로 빌딩 시스템 관리 및 제어 작업을 수행할 수 있다. 또한 병원의 환자는 자신의 신체에 ZigBee 장치를 장착하여 신체 상태 및 건강도를 센서가 주기적으로 측정하여 무선으로 진단 정보를 서버에 전달할 수 있다. 이렇듯 ZigBee는 산업·가정·의료·군사 등 다양한 애플리케이션으로 자동화된 센서 네트워크를 창조하는데 활용될 전망이다.

ZigBee의 가장 큰 특징은 저렴한 가격으로 무선 송수신 회로의 구성을 단순화하여 칩셋 가격을 1.5 달러 정도로 하는 것을 지향하고 있다. Bluetooth가 1Mbps, 1mW 이상의 송신 전력을 갖는데 반해 ZigBee는 250kbps, 1mW 미만의 송신 전력을 사용하고, 2.4GHz 주파수 대역에서 16 채널을 지원하여 같은 대역 내에서 더 많은 노드를 수용할 수 있다. 또한 RF 링크 프로토콜과 사용자 애플리케이션 실행 코드 사이징이 작고, 통신 모드가 송/수신 활동이 필요한 경우에만 sleep 모드에서 활동 모드로 변경하는 방식을 채택하여 전력소모를 극소화 하였다. 또한 네트워크를 스스로 구성할 수 있는 Ad-hoc Network[3]기능도 포함되어 있다.

3. 강의실 조명 전원 관리 시스템 설계

3.1. 적용 환경 및 모드 배치

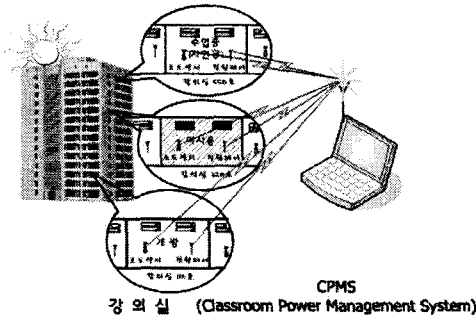


그림 1. CPMS 적용 환경

(그림 1) 과 같이 강의동 빌딩에 각 강의실에 설치된 각 센서모드로부터 수집된 데이터를 처리하여 전체 강의실의 조명 전원을 관리하는 CPMS 서버로 구성된다. 구체적으로 보면 (그림 2) 과 같이 강의실에는 조도를 센싱하는 조도 센서 모드(SPM)와 전원 제어 모드(SWM)가 설치되고,

각 모드는 Zigbee RF 모듈이 탑재되어 있다. 복도에는 중계모드(FSPM)가 설치되어 센서 네트워크를 구성한다. CPMS 서버에는 베이스 모드(BM)가 연결되고, 전체적인 조명을 관리하는 GUI 소프트웨어가 운영된다. 센싱된 데이터 및 강의실의 상태는 주기적 또는 명령에 따라 모드들로 구성된 무선 애드혹 센서 네트워크를 통해 전달된다.

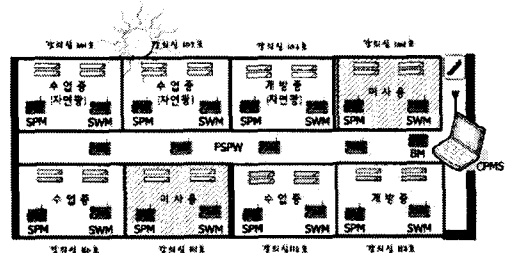


그림 2. 모드 배치도

3.2. 모드간 메시지 흐름

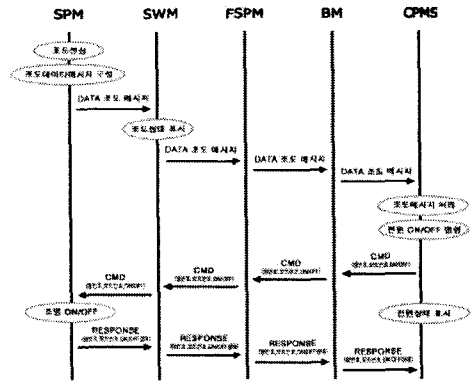


그림 3. 모드간 메시지 흐름도

센서 네트워크상에서 각 모드들 간에 전달되는 메시지의 흐름은 (그림 3)과 같다. 센서모드(SPM)는 현재 강의실의 조도값을 TOS메시지 형식에 맞게 메시지를 구성해서 전원 제어모드(SWM)로 전송한다. 전원제어모드는 수신된 메시지를 분석, 7-세그먼트에 조도 값을 표시하고 수신된 메시지를 복도에 설치된 중계모드(FSPM)로 전송한다. 중계모드는 베이스모드(BM)까지 가는 경로사이에 중계모드가 있을시 근접한 중계모드를 거쳐 베이스모드까지 메시지를 전송한다. 베이스 모드는 RS232를 통해 CPMS 프로그램에 데이터를 전송하고, CPMS 프로그램에서는 수신된 메시지를 분석, 윈도우즈 화면에 표시한다. CPMS의 전원 관리 기능은 수동 방식과 자동 방식이 있다. 수동 관리의 경우 관리자가 강의실의 상태를 보고 전원 ON/OFF 명령을 내린다. 전원 제어 명령은 CPMS로부터 역경로로 RS232를 통해 베이스모드로 메시지를 보내고 베이스모드는 중계모드, 전원제어모드 순으로 메시지를 전송하며 전원제어 모드에서는 명령어를 분석 해당 모드로 명령어를 전달한다. 명

령을 받은 센서모드에서는 전원을 ON/OFF 시킨다. 명령을 실행한 센서모드는 현재 상태를 다시 전원제어모드, 중계모드, 베이스모드, CPMS 순으로 전달하게 된다.

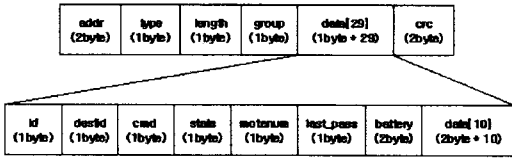


그림 4. 메시지 구조

전달되는 메시지의 구조는 (그림 4) 과 같다. 메시지의 전송 방향을 설정한다. addr 필드는 메시지의 전송 방향을 설정한다. 값이 TOS_UART_ADDR(0x007e)이면 메시지를 UART 로 전송되고, TOS_BCAST_ADDR(0xffff) 이면 Zigbee 모듈을 통해서 무선으로 방송된다. payload 부분의 id 와 destid는 모드 식별자 필드다. cmd 필드는 모드에서 처리할 명령 필드로 조명 전원의 ON/OFF 기능을 설정하는데 값이 0x00은 수동 OFF, 0x01은 수동 ON, 0x10은 자동 OFF, 0x11은 자동 ON 이다. 나머지 필드에 대한 정의는 지면 관계 상 생략한다.

3.3. 조명 전원 제어 모드 설계

조명 전원 제어 모드의 구조는 (그림 5)과 같다. 마이크로프로세서 ATmega128L, 전원 제어 모듈, Chipcon 2420 RF 모듈과 외부 연결 인터페이스들로 구성된다. 모드를 구동시키는 소프트웨어는 저전력 운영체제인 TinyOS를 기반으로 구성 소자관련 디바이스 드라이버와 애플리케이션 부분으로 구성되어 운영체제가 포함된 실행 이미지로 컴파일 제작되어 외부 인터페이스를 통해 모드의 플래쉬 메모리에 다운로드되어 설치되고 실행된다.

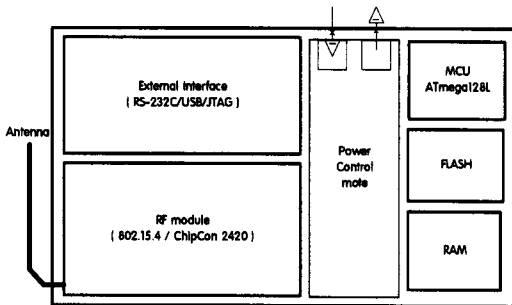


그림 5. 조명 전원 제어 모드 구조

센서 모드 및 조명 전원 제어 모드에 설치될 TinyOS 기반 소프트웨어는 Linux 시스템 또는 윈도우즈에서 센서 네트워크 개발 프로그래밍 언어인 nesC 를 이용해서 개발한다. (그림 6)와 같이 컴파일된 이미지파일에는 기본 TinyOS 운영체제 기능과 하드웨어 디바이스 드라이버가 포함되고, 조도 데이터 메시지를 생성하고 전송하는 응용 모듈과 FPMS에서 전달된 전원 제어 명령을 실행해서 조명 전원을 제어하는 모듈로 구성된다.

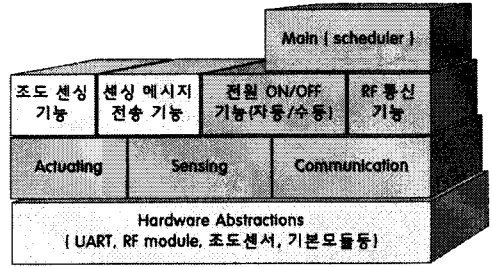


그림 6. 모드 구동 소프트웨어 구성

조도 센서 기능까지 갖는 조명 전원 제어 모드는 (그림 7) 과 같은 절차대로 수행한다. 발생한 이벤트가 조도 정보인 경우 조도 data 영역에 저장하고, 조도 데이터를 10 단위로 묶어서 전송한다. 수신된 메시지가 명령인 경우 cmd 필드 값에 따라 조명 전원을 ON/OFF 하고, 상태(stats)를 저장하고 CPMS 로 보고한다.

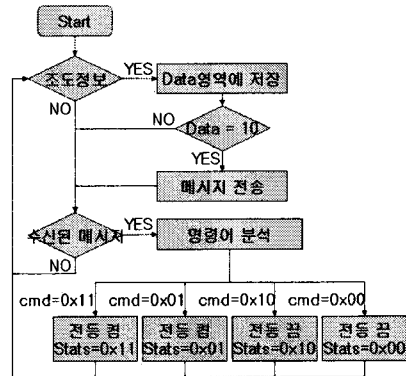


그림 7. 조명 전원 제어 모드 프로그램 순서도

센서 모드, 중계 모드 및 베이스 모드에 대한 설계는 지면 관계상 생략한다.

3.4. CPMS 서버 응용 소프트웨어 구성

CPMS는 RF 모듈이 탑재된 일반적인 서버역할을 하는 컴퓨터 시스템에서 개발 운영된다. 소프트웨어는 Windows 시스템에 비주얼 C# 언어를 사용해서 개발된다.

CPMS의 기능은 (그림 6)과 같이 크게 환경 설정 기능, 조명 전원 제어 기능, 층별 강의실 조명 상태 표시 기능, 조명 사용 로그 분석 기능, 강의실 사용 스케줄 관리 기능 등으로 구성된다.

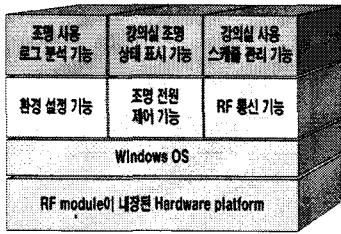


그림 8. CPMS 서버 소프트웨어 구성

4. 모트 구현

4.1. 조도 센서 및 전원 제어 모트

조도 센서 와 전원 제어 모트는 (그림 9)와 같다. 센서 모트에 부착되어 있는 각 센서는 정보를 수집한다. 수집한 데이터를 메시지의 형식으로 저장 후 RF를 통해 베이스 모트로 전송한다. 센서의 수집은 조도센서와 온/습도 센서를 통하여 이루어지며, 10번 센싱된 값이 저장되면 하나의 메시지에 포함된다.

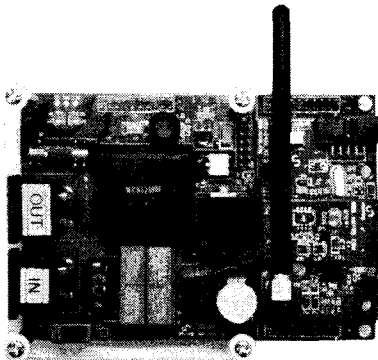


그림 9. 조도 센서 및 전원 제어 모트

RFSensor모듈(그림 10)은 지정된 시간마다 타이머 동작을 하는 타이머 모듈과 조도 값을 센싱하는 LightSensorC 모듈로 구성된다. RFSensorM모듈은 주기적으로 실행되며 타이머가 만료되면 타이머 종료 이벤트가 발생하게 되고, 이벤트에 의해 센서의 값을 SendMessage의 형태로 저장한다. 저장된 메시지는 RF를 통하여 베이스모트로 전송된다.

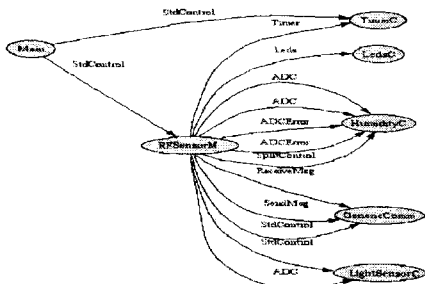


그림 10. RFSensorM의 모듈 구성도

다음은 센싱된 데이터 값을 중계모트로 전송하는 알고리즘이다.

```

command result_t StdControl.start() { // init 다음에 호출
    call Timer.start(TIMER_REPEAT.2048);
    return SUCCESS;
}
event result_t Timer.fired() { // 2024ms 마다 호출
    call ADC.getData(); // 조도 값을 받아옴
    return SUCCESS;
}
async event result_t ADC.dataReady(uint16_t data) {
    atomic{
        message->data[packetReadingNumber+]=data;
        if( 버퍼 사이징만큼 데이터를 받으면 )
            post dataTask(); //RF로전송
    }
    return SUCCESS;
}
task void dataTask() {
    call DataMsg.send(TOS_BCAST_ADDR, sizeof(SendMessage), &data);
    // Send.send()함수는 인자로 도착지 주소,
    // 메시지 크기, 메시지 데이터
    // TOS_BCAST_ADDR은 무선 브로드캐스트 주소
}
    
```

알고리즘 1. 센싱된 데이터 값을 전송하는 알고리즘

4.2. 베이스 모트

베이스모트는 CPMS 호스트에 UARTfn 연결되고 Zigbee 모듈을 통해서 무선 센서 네트워크와 연결하는 역할을 한다. 양측에 메시지를 전송하여 주는 기능을 가지고 있다. 기존의 GenericComm모듈과 다르게 UART와 Radio의 하위 모듈로 구성된다. FramerM은 UART 부분을 담당하는 모듈이며, RadioCRCPacket은 Radio부분을 담당하는 역할을 한다.

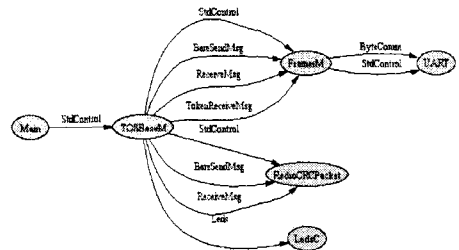


그림 11. 베이스모트에서의 모듈 구성도

(그림 11)은 TOSBase 모듈의 구성도로서 모든 메시지는 TOS_Msg의 형태로 전송되는데 그 주소 값을 0xffff (RF 방송) 또는 0x007e(UART 방향)의 값으로 지정하여 전송 방향을 결정한다.

베이스모트는 24개의 버퍼(UART 12개, Radio 12개)를 가지고 있으며, 다른 이벤트가 발생하지 않으면 받은 메시지는 바로 보내도록 구성되어 있다. 중간에 이벤트가 발생을 하면 실행하던 task함수를 중지하고, 이벤트 처리 후 진행 중이던 task 함수를 다시 실행하게 된다. 다른 모트로부터 메시지를 받으면 RadioReceiver.recv 이벤트가 발생되며 받은 메시지의 목적지가 베이스모트일 경우만 메시지를 처리한다(알고리즘 2).

```

event TOS_MsgPtr RadioReceive.receive(TOS_MsgPtr Msg) {
    TOS_MsgPtr pBuf = Msg;
    SendMessage *rxmessage = (SendMessage *)Msg->data;
    dbg(DBG_USR1, "TOSBase received radio packet.\n");
    if ((!Msg->crc) || (Msg->group != TOS_AM_GROUP))
        return Msg;
    if( 목격지가 베이스모트 인가? ) //0x00으로 온것만 받는다
        return Msg;
    atomic {
        if (!uartFull) { 시리얼로 데이터 전송..
        } else {
            dropBlink();
        }
    }
    return pBuf;
}
    
```

알고리즘 2. 라디오 수신 이벤트 처리 알고리즘
다른 모드들에 대한 설명을 지면 관계상 생략한다.

5. CPMS 응용 프로그램 실행

5.1 모니터링 화면

모니터링 화면은 (그림 12)와 같이 구성되어 있으며 각 강의실 상태를 표시해주며 타이머를 통해 10초에 한번 씩 정보를 갱신해준다. 또한 관리자 입력을 통해 각 강의실의 상태를 변경 할 수도 있다.

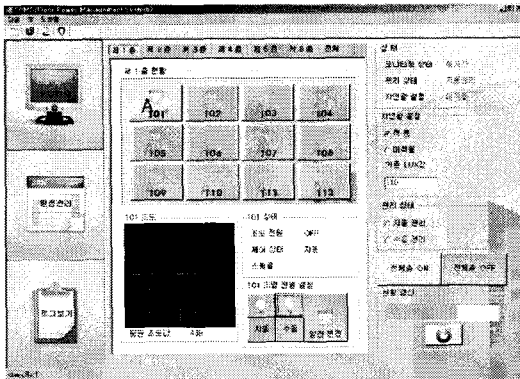


그림 12. 모니터링 화면

[자동] 버튼을 클릭하면 각 강의실의 온도 값이 일정치 이상으로 떨어지거나 올라갔을 때 자동적으로 소등/점등 할 수 있고 동시에 현재 각 강의실의 조명의 상태가 소등/점등 되어있는지 한눈에 알 수 있게 되었다.

5.2 일정관리 화면

일정 관리 화면은 (그림 13)과 같이 구성되어 있으며 관리자 입력을 통해 현재 등록된 DB의 스케줄 정보를 표시해주거나 (그림 14)와 같이 강의실을 선택해서 일자, 사용 시간대, 용도 등의 강의실 스케줄 등록을 한다.

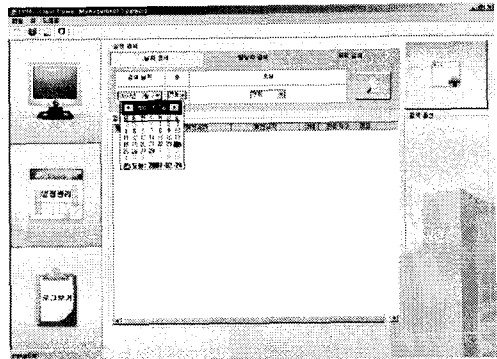


그림 13. 일정관리 화면

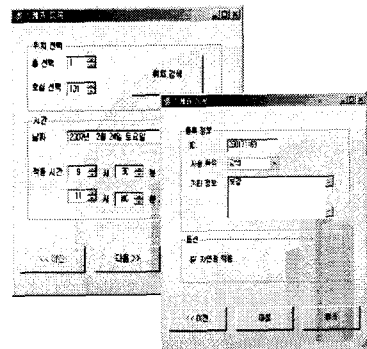


그림 14. 스케줄 등록 화면

6. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 개발한 CPMS는 USN(ubiquitous sensor network) 기술을 적용한 하나의 현실적인 응용 시스템으로써 의미를 갖는다. 개발 과정에서 센서 데이터를 수집하는 센서 모드, 모드들을 제어하는 임베디드 소프트웨어, 센서 데이터를 중계하는 모드, 진원을 제어하는 모드 등을 개발하였다. 모드 관련해서 TinyOS를 모드에 포팅하고 또한 모드 내에 각종 장치를 제어하고 명령 및 메시지를 처리하는 임베디드 S/W 를 개발하였으며, CPMS 서버 시스템을 윈도우 운영체제위에 GUI 형태로 프로그램을 개발하였다.

현재 개발하고 있는 RFID 기술을 적용한 출입 통제 시스템, 방문자 감시 시스템 등 과 통합하여 빌딩 관리 시스템을 개발할 계획이다. 또한 결과물을 다양한 USN 기술을 적용할 수 있는 여러 분야에 적용할 계획이다.

[참 고 문 헌]

[1] TinyOS, <http://www.tinyos.net>
 [2] ZigBee, <http://www.zigbee.org>
 [3] Mobile Ad-hoc Networks, www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html