

센서 네트워크를 이용한 유비쿼터스 주차관리 시스템의 설계 및 구현

(Design and Implementation of Ubiquitous Parking
Management System using Sensor Network)

변창희[†] 이지혜[†] 조현우^{**} 김형신^{***}

(Chang Hee Byun) (Je Hye Lee) (Hyun Woo Joe) (Hyungshin Kim)

요약 본 연구에서는 센서 네트워크를 이용하여 유비쿼터스 서비스를 제공해 주는 주차관리시스템을 구현하였다. 유비쿼터스 주차 관리 시스템은, 인터넷과 연결된 PDA나 휴대폰 상에서 현재 주차장의 정보를 한눈에 파악하여 빠르게 주차 공간을 확보할 수 있도록 해 준다. 유비쿼터스 주차관리시스템의 구현을 위해서 하드웨어 센서 노드, 센서 어플리케이션, 그리고 웹서버 응용 프로그램을 개발하였다. 제안하는 시스템은 일정주기로 주차공간의 상태를 업데이트 할 뿐만 아니라, 사용자가 원할 때 웹 상에서 버튼을 눌러 현재의 상황을 실시간으로 확인 할 수 있는 양방향 통신기능을 제공한다. 수집된 주차공간 정보는 일정기간 데이터베이스에 저장함으로써, 시간 혹은 공간별 주차 사용시간을 분석할 수 있도록 구현되었다. 본 연구에서 개발한 시스템은 10대 규모의 대학 내 주차장에 실제 설치하였으며, 인터넷 단말기를 통하여 서비스를 제공함으로써 실용성을 확인하였다.

키워드 : 센서 네트워크, 주차관리시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅

Abstract In this paper, a ubiquitous parking management system(UPMS) using sensor network is proposed. Ubiquitous parking management system provides information on free space in the parking lot through PDA or cellular phone connected to wireless LAN. For the implementation of UPMS, we have developed sensor node, sensor application and web server application. The proposed system periodically updates parking space data and monitors in real-time according to the user's request from the personal internet device. Collected parking data are stored onto the database for further analysis. The implemented UPMS system was installed on campus parking lot using 10 sensor nodes and we successfully demonstrated its feasibility by accessing the web server from out of the campus.

Key words : Sensor network, parking management system, ubiquitous computing

1. 서론

최근 센서 네트워크 기술에 대한 관심이 증가함에 따라 센서 네트워크의 기술적 문제를 해결하기 위한 다양한 연구결과들이 발표되고 있다. 그러나, 유비쿼터스 사회를 구축하기 위한 실질적인 응용들에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 센서 네트워크를 이용한 대표적인 응용연구로는 Great Duck Island[1], Redwood forest[2] 등의 자연생태를 관측하는 경우나, 구조물 관측[3], 기계 장치 감시[4] 등을 들 수 있다. 이들 응용들은 센서 네트워크를 주변환경에 설치하고, 센서를 통하여 원격지에서 데이터를 수집하는 센서 네트워크의 기본적인 특성을 활용한 시스템들로서, 일반인들이 일상적으로 생활하는 환경에서 실용적인 서비스를 제공하는 실질적인 유비쿼터스 응용이라고 할 수 없다.

[†] 학생회원 : 충남대학교 컴퓨터전공
changhee@cnu.ac.kr
jihye@cnu.ac.kr

^{**} 학생회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과
jhwzero@cnu.ac.kr

^{***} 종신회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수
hyungshin@cnu.ac.kr

논문접수 : 2007년 9월 6일

심사완료 : 2007년 10월 31일

: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 받고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제13권 제6호(2007.11)

Copyright © 2007 한국정보과학회

본 연구에서는 실질적으로 우리의 생활에 직접적으로 이용될 수 있는 응용으로 운전자의 주차 공간 확보를 도울 수 있는 유비쿼터스 주차 관리 시스템(Ubiquitous Parking Management System, UPMS)을 개발하였다. 최근 자동차 보유대수가 급증함에 따라 아파트, 백화점 등에서 주차 대란이 일어나고 있는 것이 현실이며 때문에 운전자는 적지 않은 시간을 주차공간을 확보하는 데 낭비하고 있다. 백화점과 같은 대형 마트 등에서는 고객의 주차공간 확보의 편의와 시간 낭비를 줄이기 위해 주차 요원을 두어 관리하고 있으나 이는 많은 인건비를 필요로 하게 된다. 일부 대형 주차건물에서 주차가능차량 수를 제공하고 있으나, 정확한 주차가능공간의 위치를 제시하지 못할 뿐만 아니라, 그 시스템의 설치 및 운영이 고정되어 매우 제한적인 기능만을 제공하고 있다.

이와 같은 효율적인 주차관리의 필요성에 따라 최근 주차관리와 관련된 연구결과들이 발표되고 있다[5-7]. [5]에서는 XML을 이용하여 관제 시스템을 구현하고, 초고주파 카드 및 RF 카드 리더기를 사용하여 차량의 입차와 출차를 효과적으로 처리하기 위한 연구결과를 발표하였다. PDA를 사용하여 차량의 입출차 시에 차량의 영상을 획득하고, 차량 번호판을 식별하여 불법차량을 무선망을 통하여 조회할 수 있으며, 차량수를 관리할 수 있는 시스템이 제안되었다[6]. 이들 시스템들은 차량의 출입 시에 차량 정보를 획득하여 주차공간 확보여부 정보만을 제공해 주며, 주차공간의 위치정보를 제공해주지 않는다는 단점이 있다. [7]에서는 RFID를 차량에 탑재하고, 주차장 입구에 RFID 리더를 설치하여 주차공간 정보를 사용자들에게 제공해 준다.

본 연구에서 개발한 UPMS는 센서 네트워크를 사용하여 개발된 시스템으로, 주차공간마다 설치된 센서 노드들이 동적으로 네트워크를 형성하고, 검출한 데이터를 형성된 네트워크 경로를 따라 서버에 전달한다. 수집된 주차공간정보는 웹 서버에 저장되어 운전자가 차내에서 자신의 텔레매틱스 단말기나 휴대폰, 또는 PDA의 웹 클라이언트를 이용하여 무선인터넷으로 서버에 접속하면 현재 주차장의 상황을 확인하고 빈 주차 공간을 확보 할 수 있다. 그러므로 주차관리에서처럼 많은 수의 주차요원이 필요치 않으므로, 인건비절감 효과가 크며, 센서의 설치 및 사용이 간편하다는 장점이 있다. 또한 최근 센서 네트워크 관련 다양한 센서들과 센서 노드들이 개발되어 저렴한 가격으로 센서 네트워크의 설치가 가능하며, 특성상 매우 적은 에너지를 소모하므로 유지비용은 점점 줄어들 것이다.

본 연구에서 개발한 시스템은 센서 네트워크와 웹 서버로 나누어진다. 센서 네트워크는 버클리대학의 Micaz 모트와 호환성이 있는 ATmega128[8] 기반 소형 모트

인 CESL센서 노드를 자체 제작하여 이용하였으며, 초음파 송수신기 모듈을 연결하여 차량의 유무를 감지하도록 설계하였다. 탑재 소프트웨어로는 TinyOS[9]에서 동작하는 UPMS 응용을 자체 개발하였다. 웹서버는 일반 PC를 이용하였으며, 웹 응용프로그램을 개발하여 수집된 주차정보를 데이터베이스화하고, 그래픽사용자 인터페이스를 제공하였다.

개발한 UPMS 시스템을 대학 내 10대 규모의 주차공간에 실제 설치하여 운영하였으며, 대학외부에서 운전중인 운전자의 PDA를 통하여 실시간 주차정보를 획득할 수 있었다.

기존의 주차관리 시스템에서는[5-7] 차량에 태그를 장착해야 하거나, 차량의 진출입 상황 만을 관리하는 단순한 센서에 의존하는 반면, 본 연구에서 제안하는 시스템은 각 주차공간마다 마이크로 프로세서를 사용하는 센서 노드를 사용함으로써 노드들 간의 네트워크를 동적으로 구축하고, 이를 통하여 실시간 주차정보를 제공한다라는 점이 가장 큰 차이점이라 할 수 있다.

이 논문에서는 실용적인 센서 네트워크 응용으로 유비쿼터스 주차관리시스템을 개발하였으며, 특히 사용자의 요청을 센서 노드에 전달하여 실시간 주차정보를 제공하는 양방향 서비스가 가능하다는 점이 장점이다. 또한, 수집된 정보를 데이터베이스에 저장하고, 웹 서버에 연결하도록 하여, 언제, 어디서나 사용자에게 주차정보를 제공할 수 있도록 하는 유비쿼터스 응용을 개발하였으며, 실제 운용을 통하여 실효성을 입증한 점에서 큰 의의가 있다고 하겠다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 전체적인 구성을 소개하고, 3장에서는 UPMS의 센서 네트워크 응용프로그램에 대해 설명한다. 4장에서는 웹 서버에 구현한 웹 어플리케이션에 대하여 소개하고, 5장에서는 개발한 UPMS의 설치 및 운영결과에 대해 설명하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 시스템 구성

UPMS는 크게 두 부분으로 나누어진다. 하나는 센서 네트워크 부분이고, 다른 하나는 웹 어플리케이션(Web Application)이다. 센서 네트워크는 센서 노드들로 구성된 하드웨어와 센서 노드에 탑재되어 서비스를 제공하는 센서 네트워크 응용프로그램으로 구성되어 있다. 센서 제어 및 센서 네트워크 어플리케이션에는 초음파 센서 동작을 제어하기 위한 디바이스 드라이버와, 수집한 정보를 전달하기 위해 무선으로 네트워크를 구성하기 위한 라우팅 프로토콜 및 멀티 홉(Multi-hop) 애드혹(ad-hoc) 라우팅을 위한 어플리케이션이 포함되어 있다. 웹 어플리케이션은 수집한 데이터를 저장하기 위한

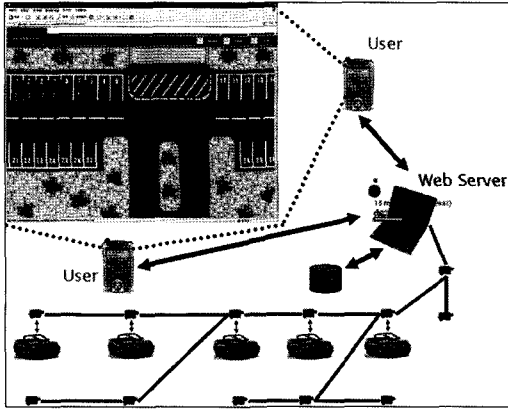


그림 1 시스템 구성도

데이터베이스와, 이를 읽고 분석하여 주차장의 현재 상황을 파악하여 웹으로 보여주거나, 사용자로부터 명령을 받아 실시간 업데이트 혹은 주차상황 리포트 기능을 수행하는 프로그램으로 구성된다.

UPMS의 구성도는 그림 1과 같다. 먼저 모든 센서 노드들은 멀티 홉 애드 혹 라우팅으로 웹 서버까지의 네트워크 구조(Topology)를 결정한다. 그리고 각각의 노드에 부착된 초음파 센서를 통해 센서 앞에 있는 차량과의 거리를 감지하고, 그 데이터를 이미 구성된 경로를 따라 기지국 노드(Base Node)에 전달한다. 기지국 노드는 웹 서버와의 직렬통신을 통해 데이터를 전달하고, 웹 서버는 받은 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 저장된 데이터를 분석하여 현재 주차장의 상황을 파악할 수 있으며, 분석된 데이터를 바탕으로 주차상황을 사용자에게 보여준다. 이러한 동작은 주기적으로 일어나며 주차장의 현재 상황을 보여준다. 사용자는 웹 상에서 업데이트를 요청하여 실시간으로 주차장의 상황을 확인할 수 있으며, 리포트기능을 통해 각 주차 공간의 시간 별 사용 현황을 분석할 수 있다.

센서 보드는 MCU로 Atmel사의 ATmega128L을, RF는 Chipcon사의 CC2420[10]을 장착한 노드로 버클리 대학의 Micaz 노드와 호환성이 있는 자체 개발한 CESL 센서 노드를 개발하여 사용했으며, 차량감지를 위해서 MA40B 초음파 센서를 이용하였다. 그림 2는 실제 본 시스템에서 사용하는 CESL 센서 보드와 초음파 센서를 연결한 모습이다.

3. 센서 네트워크 어플리케이션

UPMS 시스템에서 사용하는 센서 노드들은 각각의 노드에 초음파 센서를 부착하였고, 센서 네트워크 응용 어플리케이션은 TinyOS기반으로 개발하였다.

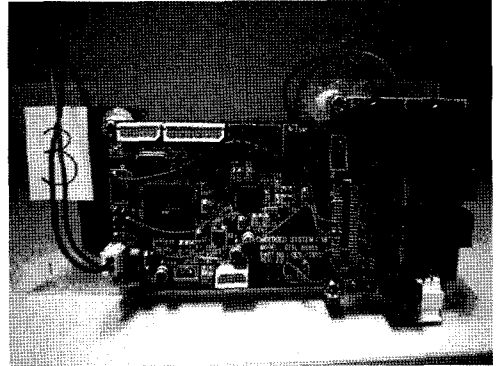


그림 2 초음파센서를 부착한 CESL노드

TinyOS는 컴포넌트 기반 내장형 운영체제로, 센서 네트워크와 같은 임베디드 네트워크 시스템을 위해 특별히 디자인 된 초소형 운영체제이다. 태스크, 이벤트 기반의 컴포넌트 구조를 가지며, 현존하는 센서 네트워크 운영체제 중 가장 많이 사용하는 운영체제중 하나이다. TinyOS는 센서 노드와 같은 저전력, 초소형, 저가의 노드에 저전력, 적은 코드 사이즈, 최소한의 하드웨어 리소스를 사용하는 임베디드 운영체제를 목표로 하며, 프로그래밍 언어로는 nesC가 사용된다. 이 논문에서 개발한 센서 네트워크 어플리케이션도 TinyOS 기반으로 nesC를 사용하여 만들었으며 CESL 센서 노드에 맞도록 TinyOS를 포팅(porting) 하였다.

UPMS시스템에서 사용하는 센서 노드에 구현된 프로그램은 무선 네트워크 구조를 생성하고 데이터를 전달하는 네트워크 프로그램 부분과 초음파 센서의 동작을 제어하기 위한 초음파 디바이스 드라이버로 구성되어 있으며, 본 절에서는 이 두 가지 모듈에 대해 각각 설명한다.

3.1 네트워크 어플리케이션

센서 노드에 탑재되는 네트워크 어플리케이션은 Surge [9]라는 TinyOS응용프로그램을 기반으로 작성되었다. Surge는 멀티 홉 애드 혹 라우팅을 하는 TinyOS에서 제공하는 기본 어플리케이션 프로그램 중에 하나이다. 본 시스템에서는 이를 기반으로 하여 주차 관리 시스템에서 필요한 기능을 추가하거나 수정하여 사용하였으며 그 구조는 그림 3과 같다. USN Parking Management 컴포넌트는 관측한 데이터 혹은 이웃 센서 노드에 명령을 보내거나, 받은 명령 패킷을 해석하여 처리하는 최상위 컴포넌트이다. MultiHopRouter 컴포넌트는 멀티 홉 애드 혹 라우팅이 가능하게 하는 역할을 하며, AM 컴포넌트는 그보다 더 하단에 다른 컴포넌트와 연결되어 실제 메시지를 밖으로 내보내고 받는 역할을 한다.

UPMS에서 사용하는 센서 노드는 시작과 동시에 멀

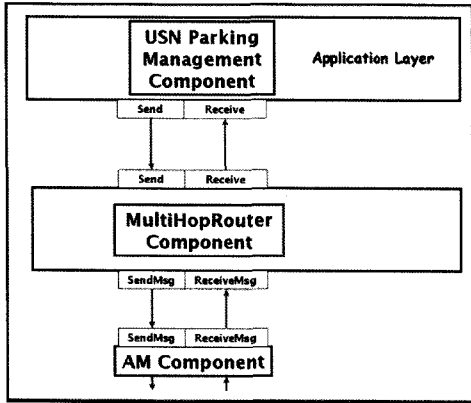


그림 3 네트워크 어플리케이션의 구조

티 홉 애드 혹 라우팅을 통해 무선 네트워크 구조를 결정하는데, 이를 위해서 그림 3에서 보는 바와 같이 TinyOS에서 제공하는 MultiHopRouter 컴포넌트를 사용하였다. 이 컴포넌트는 웹 서버와 시리얼로 연결된 기지국 노드를 루트(root)로 하여 다른 노드까지 shortest-path-first 알고리즘을 사용하여 데이터를 전달한다[11]. 우리는 UPMS시스템의 최상위 컴포넌트에 MultiHopRouter 컴포넌트가 제공하는 interface들을 연결하여 그 기능을 활용하였다. MultiHopRouter 컴포넌트는 다시 몇 개의 컴포넌트로 나뉘어질 수 있는데 그 구성은 그림 4와 같다. 이 컴포넌트는 보는 바와 같이 RouteControl, StdControl, Receive, Send, Intercept(Intercept),

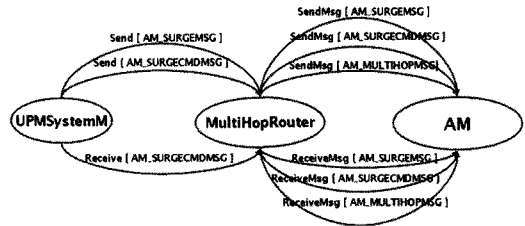


그림 5 메시지 전달 인터페이스 연결도

Intercept(Snoop)라는 6개의 인터페이스를 제공한다. 이 중 두 개의 Intercept 인터페이스는 받은 데이터를 라우팅하는 것 이외의 목적으로 사용하는 것으로, 우리는 이 두 인터페이스를 뺀 나머지를 사용하였다. 각각의 인터페이스를 연결할 때 Send, Receive 인터페이스들은 특별히 active message id를 파라미터로 주어서 연결할 수 있다. 이것은 무선 통신을 통해 받은 메시지의 종류에 따라 MultiHopRouter보다 상위 계층에 있는 컴포넌트들이 서로 다른 기능을 하는 것을 가능케 한다. 그림 5는 이들 메시지의 연결 모습을 보여준다.

Send 인터페이스가 동작하는 경우는 세가지가 있다. 첫 번째는 노드가 관측한 후 데이터를 보내려고 할 때, 두 번째는 사용자가 갱신(ReNew) 버튼을 눌러서 실시간 주차 상황을 업데이트 할 때, 세 번째는 라이브러리인 MultiHopRouter 컴포넌트가 멀티 홉 구성을 위해 멀티 홉 메시지를 보내려고 할 때이다. 첫 번째의 경우 active message id는 AM_SURGEMSG이고, 두 번째

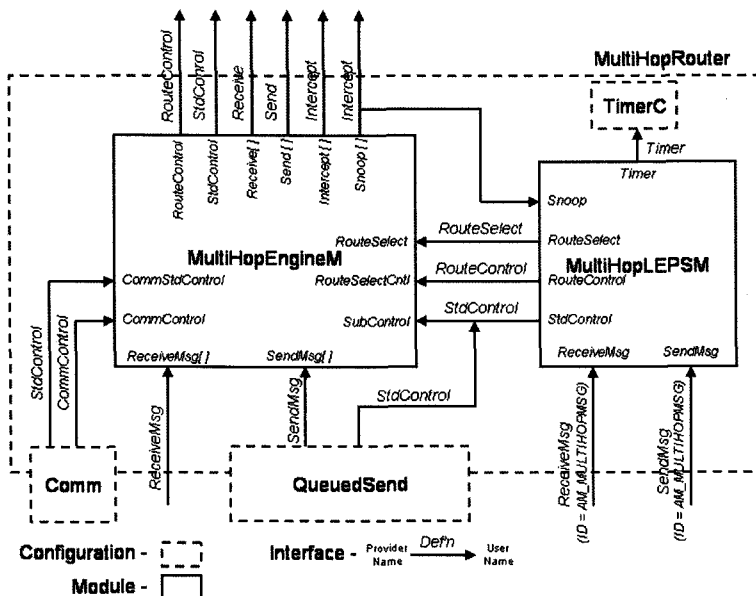


그림 4 MultiHopRouter 컴포넌트의 구성[8]

의 경우는 AM_SURGECMDMSG, 세 번째의 경우는 AM_MULTIHOPMSG이다.

Receive 인터페이스가 동작하는 경우도 세 가지로 Send와 같다. 관측한 데이터를 받았을 경우, 갱신버튼 실시간 업데이트 요청을 받았을 경우, 멀티 홉 메시지를 받았을 경우이고, active message id도 동일하다. 단, Receive 인터페이스의 경우 우리는 AM_SURGECMDMSG 만 상위 계층인 UPMSystemM과 연결하였다. 이것은 AM_SURGEMSG 즉, 관측 데이터는 UPMSystemM 컴포넌트까지는 전달되지 않는 것을 뜻한다. 이는 모든 센서 노드가 관측한 정보를 저장하는 서버에 연결된 베이스 노드 이외에는 수신 받은 관측 데이터를 라우팅만 하면 되기 때문이다. 기지국 노드의 경우에는 관측된 데이터를 수신 받았을 경우 UPMSystemM 컴포넌트를 거치지 않고 서버로 데이터를 전송한다. AM_SURGECMDMSG의 경우 사용자가 실시간 업데이트를 요청했을 때 각각의 센서 노드는 다른 모든 센서 노드에게 패킷을 전송한다. 이 때 서로 다른 센서 노드들이 이 메시지를 받고 다시 전달하는 가운데 무한 루프에 빠질 위험이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 MultiHopRouter 컴포넌트에서 전송하는 메시지의 플래그를 설정하여 일정 시간 후에 플래그가 해제되는 방법을 사용하였다.

3.2 초음파 센서 디바이스 드라이버

초음파 센서 디바이스 드라이버는 두 개의 인터페이스만 제공한다. 하나는 기본인 StdControl 인터페이스이고, 다른 하나는 ADC2 인터페이스다. ADC2 인터페이스는 초음파 센서를 제어하는데 필요한 기능만 구현하도록 설정하였다. 그림 6은 초음파 디바이스 드라이버를 구성하는 각 함수들의 순서도이다.

전체적인 동작 방식은 다음과 같다 Init()은 초음파 센서를 초기화 하는 함수이고 Start()와 stop()은 초음

파 센서의 시작과 정지 시에 실행되는 함수이다. UPM-SystemM 이 센서 네트워크 어플리케이션 시작과 함께 init() 함수를 호출하여 초음파에 전원을 인가하고 TX 신호 포트를 초기화 한다. 그 후 5분마다 ADC2.start() 함수를 호출하여 5분에 한 번씩 초음파를 내보내서 차와의 거리를 측정하게 되는데, 수신용 초음파 센서가 신호를 수신하면 외부 인터럽트가 발생하며, 인터럽트 처리루틴인 TOSH_SIGNAL(SIG_INTERRUPT7)는 타이머를 멈춘 후 카운터 값인TCNT3 레지스터 값을 상위 컴포넌트인 UPMSystemM으로 카운터 값을 전달한다. 최종적으로 카운터 값을 전달받은 UPMSystemM 컴포넌트는 받은 카운터 값을 이용하여 센서와 자동차와의 거리를 계산한다.

4. 웹 어플리케이션

UPMS 시스템은 사용자나 주차관리 시스템 관리자가 웹 서버에 접속해서 현재 주차장의 상황을 파악하게 하는 것이 가장 큰 목적이다. 그림 7은 사용자가 주차 관리 시스템 웹 서버에 접속했을 때 볼 수 있는 실제 화면이다. 웹 어플리케이션은 JSP를 사용하였고, 데이터 베이스는 MySQL Server를 사용하였다. 그림 8은 웹 어플리케이션의 전체구조이다. 센서 노드들이 보내온 데이터를 기지국 노드(Base Node)가 받아서 서버에 전달하고, 서버에서는 수신한 데이터들을 데이터 베이스에 저장하고, 저장한 데이터를 분석하여 현재 주차장의 상황을 웹으로 보여준다. 또한 사용자가 갱신(ReNew) 버튼을 눌렀을 때 주차현황 실시간 업데이트를 위해 모든 센서 노드들은 현재 상황을 전송하게 되며, 리포트(Report) 버튼을 누르면 데이터 베이스에 저장된 데이터를 분석하여 시간 별, 주차 공간별 주차장의 상황을 사용자에게 알려준다.

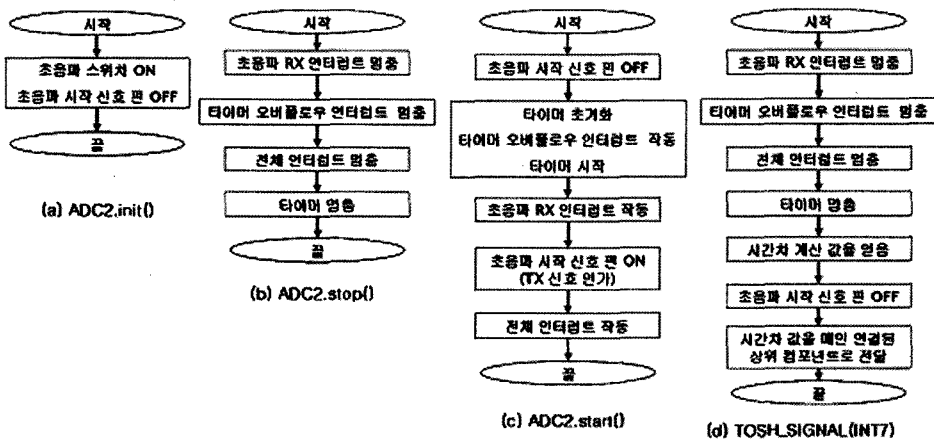


그림 6 초음파 센서 디바이스 드라이버의 기능별 순서도

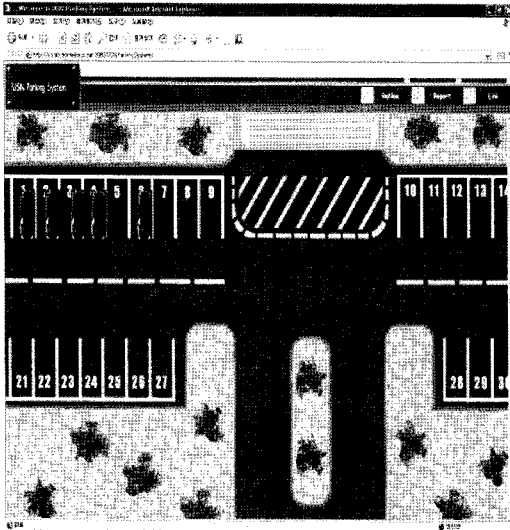


그림 7 웹 어플리케이션의 화면구성

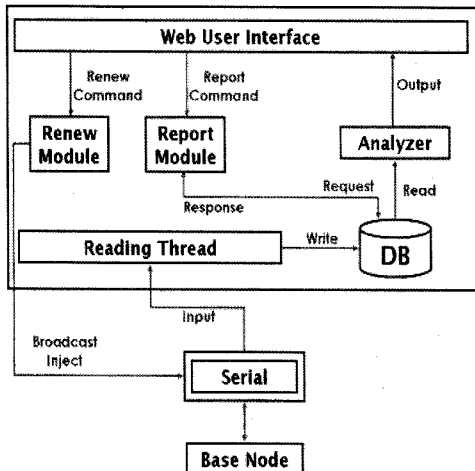


그림 8 웹 어플리케이션의 구조

본 절에서는 웹 서버의 주요 기능인 주차현황 모니터링과 실시간 업데이트 및 리포트 기능에 대해 각각 설명한다.

4.1 주차현황 모니터링

UPMS시스템의 주 목적은 주차공간을 파악하는 것이다. 이를 위해 Reading thread와 Analyzer를 구현하여 주차장의 현재 상황을 모니터링하고 웹으로 사용자에게 보여준다. 그림 9와 그림 10은 Reading Thread와 Analyzer의 순서도이다. Reading Thread의 경우 서버가 종료되지 않는 이상 항상 실행된다. 서버는 지구국 노드로부터 들어온 데이터를 수신하여 데이터가 초음파 센서의 관측 결과인지 아니면 단순한 패킷을 중계

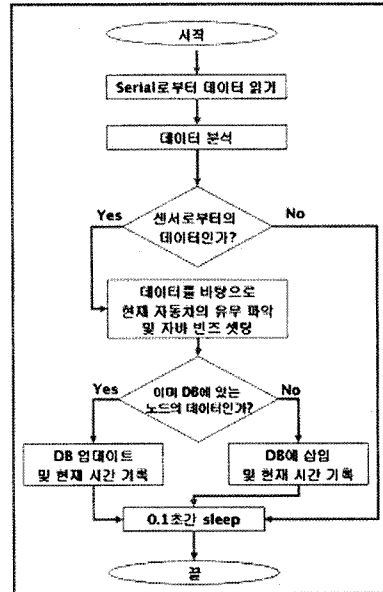


그림 9 Reading Thread 순서도

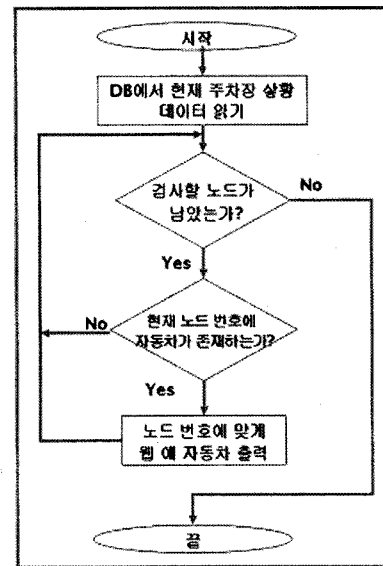


그림 10 Analyzer의 순서도

하는 노드로부터 온 것인지 확인하여 관측된 데이터라면 자동차 유무를 파악하여 데이터 베이스에 주차현황을 업데이트 한다.

Analyzer는 데이터 베이스에 저장된 정보를 바탕으로 웹을 통해 현재 주차장의 화면을 만든다. 이 작업은1분 단위로 실행되며, 사용자가 갱신 버튼을 누른 후에도 실행된다. 데이터 베이스에서 현재 주차장의 상황을 읽어와 웹에 출력하는 일을 반복한다.

4.2 실시간 업데이트 및 리포트

UPMS시스템은 주 목적인 주차 현황 파악 기능 외에 사용자에 의한 실시간 업데이트와 주차 공간별 시간에 따른 리포트 기능을 포함한다.

주차현황은 주기적으로 업데이트 되지만 사용자에 의해서도 업데이트 될 수 있다. 이 실시간 업데이트는 웹 상에서 갱신 버튼을 눌렀을 경우 동작되며, 갱신 버튼을 누를 경우 서버는 시리얼 통신으로 연결된 기지국 노드에 실시간 업데이트를 요청하고 이를 수신한 기지국 노드는 이웃 노드에게 현재 주차유무 확인을 요청한다. 모든 센서 노드는 이 메시지를 수신하고 주차 유무를 확인하여 관측한 데이터를 서버에게 전송하게 된다.

리포트 기능은 각 주차 공간별로 날짜 별 시간 별로 주차 기록을 확인할 수 있는 기능이다. 이를 통해 어떤 날짜에 어느 공간에 주차가 많이 되는지 확인이 가능함으로 차량이 덜 주차되는 곳으로 자동차를 유도하는 것이 가능하며 사용자는 차량에 PDA나 휴대폰과 같은 인터넷 접속이 불가능할 때에도 미리 주차량이 적은 위치를 확인하고 이용하는 것이 가능하다. 사용자는 요일, 날짜, 주차 위치, 시간에 따른 예전 주차 기록을 확인할 수 있다. 리포트 버튼을 누르고 검색을 할 때의 흐름은 그림 11과 같다. 먼저 사용자가 리포트 버튼을 누르면 검색창이 뜨고, 선택(Select) 버튼을 통해 검색하고 싶은 조건을 고르고 Search 버튼을 누르게 된다. 이와 같이 선택 된 조건에 따라 데이터 베이스에서 검색을 한 후 그 결과를 사용자에게 출력한다. 사용자가 검색창을 닫지 않는 한 이 순서는 반복될 수 있다.

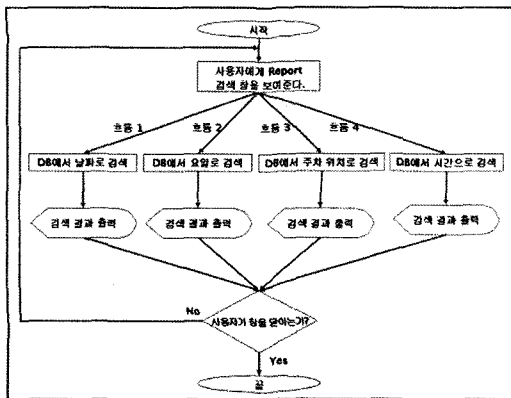


그림 11 리포트 기능의 순서도

5. 시스템의 설치 및 운영

본 연구에서 개발한 UPMS시스템의 동작시험을 위하여 8개의 센서 노드, 1개의 중계노드, 1개의 기지국 노드로 구성된 센서 노드를 실제 대학 캠퍼스 내 소규모



그림 12 설치된 센서 노드의 모습

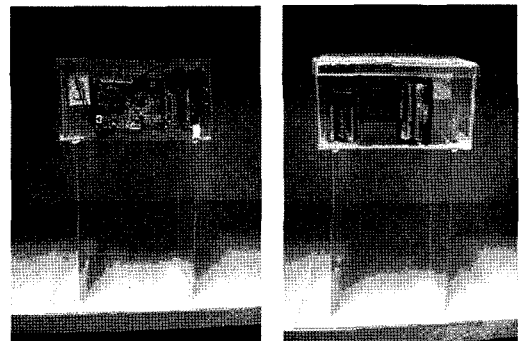


그림 13 센서 노드 보호장치

주차장에 설치하여 운영하였다. 센서 노드는 초음파센서를 부착하고, 주차구역마다 1대씩 설치하였으며, 중계노드는 센서 없이 센서 노드들과 기지국 노드와의 통신을 위해 사용되었으며, 기지국 노드는 웹 서버에 부착하였다. 그림 12는 UPMS 센서 노드들이 설치되어 있는 모습을 보여준다.

차량의 정확한 감지를 위해서 센서 노드들을 위한 구조물을 제작하여, 센서 노드의 초음파 송수신기가 차량의 범퍼 높이에 위치하도록 하였다. 그림 13은 제작된 센서 노드의 모습을 보여준다. 센서 네트워크의 설치 순서는 먼저 기지국 노드와 중계노드를 설치하여 무선 네트워크의 구성을 확인하고, 센서 노드들을 한 개씩 설치해 나가는 순서로 이루어 졌다. 센서 노드의 설치 전원은 공급 후, 메시지 송수신 시험을 통하여 노드의 동작을 확인하고, 초음파 디바이스 드라이버를 이용하여 차량탐지 성능을 웹 서버에서 확인한다. 사용한 초음파센서의 상태에 따라 차량감지 여부가 달라지므로, 차량 범퍼까지의 거리를 초음파 센서 감도에 따라 결정하였다.

차량 범퍼의 위치를 측정하기 위해 주차 위치로부터 50cm 떨어진 곳에 설치하였으나, 경사가 있거나 장애물이 있는 경우는 최소 30cm 최대 1m 안에 설치하였다.

웹 서버는 건물 지상 4층 실내에 설치하였으며, 지상에 있는 주차장까지는 중계노드를 이용해 창문을 통하여 주차장에 설치한 센서 노드들과 통신이 가능하도록

하였다. 지상에서 4층까지의 높이는 약 14m 정도이며 지상에 설치한 중계노드와 직접 연결이 되어 애드혹 네트워크를 구성한다.

설치된 UPMS는 설치 후 성공적으로 차량의 출입을 기록하였으며, 네트워크 설치위치로부터 약 5km 떨어진 다른 기관의 건물에서 무선인터넷을 통해 PDA로 웹 서버에 접속하여 주차공간의 활용현황을 성공적으로 확인할 수 있었다.

설치된 노드들의 수명은 각 노드에서 소모하는 전류를 측정하여 예측할 수 있다. 수명 예측을 위하여 각 노드에서 소모하는 전류를 FLUKE189 디지털 멀티미터를 사용하여 측정한 결과, 중계노드는 3.3v전압에서 평균 13.37mA를 소모하며, 초음파 센서가 부착된 센서 노드는 3.3v를 사용하는 프로세서 보드와 9v 전원을 사용하는 초음파 센서 보드로 구성되며, 3.3v에서 13.60mA, 9v에서 6.79mA를 소모하는 것으로 측정되었다. 시스템의 수명을 결정짓는 노드는 따라서 초음파 센서를 부착한 센서 노드들이며, 이들의 수명은 사용한 배터리의 데이터를 이용하여 계산할 수 있다. 3.3v를 전원의 프로세서 보드는 2400mAh 에너지저 알칼린 배터리[12]의 경우 약 7.4 일을 사용할 수 있으며, 초음파 센서보드의 경우 9v 625mAh 에너지저 알칼린 배터리[13]을 사용하는 경우 약 3.8일을 사용할 수 있다.

따라서, 본 주차 시스템을 연속적으로 사용하는 경우 약 3.8일 동안 운영이 가능하다. 본 시스템의 수명을 개선하기 위해서는 전류 소비량에서 큰 비중을 차지하는 무선 네트워크를 사용한 송수신 알고리즘을 개선하고, 초음파 센서보드의 구동을 최소화 할 수 있는 Idle 모드를 구현해야 할 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서는 활용도가 높은 유비쿼터스 센서 네트워크 응용으로 주차관리시스템인 UPMS시스템을 개발하였다. 개발한 시스템은 센서 네트워크를 주차장에 설치하여 주차공간의 사용정보를 원격지의 웹 서버상에 전송하고, 웹 응용프로그램을 개발하여 주차공간이 필요로 하는 운전자들이 사전에 PDA나 휴대폰을 이용하여 사용 가능한 주차공간의 위치와 주차가능 여부를 알려주는 서비스를 제공한다. 기존의 주차관리 시스템들이 차량의 입출입상황을 단순한 센서들을 이용하는 반면, 본 연구에서는 단순히 센서만을 이용하여 서버에 전송하는 것이 아닌, 사용자 단말기로부터의 입력을 센서 노드에 명령으로 전송하여 실시간 주차정보를 제공할 수 있는 것이 제안한 시스템의 특징이다. 본 연구에서는 제안한 유비쿼터스 주차시스템의 구현을 위하여 센서 노드를 개발하고, 센서 노드 어플리케이션과 웹서버 어플리케이션을 개발하여 시스템 운영을 위한 모든 시스템을 자체 개발, 제작하였다.

또한, 개발한 시스템의 성능을 검증하기 위하여 대학내 실제 주차공간에 센서 네트워크를 구축하여 개발한 하드웨어 및 소프트웨어들의 기능을 확인하였으며, 소모 전류를 측정하여 시스템의 수명을 계산하였다.

센서 네트워크와 관련된 많은 기술적인 연구들이 수행되고 있으나, 활용도가 높은 유비쿼터스 응용에 대한 연구가 진행되지 않으면, 기술개발이 지소될 수 없다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 유비쿼터스 주차관리시스템과 같이 실제생활과 밀접한 관련이 있는 센서 네트워크 응용의 개발은 그 의의가 크다고 할 수 있다.

향후 개발된 센서 노드들을 대량으로 제작하여 점차적으로 설치 규모를 확대할 예정이며, 외부 센서 노드의 방수, 유지관리 문제와 센서 노드 설치 지원 프로그램 개발 등에 추가적인 연구를 수행할 계획이다.

참고 문헌

- [1] A. Mainwaring et al., "Wireless sensor networks for habitat monitoring," In Proc. of the First ACM international workshop on wireless sensor networks and applications, 2002.
- [2] G. Tolle et al., "A Macroscopic in the Redwoods," in Proc. of ACM SenSys 2005, pp. 51-63, 2005.
- [3] S. N. Pakzad, et al., "Multi-purpose wireless accelerometers for civil infrastructure monitoring," Proc. International workshop on structural health monitoring, 2005.
- [4] L. Krishnamurthy et al., "Design and deployment of industrial sensor networks: Experiences from a semiconductor plant and North sea," In Proc. of ACM SenSys 2005, pp. 64-75.
- [5] 강영돈, 박현주, "모바일 환경에서의 XML을 이용한 실시간 주차정보 시스템", 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집, 제10권 2호, 2003.
- [6] 양재석, 진명관, 김경남, 강봉남, 김도현, 변상용, "무선 인터넷 기반의 효율적인 주차 관리 시스템의 설계 및 구현", 한국콘텐츠학회 추계학술대회 논문집, 제3권 2호, pp. 500-505, 2005.
- [7] 이현섭, 김진덕, "RFID를 이용한 통합 주차 관제 시스템", 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 논문집, pp. 331-335, 2007.
- [8] Atmel, <http://www.atmel.com>
- [9] J. Hill et al., "System architecture directions for networked sensors," Proc. of ASPLOS, 2000.
- [10] Chipcon products from Texas Instrument, <http://www.chipcon.com>
- [11] TinyOS Multihop Routing - MultiHopRouter configuration, http://www.tinyos.net/tinyos-1.x/doc/multihop/multihop_routing.html
- [12] Energizer Battery, co, Energizer No.E91 Datasheet
- [13] Energizer Battery, co, Energizer No.522 Datasheet



변 창 희

2003년~현재 충남대학교 컴퓨터전공



이 지 혜

2007년 충남대학교 컴퓨터전공 학사



조 현 우

2005년 충남대학교 컴퓨터전공(학사). 2007년 충남대학교 컴퓨터공학과(석사)



김 형 신

1990년 한국과학기술원(학사). 1991년 Univ. of Surrey, UK.(석사). 1992년~2001년 한국과학기술원 인공위성연구센터, 선임 연구원. 2003년 한국과학기술원(박사) 2003년~2004년 Carnegie Mellon University, 박사후연구원. 2004년~현재 충남대학교, 조교수. 관심분야는 energy-aware embedded system, resource-aware computing, real-time computing