

무선 센서 네트워크 기반의 지능형 홈 네트워크 시스템 설계 및 구현

신재욱* · 윤바다** · 김성길* · 정완영***

***동서대학교 컴퓨터정보공학부 ,

**동서대학교 정보시스템공학부 전자공학 전공,

Design and Implementation of Intelligent Wireless Sensor Network Based Home Network System

Jae-Wook Shin*, Ba-Da Yoon**, Sung-Gil, Kim*, Wan-Young Chung***

***Division of Computer Information Eng., Dongseo University, Busan, Korea,

**Division of Electronic Eng., Dongseo University, Busan, Korea,

Email: wychung@dongseo.ac.kr

요 약

센서 네트워크 시스템 기반의 저 전력, 저 비용의 지능형 홈 네트워크 시스템을 설계 및 구현 하였다. RSSI(Received Signal Strength Indicator)기반의 사용자 실내 위치 추적 시스템과 Dynamic multi-hop routing 시스템, 학습형 통합 리모컨을 활용한 능동적 가전기기 제어 시스템을 각각 설계 하여 지능형 홈 네트워크 시스템을 구현 하였다. 지능형 서비스를 위해 반드시 필요한 사용자 위치 정보는 RSSI기반의 삼각측량을 통해 계산하고 측정된 위치 정보값의 오차를 줄이기 위해 Smoothing Algorithm을 적용하였다. 또한 지능형 홈네트워크 서비스 제공을 위해 사용자가 휴대하는 무선 센서 노드를 Layout 하여 설계, 제작하였으며 수집된 사용자의 실시간 위치 정보와 환경 센서 데이터는 Dynamic multi-hop routing을 통해 서버 프로그램으로 전달되며 각종 계산을 통해 사용자 위치정보와 환경 정보가 디스플레이 된다.

ABSTRACT

An intelligent home network system using low-power and low-cost sensor nodes was designed and implemented. In Intelligent Home Network System, active home appliances control is composed of RSSI (Received Signal Strength Indicator) based user indoor location tracking, dynamic multi-hop routing, and learning integration remote-control. Through the remote-control learning, home appliances can be controlled in wireless network environment. User location information for intelligent service is calculated using RSSI based Triangle measurement method, and then the received location information is passed to Smoothing Algorithm to reduce error rate. In order to service Intelligent Home Network, moreover, the sensor node is designed to be held by user. The gathered user data is transmitted through dynamic multi-hop routing to server, and real-time user location & environment information are displayed on monitoring program.

키워드

Intelligent Home Network System, RSSI, Indoor Location Tracking, dynamic multi-hop routing , TinyOS

1. 서 론

현재 홈 네트워크 시스템은 유선 기반에서 무선 기반으로 이동이 된 상태이다. 그 중에서도 IEEE802.15.4 Zigbee 기반의 무선 센서 네트워크

가 널리 이용되고 있다. 또한 기존의 단순 가전기기 제어에서 사용자에게 따라 차별화된 지능형 홈 네트워크 중심으로 발전하고 있는 시점이다. 이런 지능형 홈 네트워크 시스템을 위해서는 사물이나 사용자의 실내위치추적 시스템[1]이 필수적으로

요구된다. 본 논문에서는 RSSI 기반의 실내위치추적 시스템과 주변의 각종 환경정보(온도, 습도, 조도, 방범, 오염정보, 균열정보 등), 학습형 통합 리모컨을 통해 사용자의 취향에 따른 능동적인 가전기기 제어 시스템의 활용 하여 지능형 홈네트워킹 시스템을 설계 및 구현 하였다.

II. 설계 및 알고리즘

2.1 시스템 구성도

표 1. Device Specification

실내 위치추적 시스템 노드	Processor	8bit CISC, 12Mhz(Intel, 8051)
	Operating System	Mac Source Based
	Multi-Channel Radio	2.4Ghz
	Network	Star Topology
	RF transiver	CC2431 SOC
무선 센서 네트워크 노드	Processor	16bit RISC, 8Mhz(TI, MSP430)
	Operating System	TinyOS
	Multi-Channel Radio	2.4Ghz
	Network	Dynamic Multi-hop Routing
	RF transiver	CC2420
가전기기 제어 시스템 노드	4ch. Sensor	온도, 습도, 조도, 내부전압
	Processor	8bit RISC, 16Mhz(ATmega128)
	Operating System	firm-ware
	feature	학습형 리모컨 기능
	Sensor	Magnetic Compass ODCMC-0601M

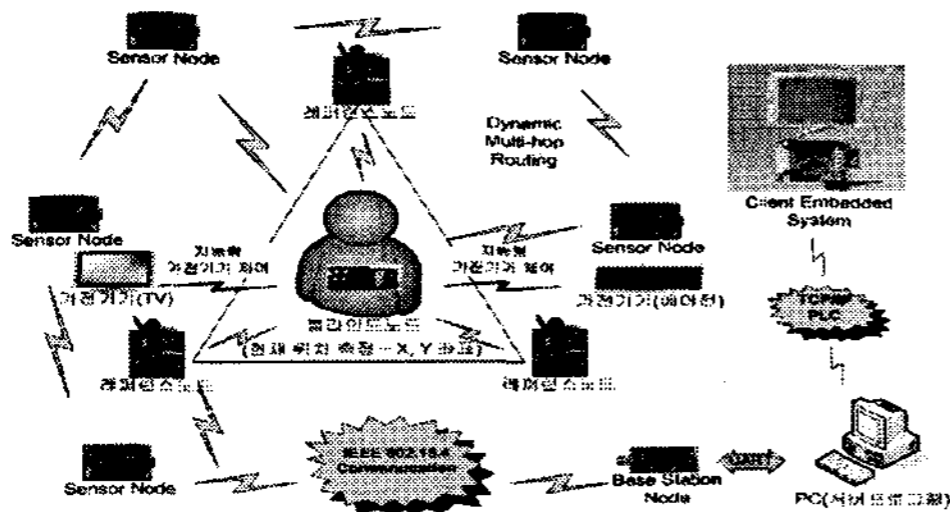


그림 5. 전체시스템 구성도.

2.2 알고리즘 설계

RSSI값 측정공식은 표 1과 같으며 레퍼런스노드로 부터 받은 RSSI값 중 수신 신호가 가장 높은 8개의 RSSI값과 X, Y좌표 값을 이용하여 삼각측량을 통해 위치정보가 계산한다.

표 2. Location Engine의 RSSI값 측정공식

$RSSI = -(10\log_{10}d + A)$
n : 경로손실
d : 송신측으로부터의 거리
A : 1m에서의 RSSI값

CC2431의 Location Engine의 경우 실내에서 약

2m정도 위치 오차가 있으며 이로 인해 실시간 실내 위치추적 모니터링 시 점핑현상이 발생한다. 위와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 GPS 수신기에서 사용되는 장애물에 의한 수신 장애를 보정하는 칼만필터(Kalman Filter)의 한 종류인 Smoothing Algorithm[2]을 적용하여 위치 추적시 기존의 점핑현상을 해결하는 시스템을 적용 하였다. 식 (1)은 n(경로손실)의 측정 공식이고 식 (2)-(5)는 RSSI Smoothing Algorithm에서 α , β 수식의 자리에 n(경로손실)와 A(1m에서의 RSSI값)를 대입하면 그림2와 같이 Smoothing Algorithm을 통해 필터링 처리된 RSSI값을 얻을 수 있다.

$$n = \frac{RSSI - A}{10 \log_{10} D} \quad (1)$$

Estimation

$$\hat{R}_{est(i)} = \hat{R}_{pred(i)} + a(R_{prev(i)} - \hat{R}_{pred(i)}) \quad (2)$$

$$\hat{V}_{est(i)} = \hat{V}_{pred(i)} + \frac{b}{T_s}(R_{prev(i)} - \hat{R}_{pred(i)}) \quad (3)$$

Prediction

$$\hat{R}_{pred(i+1)} = \hat{R}_{est(i)} + \hat{V}_{est(i)}T_s \quad (4)$$

$$\hat{V}_{pred(i+1)} = \hat{V}_{est(i)} \quad (5)$$

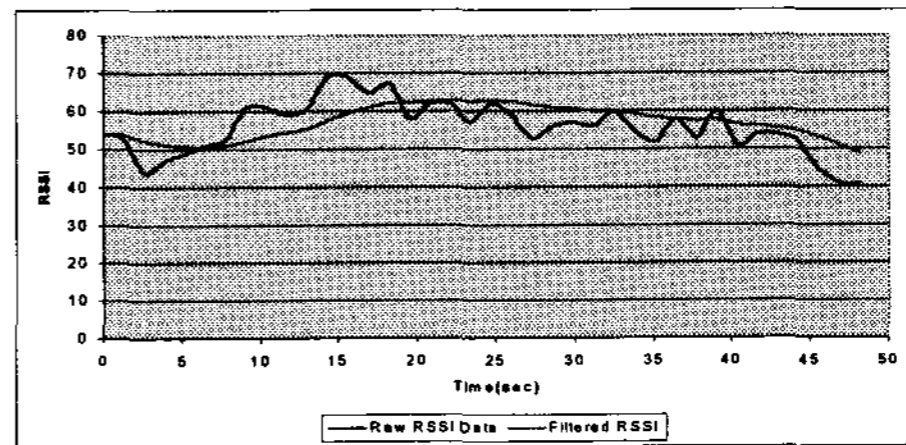


그림 2. RSSI Smoothing Algorithm을 통해 Filter처리된 RSSI값.

무선 센서 네트워크는 배터리로 동작하는 저 전력, 저가의 시스템이고 대체적으로 무선 센서 네트워크가 배치되는 공간은 물리적 환경이 대단히 열악하고 가변적인 곳이다. 이런 환경에서 강력한 시스템을 구축하기 위해서 센서 노드 시스템에 저 전력에 위한 시스템과 각종 통신 장애 상황에 능동적으로 대처하는 Dynamic multi-hop routing Algorithm을 설계 및 적용하였다. 각각의 노드마다 그림 3과 같이 기본경로와 대체 경로 3 곳을 설정 하여 static 방식으로 통신 하고 Reply 신호를 3회 이상 수신 받지 못 할 경우next hop의 노드가 다운되었다고 판단하고 그림 3과 같이 다음의 대체 backup routing 경로로 변경하여 패킷을 전송하게 된다.

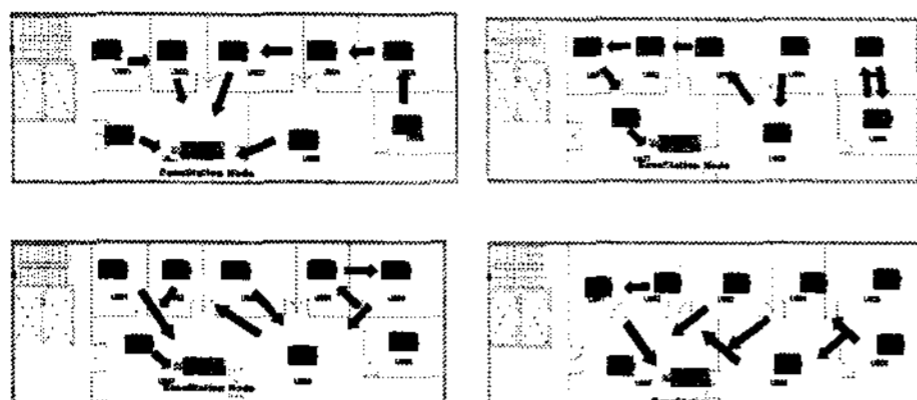


그림 3. 대체 backup routing 경로.

또한 RF Power와 Packet Interval의 효율적으로 설정하여 저 전력 시스템을 구현 하였고 서버프로그램에서 베이스스테이션을 이용하여 각각의 센서노드와 무선통신을 통하여 RF Power, Packet interval, Sleep mode/Wake Up mode, End Device, 라우팅 경로 등의 설정을 할 수 있는 시스템을 설계하여 보다 쉽고 효율적으로 시스템 관리가 가능하다.

2.3 가전기기 제어 시스템

실내위치추적시스템과 센서네트워크를 바탕으로 정보를 수집하여 서버 프로그램에서 사용자에게 따라 차별된 지능형 서비스를 제공하기 위해서 가전기기 제어 시스템은 필수적으로 요구 된다. 각종 가전기기 IR제어를 위해서 마이크로프로세서를 이용하여서 학습형 통합 Remote Controller를 제작하였다. 그림 4와 같은 IR데이터를 학습하여 EEPROM에 저장 하여 집안의 각종 가전기기를 편리하게 통합 제어 할 수 있다.

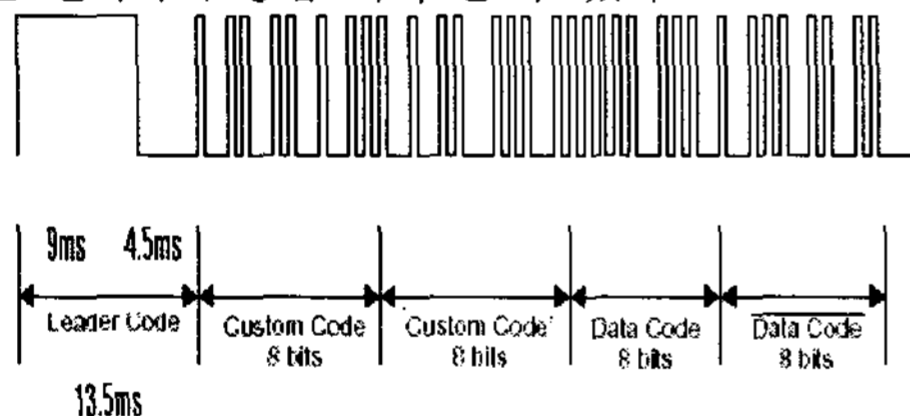


그림 4. 적외선 Data Format.

그림 5의 학습형 Remote Controller는 사용자가 휴대하는 노드이기 때문에 Magnetic Compass 센서를 탑재하여 사용자 방향을 실시간 모니터링이 가능하게 구성 하였다. 또한 사용자에게 따른 지능형 서비스를 위해서 가전기기 주변의 정확한 사용자 위치정보가 필요하다. RSSI기반의 삼각측량 방법은 실내에서 $\pm 1\sim 2m$ 정도의 오차를 가지고 있다. 그래서 보다 정확한 사용자 위치 정보가 요구 되는 곳에는 센서노드를 설치하여서 블라인드와 유니케스트를 통해서 RSSI 값을 측정, 사용자를 탐지 하는 유사 RFID 방식을 이용 했다. 이 방법을 이용 경우 $\pm 20cm$ 의 오차로 사용자 감지가 가능하다. 유사 RFID 위치 추적 방식의 우선순위를 더 높게 설정하여 디스플레이 하며 이런 Hybrid 위치추적 방식을 이용할 경우 보다 작은 노드도 효과적으로 사용자 위치 정보를 알아 낼 수 있다.

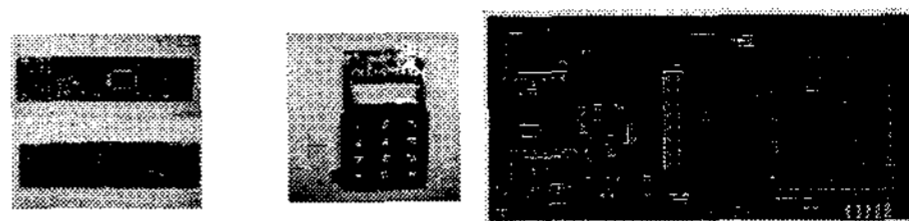
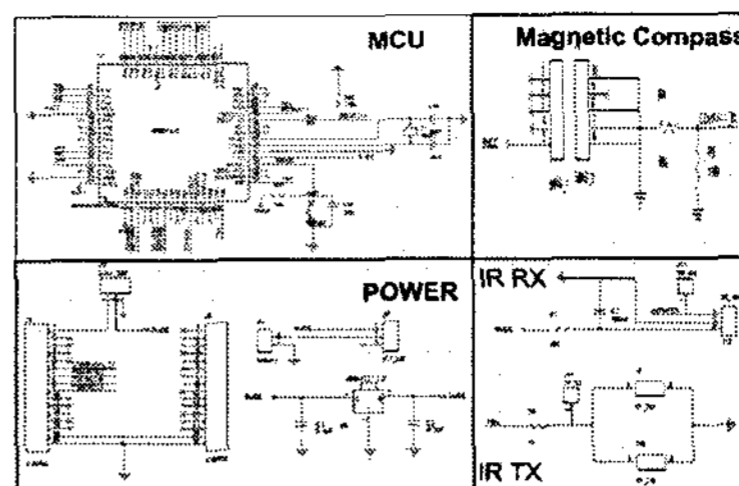


그림 5. 블라인드노드의 Schematic과 Layout.

2.3 가전기기 제어 시스템

서버프로그램은 C#(Microsoft, USA)를 이용하여 제작 하였으며 기능으로는 위치추적시스템에서 받은 RSSI값을 Smoothing Algorithm을 적용하고 이 값을 이용하여 삼각측량을 통해 사용자 위치 정보를 계산하고 디스플레이 한다. 그리고 Dynamic multi-hop Routing을 통해 서버프로그램으로 전송되는 routing 경로를 디스플레이 하고 각종 환경정보를 표시 한다. 또한 센서 노드를 제어하는 기능도 탑재 하였고 지능형 서비스를 위해서 사용자별로 가전기기제어 서비스를 설정을 할 수 있다. 또한 외부에서 Client 프로그램으로 접속하기 위해서 TCP/IP 서버기능과 각종 정보를 효율적으로 관리하기 위해서 Excel과 연동하여 각종 정보들을 저장, 관리하는 기능을 가지고 있다. GDI+를 이용하여 위치추적과 환경모니터링 및 가전기기제어 시스템을 디스플레이 하였다.

III. 시스템 실험 및 구현

실험은 동서대학교 U-IT빌딩 8층의 90평 정도의 공간에 약 5m간격으로 16개의 레퍼런스노드를 그림 6와 같이 천장에 부착하였고 각방마다 1~2개씩 총 10개의 센서노드를 설치하여 실험 하였다.

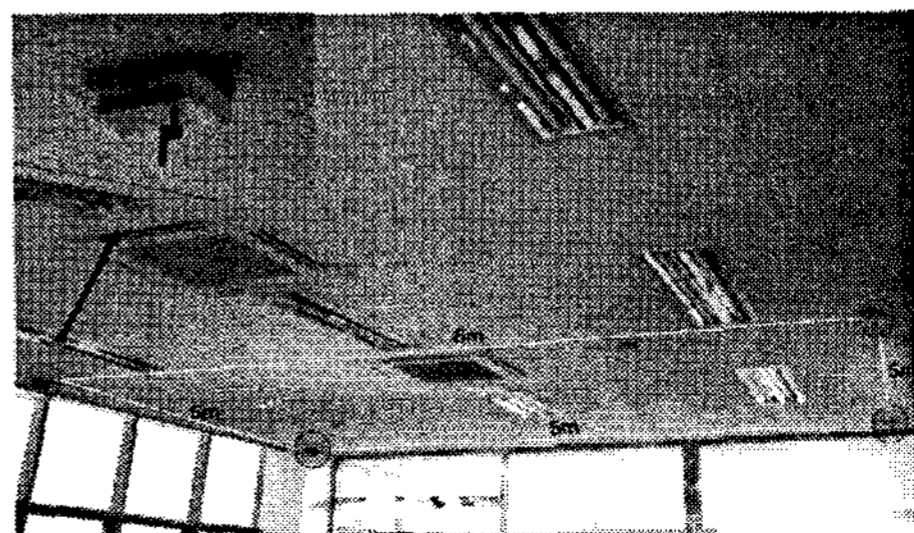


그림 6. 레퍼런스노드 배치도.

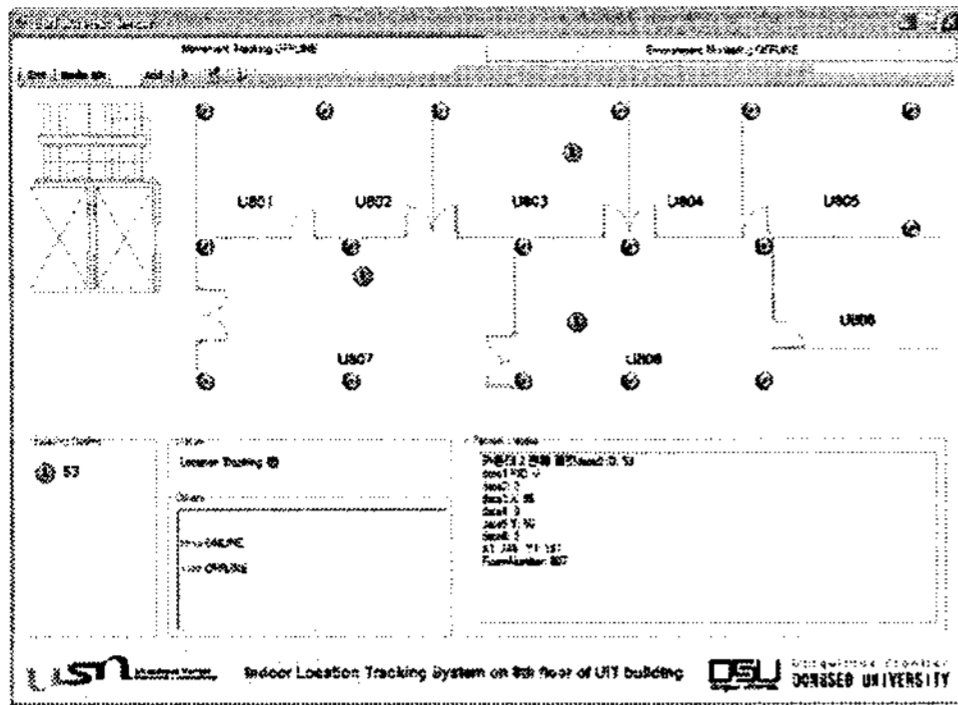


그림 7. Multi-Target 위치 추적 동작 화면

실험 결과 RSSI Smoothing Algorithm을 통해 Filter된 RSSI값을 이용하여 실내위치추적을 이용한 결과 Filter 전에는 오차가 ±2.1m정도였지만 RSSI Smoothing Algorithm을 적용한 이후 Filter된 RSSI를 이용할 경우 오차가 ±1.6m정도로 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

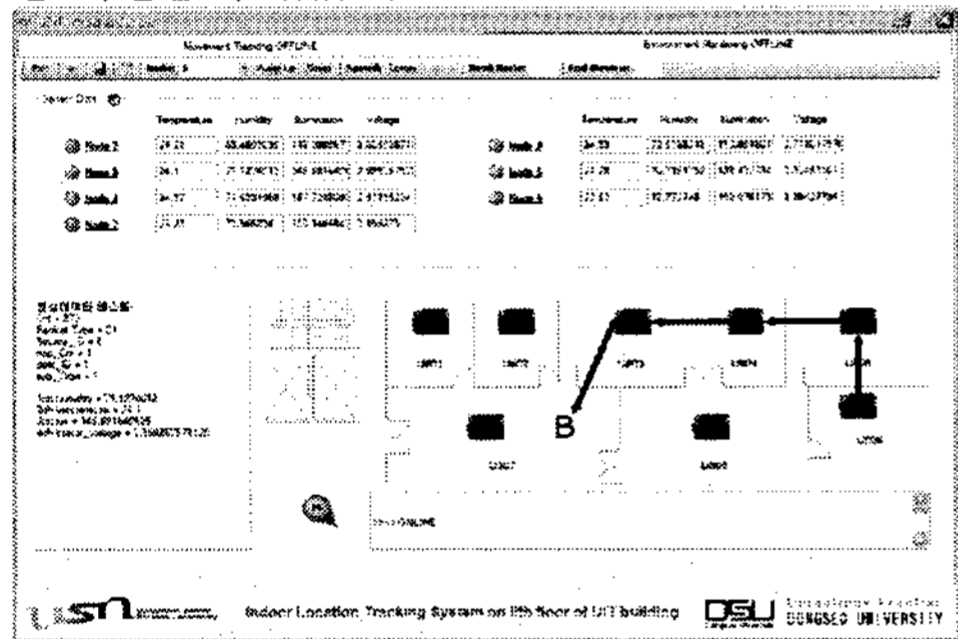


그림 8. 환경 모니터링 및 노드제어 동작화면.

그림 8은 제안한 Dynamic multi-hop routing Algorithm을 통해 전달된 패킷이동 경로와 환경정보, 실시간 사용자 방향(8단계)등을 디스플레이 하는 동작화면이다. 그리고 제안한 Dynamic multi-hop routing Algorithm을 검증한 결과 1만 패킷당 1.6개의 패킷 손실률(0.0016%)로 정상범위에 해당되었다. 그림 9의 경우 4ch. 환경 정보를 실시간 그래프로 디스플레이 하였고 Excel 연동하여 자동으로 각종 데이터를 저장한 화면이다.

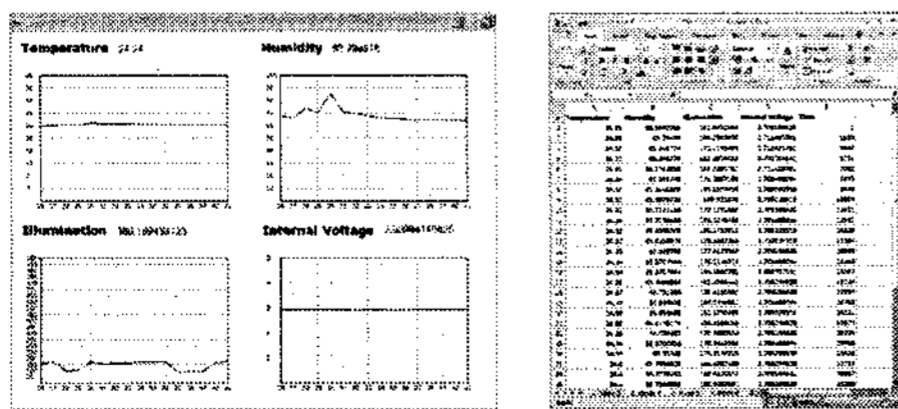


그림 9. 실시간 환경 그래프 및 Excel 연동.

다음은 사용자1이 1번 블라인드노드를 휴대하고 PMP가까이에 접근하면 서버프로그램에서 사용자1을 감지하고 미리 입력된 1번사용자의 서비

스데이터를 검사하고 환경정보를 비교하여 가전 기기를 제어하는 화면이다. 1번사용자의 경우에 오후7~9시까지 쉬는 시간에 다른 사용자가 없고 PMP에 접근했을 때는 영화를 감상하는 것을 즐기는 것으로 서비스 되어 있다. 그림 10의 동작 화면에서와 같이 1번사용자 1번 블라인드노드를 휴대하고 1m 이내로 접근 했을 경우 PMP의 전원이 켜지고 자동으로 영화가 실행되는 것을 확인할 수가 있다. 이처럼 사용자에 따라 차별화된 서비스가 가능한 것이 본 시스템의 특징이다.

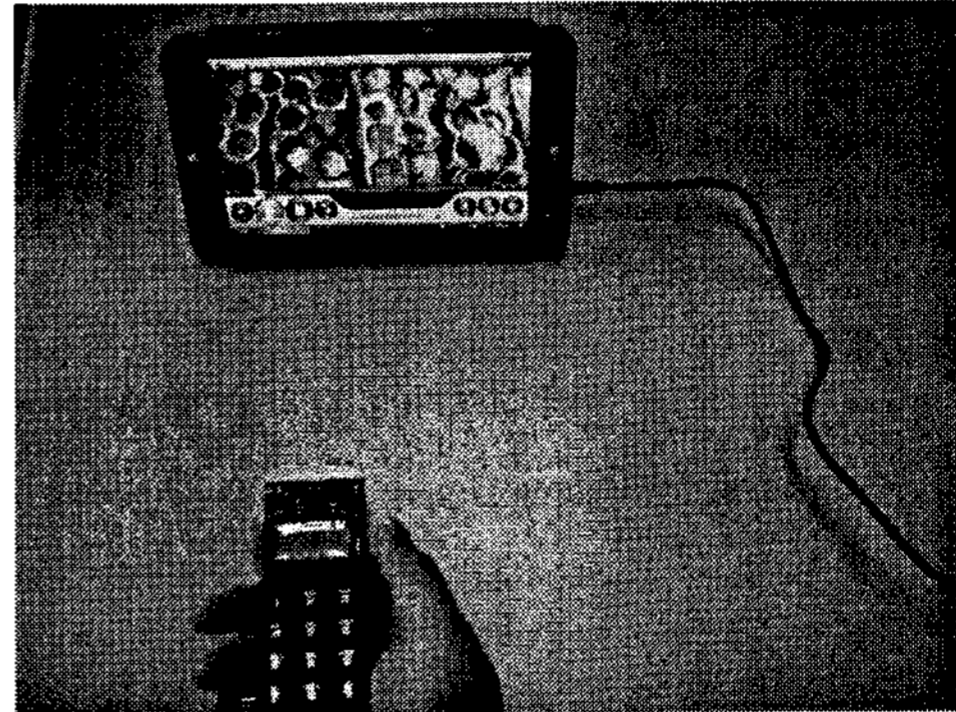


그림 10. 지능형 서비스 동작 화면.

IV. 결론

홈 네트워크 시스템은 현재 각종 연구기관에서 본격적으로 연구를 하기 시작하여 지능형 서비스 쪽으로 활발히 연구가 진행 되고 있다. 본 논문에서는 실내위치추적 시스템과 무선센서네트워크들을 활용하여 저 전력 지능형 홈 네트워크 시스템을 설계 및 구현 했으며 설계한 위치추적시스템과 저 전력시스템, Dynamic multi-hop시스템, 노드무선제어 시스템을 바탕으로 보다 쉽게 유비쿼터스 환경을 구축할 수 있는 발판을 마련하였다. 본 논문의 시스템은 일반가정 뿐만 아니라 노인이나 환자의 상태나 현재위치를 바탕으로 능동적인 서비스를 필요로 하는 병원이나, 양로원, 복지시설 등에 적용이 가능하며, 이러한 시스템뿐만 아니라 실내위치인식과 헬스케어와의 연동에 관한 연구가 계속된다면 다양한 유비쿼터스 환경구현이 앞당겨 질것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 권준달, 신재욱, 신광식, 이은아, 정완영, 무선 센서네트워크 기술을 활용한 RSSI기반의 실내위치인식 시스템, 해양정보통신학 춘계 학술대회논문집, pp.364-367, 2007
- [2] Stoleru, R., Tian He, Stankovic, J.A., "Walking GPS: a practical solution for localization in manually deployed wireless sensor networks", 29th Annual IEEE International Conference, vol., no.pp.480-489,2004.
- [3] Chipcon홈페이지, <http://www.chipcon.com>
- [4] 권준달, 신광식, 이영동, 정완영, 무선센서네트워크 기술을 활용한 Ad-hoc 홈 네트워크 시스템, pp.473-476, 해양정보통신학회 추계학술대회논문집, 2006.