

무선 센서네트워크 기반 신호강도 맵을 이용한 재택형 위치인식 및 사용자 식별 시스템

양용주¹, 이정훈², 송상하², 윤영로²

¹한국생산기술연구원 로봇기술본부 제어인식팀

²연세대학교 대학원 의공학과

(Received January 29, 2007. Accepted May 19, 2007)

Position Recognition and User Identification System Using Signal Strength Map in Home Healthcare Based on Wireless Sensor Networks (WSNs)

Yong-ju Yang¹, Jung-hoon Lee², Sang-ha Song², Young-ro Yoon²

¹Control & Perception Research Team, Division for Applied Robot Technology, Korea Institute of Industrial
Technology(KITECH)

²Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

Abstract

Ubiquitous location based services (u-LBS) will be interested to an important services. They can easily recognize object position at anytime, anywhere. At present, many researchers are making a study of the position recognition and tracking.

This paper consists of position recognition and user identification system. The position recognition is based on location under services (LBS) using a signal strength map, a database is previously made use of empirical measured received signal strength indicator (RSSI). The user identification system automatically controls instruments which is located in home. Moreover users are able to measures body signal freely. We implemented the multi-hop routing method using the Star-Mesh networks. Also, we use the sensor devices which are satisfied with the IEEE 802.15.4 specification. The used devices are the Nano-24 modules in Octacomm Co. Ltd.

A RSSI is very important factor in position recognition analysis. It makes use of the way that decides position recognition and user identification in narrow indoor space. In experiments, we can analyze properties of the RSSI, draw the parameter about position recognition. The experimental result is that RSSI value is attenuated according to increasing distances. It also derives property of the radio frequency (RF) signal. Moreover, we express the monitoring program using the Microsoft C#.

Finally, the proposed methods are expected to protect a sudden death and an accident in home.

Key words : wireless sensor networks (WSNs), received signal strength indicator (RSSI), position recognition, identification, signal strength map

I. 서론

무선 센서네트워크(Wireless Sensor Networks: WSNs)는 무선 센서 필드 개념을 중심으로 불특정 공간에 설치된 센서로 구성된 네트워크로부터 수집된 정보를 일괄적으로 활용하는 것을 의미한다. 이는 기존의 유선 네트워크 서비스가 갖고 있는 제약을 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있

으며, 유비쿼터스 네트워크와 다양한 센서 기기의 활용으로 많은 분야에서 응용되고 있다. 특히 이를 기반으로 주변 상황인식 및 위치인식이 활발히 연구되고 있으며, 의료 분야에 있어서 의료장비 및 비품 또는 환자의 위치를 찾고자 할 때, 환자의 현재 상태를 모니터링하여 전자의료기록을 자동으로 갱신할 때 필요하다[1].

노인 인구의 증가에 따라 가족의 보호를 받지 못하고 주간에도 홀로 집에 생활하는 노인이 늘어나고 있으며, 최근 가정에서 안전사고, 급사에 대한 사례가 증가하는 추세이다. 따라서 이를 예방하는 방법으로 실내에서 무선 센서네트워크를 이용하여 거주자의 위치를 추적하는 모니터링 시스템이 중요한 서비스로 대두되고 있고 이와 관련한 많은 연구가 이뤄지고 있다. 본 논문은 무선센서네트

Corresponding Author : 양용주
강원도 원주시 흥업면 매지리 연세대학교 첨단의료기테크노타워 201호
(220-842)
Tel : 033-760-2809 / Fax : 033-763-4050
E-mail : yyjo498@hanmail.net

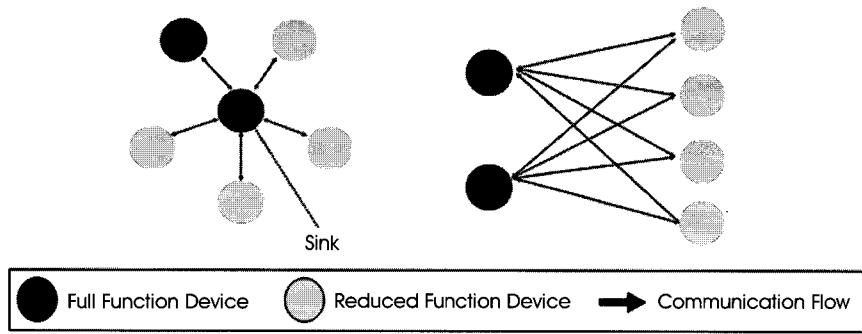


그림 1. (a)스타네트워크(Star network), (b) 메쉬네트워크(Mesh network).
 Fig. 1. (a) Star network, (b)Mesh network.

워크에 기반한 location based service(LBS)방식의 신호강도 맵 (signal strength map)을 이용한 위치인식 시스템이다.

II. 배경

A. 관련 연구 사례

유비쿼터스 컴퓨팅 분야에 있어 제한된 공간 내에서 위치인식에 관한 많은 연구가 이루어졌다. 적외선을 사용한 AT & T의 active badge는 active badge의 위치를 찾아 건물 내에서 사용자의 위치를 인식하는 방식이고, 초음파와 RF를 이용한 MIT의 Cricket, WLAN의 RSSI를 사용한 Microsoft사의 RADAR는 IEEE.802.11 무선 네트워킹 기술을 기반으로 하는 건물영역의 위치 인식 및 추적 시스템이다.Ultra wide-band(UWB) 신호를 사용한 Ubisense사의 Ubisense가 있다[2,3].

B. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

위치 인식 및 트래킹 분야에서 기존의 time of arrival(TOA) 알고리즘은 수신부와 송신부 사이에 시간을 측정하기 위한 별도의 하드웨어가 필요하고, angle of arrival(AOA) 알고리즘 역시 수신되는 신호의 각도를 측정하기 위한 안테나 혹은 어레이(array) 형태의 안테나가 추가로 필요한 단점이 있다. 따라서 본 논문에서 사용한 Received signal strength indicator(RSSI)는 신호원으로 부터 수신기에 들어오는 신호전력을 의미하며 안테나의 이득이나 회로내부의 손실은 고려하지 않는다. 프로그래밍에서 사용된 RSSI는 16진수 패킷, link quality indicator(LQI)로 노드 간의 연결 정도를 나타내며 0x00 ~ 0xFF 범위의 다이내믹 레인지를 갖는다.

III. 시스템 구현에 사용된 하드웨어 모듈 및 소프트웨어

A. Nano-24 모듈

Nano-24는 유비쿼터스 환경 기반 기술인 센서 네트워크 개발

및 교육을 위한 실습키트로 CPU는 RISC구조의 Atmega128L이며, In-System reprogrammable(ISR) 기반의 플래시 메모리, 내부 SRAM, EEPROM, 내·외부 SDRAM을 지원한다[4].

시스템에 사용된 모듈은 메인 모듈과 인터페이스 모듈이다. 메인 모듈은 MCU(Atmega128L)와 2.4GHz의 주파수 대역을 이용하는 RF 송수신 모듈(CC2420)을 가지고 있어 기본적인 RF통신이 가능하고 OS를 구동시키며, Zigbee 프로토콜, PCB안테나가 내장되어 있어 소형이다. 인터페이스 모듈은 메인 모듈 혹은 다른 센서 모듈과 적층하여 사용하며 프로그램 다운로드, 외부 전원 사용, Max232를 내장하고 있어 시리얼 통신이 가능하다.

B. Nano-Q+

Nano-Q+는 한국정보통신연구원(ETRI)에서 개발한 Nano 시스템을 구동하기 위한 소프트웨어로Simple Scheduler, TimedScheduler, Preemption Scheduler, RF Driver, Serial Driver, ADC Driver 등을 포함한 센서네트워크 운영 체제이다. 또한 시스템 구현에 사용된 커널은 Nano-qplusn 1-5.1e 버전이다.

IV. 구현

A. 위치 인식 및 사용자 식별을 위한 무선 센서네트워크의 설계

센서네트워크는 센서, 라우터(Router, Coordinator), 싱크(Sink, Pan-coordinator)로 나뉜다. 센서는 데이터만을 전송하고 다른 센서, 라우터로 수신 및 참여(Association)는 할 수 없으며 reduced function devices(RFD)에 해당한다. 라우터는 다른 라우터 혹은 센서로 전송, 수신, 참여가 모두 가능하여 부분네트워크를 제어할 수 있으며, 제어 하에 있는 기기들로부터 수집한 정보를 싱크로 전송하는 코디네이터(Coordinator)의 역할을 한다. 싱크는 네트워크에서 하나만 존재하고 전송, 수신, 참여가 가능하지만 라우터와는 달리 전체 네트워크에서 수집된 정보가 모이고, 전체 네트워크에 참여한 기기들을 제어한다는 점에서 더욱 포괄적이며 full function devices(FFD)로 정의할 수 있다[5,6].

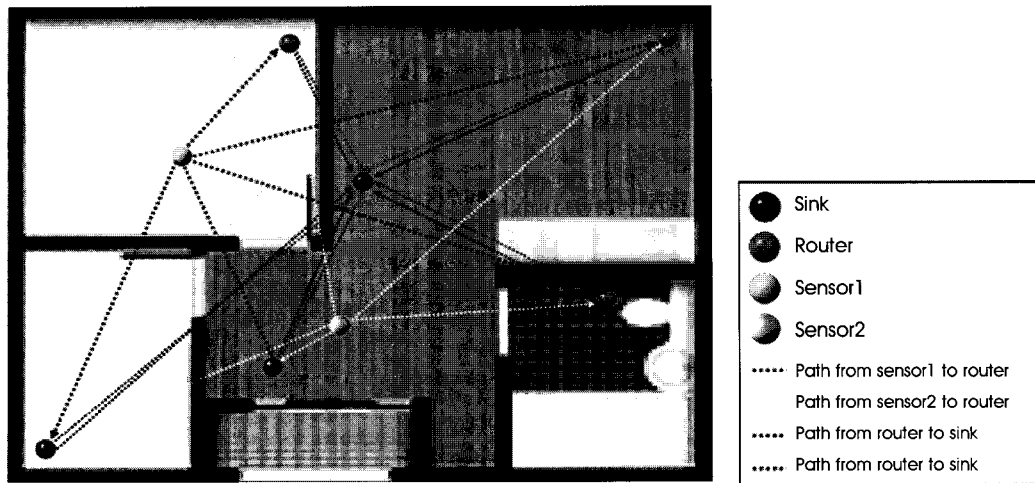


그림 2. 구현한 LBS의 RF 신호 경로.

Fig. 2. A path of the RF signal in implemented location based services.

구현한 네트워크는 멀티-홉 라우팅(Multi-hop routing) 방식을, 세부적으로 그림 1. (a)의 스타 네트워크와 (b)의 메쉬 네트워크를 혼용한 스타-메쉬 네트워크라 할 수 있다. 센서와 라우터 사이에 적용한 메쉬 구조는 노드간 링크가 끊어졌을 때 다시 복구될 수 있고 각각의 라우터가 서로 정보를 주고 받으며 네트워크의 상태를 파악할 수 있다는 점에서 최상의 루트를 구성할 수 있다. 또한 실내 공간이 협소하고 좁기 때문에 라우터들이 서로 연결될 수 있는 가까운 위치에 존재한다. 라우터와 싱크 사이의 스타구조는 상위 라우터, 즉 싱크를 지정해 줄 있어 모양이 단순하고 문턱치 received signal strength indicator(RSSI)를 적용함에 따라 데이터 전송 지연과 같은 병목현상 및 전체 네트워크의 트래픽을 분산시킬 수 있는 장점이 있다[6]. 측정된 센서 디바이스의 RF통신 범위는 약 0~50m로 선형성을 유지하는 5m이내의 거리 제한으로 인한 넓은 범위의 데이터 수집을 위해서 데이터간의 릴레이(Relay)가 가능한 멀티-홉 라우팅 방식을 적용하였다.

각 센서들은 센서 값을 수집하면서 최종 목적지인 싱크까지 라우팅 하면서 데이터를 전송한다. 즉, 사용자가 센서를 휴대하고 실내 공간에 고정된 라우터로 브로드캐스팅한다. 따라서 모든 라우터는 4개의 센서로부터 RF 신호를 수신 가능하며 각 센서는 할당된 고유 ID를 라우터로 전송한다. 그러므로 센서에서 라우터로 전송할 수 있는 경로는 20개이다.

메쉬 네트워크는 하나의 라우터에 4개의 센서 기기로부터 접근이 가능한 그물망 형태로 각 기기는 peer to peer 네트워크를 형성하며, 라우터에서 수신한 정보는 센서의 ID이고 라우터에서 싱크로 송신할 정보는 라우터 자신의 ID와 센서와 라우터 사이의 RSSI이다. 각 라우터가 송신한 정보는 싱크에서 1:1로 수신하며 각 라우터와 싱크사이에는 스타 네트워크로, 즉 하나의 싱크를 중심으로 모든 노드가 싱크로 연결을 요청하고, 싱크가 연결을 허락한 모든

노드의 연결을 제어한다. 따라서 스타-메쉬 네트워크는 하나의 싱크와 다수의 라우터, 라우터에 연결된 다수의 센서로 구성된다.

라우터가 동일한 데이터를 싱크로 전송할 경우, 데이터 전송률은 전체 네트워크에서 갑자기 증가한다. 이는 모듈간 데이터 천이 시간 동안 네트워크 연결을 그대로 유지하거나, 특정 문턱치 이상의 RSSI를 설정하여 전체 네트워크의 데이터량을 줄임으로써 해결할 수 있다. 구현한 네트워크의 흐름은 그림 2과 같다. 4개의 센서가 고유 ID를 라우터로 전송하고 5개의 라우터는 센서로부터 전송된 ID와 센서와 라우터 사이의 RSSI를 수신한 뒤, 다시 라우터의 ID를 포함해 싱크로 전송한다. 최종적으로 싱크에서 수신한 데이터는 센서 ID, 라우터 ID, 센서와 라우터 사이의 RSSI, 라우터와 싱크 사이의 RSSI이다. 따라서 구현한 무선 센서네트워크는 센서 4개, 라우터 5개, 싱크 1개로 구성된다.

B. 무선 센서네트워크에서의 사용자 식별

사용자는 고유 ID가 할당된 메인 모듈을 휴대하고, 사용자가 변기, 욕조, 침대에 일정 영역 이내로 접근하면 할당된 ID가 계측기에 부착된 모듈로 전송된다. 그 때 자동적으로 사용자는 편안하게 생체신호를 측정할 수 있게 된다. 각 계측기의 사용자를 한 명으로 가정하고 사용자 구분을 위해 휴대한 모듈과 부착된 모듈 사이의 link quality indicator(LQI)가 0xF0 이상일 경우 할당된 ID가 전송되도록 구현하였다.

C. 신호 강도 맵을 이용한 위치 기반 서비스(LBS)

본 논문은 IEEE 802.15.4 규격을 따르는 센서를 사용하여 실내에서 위치 인식하는 방식으로 주어진 장소에서 사전에 측정된 RSSI를 사용하는 신호강도 맵을 적용하였다. 또한 RSSI 방식에 있어 경로 손실(path loss)을 분석하는 것은 위치의 정확도를 높이

는데 중요하다. RSSI 측정시, 여러 신호를 수신하는 경우 수신된 신호의 위상 왜곡이 발생하는 다중 경로 페이딩(Multi-path fading)과 송신기와 수신기 사이의 시야가 확보되지 않아 수신기는 송신기가 보낸 신호를 직접 받지 못하고 반사, 회절, 분산된 신호만 수신함에 따른 오차가 발생하기도 한다[7]. 실외는 Friss model, 건물 내, 좁은 공간에 있어서는 Siwiak-Petroff, Marquess, Rusch model이 주로 이용된다. 그렇지만 CC2420 데이터 시트에 안테나의 길이와 넓이의 치수는 있지만 PCB 안테나 패턴의 두께, 높이를 알 수 없어 모델 적용이 힘들다[8]. 따라서 주어진 장소에서 사전에 측정된 RSSI를 이용하여 데이터 베이스를 구축하는 신호강도 맵 기반 방식을 적용하였다. CC2420으로부터 측정된 RSSI는 100dB의 다이내믹 레인지(Dynamic range)를 갖는다[8].

일반적으로 모니터링 시스템은 real time monitoring system (RTMS), location based service(LBS)로 나눌 수 있다. RTMS는 실시간으로 위치를 모니터링 하는 방식으로 라우터가 많을수록 해상도가 높다. 또한 LBS는 정해진 구역에 사람이 존재유무를 알

수 있으며 RTMS에 비해 필요한 노드의 수가 작다. 본 논문은 LBS 방식에 트래킹을 제외한 실시간으로 위치를 모니터링 방식을 적용하였다.

D. 전체 시스템의 순서도

구현한 네트워크와 전체시스템의 흐름은 그림 3과 같다. 센서에서 라우터로 고유 ID를 브로드캐스팅한다. 라우터에서는 센서에서 송신한 ID와 센서로부터 RSSI를 수신하고 외부에서 RSSI 데이터 패킷이 수신될 때마다 타이머/인터럽트에 의해 수신함수가 호출되고, 일정 시간의 지연을 가진 뒤 참여 관계에 있는 싱크로 센서 ID, 라우터 ID, 센서로부터 수신된 RSSI 값이 전송된다. 싱크로 수신된 데이터는 38400bps로 pc로 전송된다. 전송된 데이터는 마이크로소프트 C#를 이용하여 이진 트리(Binary tree)와 더블 링크드 리스트(double linked list)을 적용하여 데이터를 처리하였고, 100ms마다 모든 정보가 업데이트 되는 실시간 모니터링 프로그램을 구현하였다.

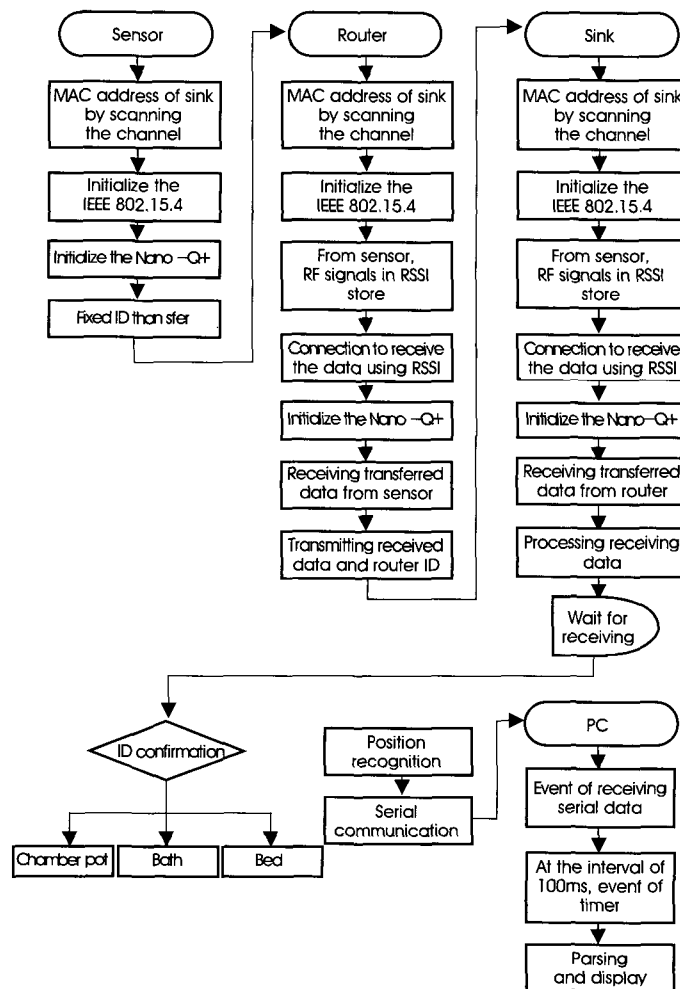


그림 3. 전체시스템의 순서도.
Fig. 3. Flowchart of the system.

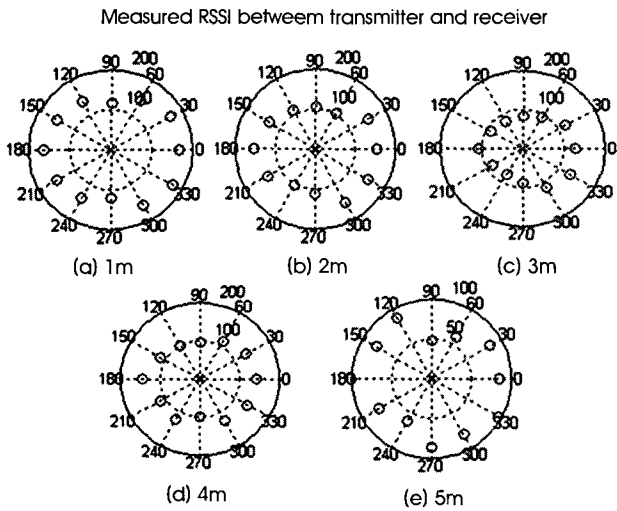


그림 4. 1~5m까지 0~330도까지 두 노드 사이에서 측정된 RSSI.
Fig. 4. Measured RSSI between two nodes.

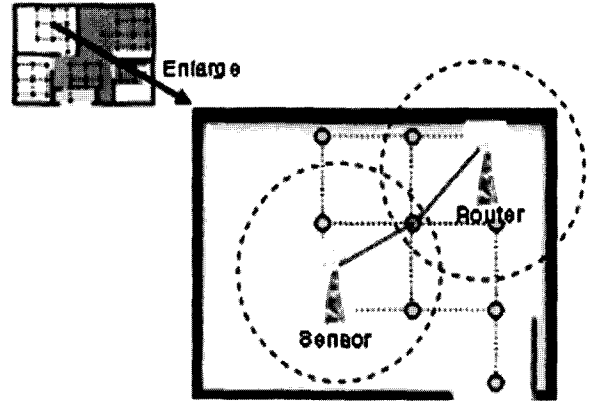


그림 5. 각 영역에서의 특정거리에서 최적의 RSSI 측정방식.
Fig. 5. Method of optimizing RSSI at all sectors.

V. 실험 및 실험 결과

A. 자유 공간에서 PCB 안테나 실험

수신기와 송신기를 마주보고 있을 때를 0도로 가정한다. 수신기를 고정시키고 송신기를 0~360도까지 30도 간격으로 회전시키면서 1m 간격으로 거리를 늘려가면서 5m까지 100번 측정하였다. 그림 4에서 120도 간격마다 측정된 RSSI는 유사하고, 사용된 안테나는 각 섹터마다 스펙트럼 리소스를 공유함을 알 수 있다[9]. 또한 본 실험을 통해 라우터는 천장에 고정 시키고 센서는 몸에 부착시킴으로써 두 노드 사이의 방사 각도 및 측정 방향을 그림 5과 같이 결정하였다.

B. 실내환경에서의 실험

실험에 사용된 환경은 7m * 9m * 2.5m 크기의 연세대학교 첨단의료기기센터 내 재택건강관리시스템 모의환경실험실에서 이루어졌다. 실험은 생체신호 측정을 위한 ID 인증과 위치인식으로 나누어져 있다.

ID 인증은 침대, 욕조, 변기에서 생체신호를 측정을 위한 사용자를 구분하는 단계로, 사용자가 메인 모듈을 휴대하고 방에서 활동하다가 변기, 침대, 욕조에 최소 거리로 이동할 때, 침대, 욕조, 변기에 부착된 모듈로 할당된 ID가 전송되어 자동적으로 측정된다. 측정된 혈당, 혈압, 맥박, 심전도, 혈중산소농도(SpO2)와 같은 정보를 실험실내 사용자 위치를 토대로 모니터링 할 수 있다.

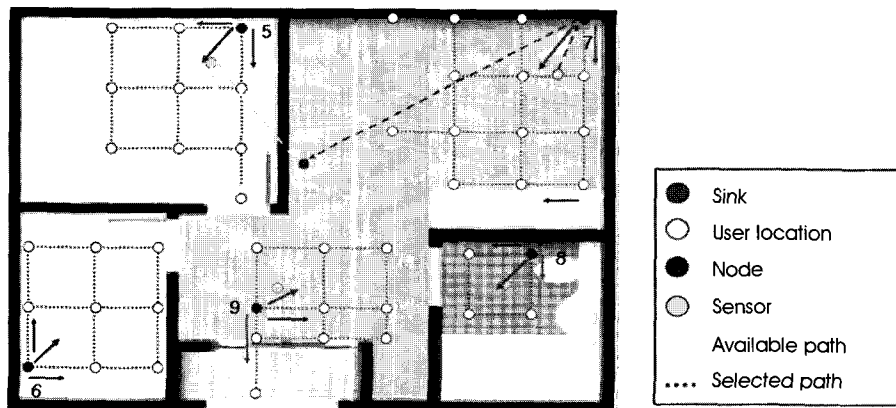


그림 6. 연세대학교 재택건강관리 모의실험실 평면도.
Fig. 6. A plane figure of laboratory in home health management system, Yonsei University.

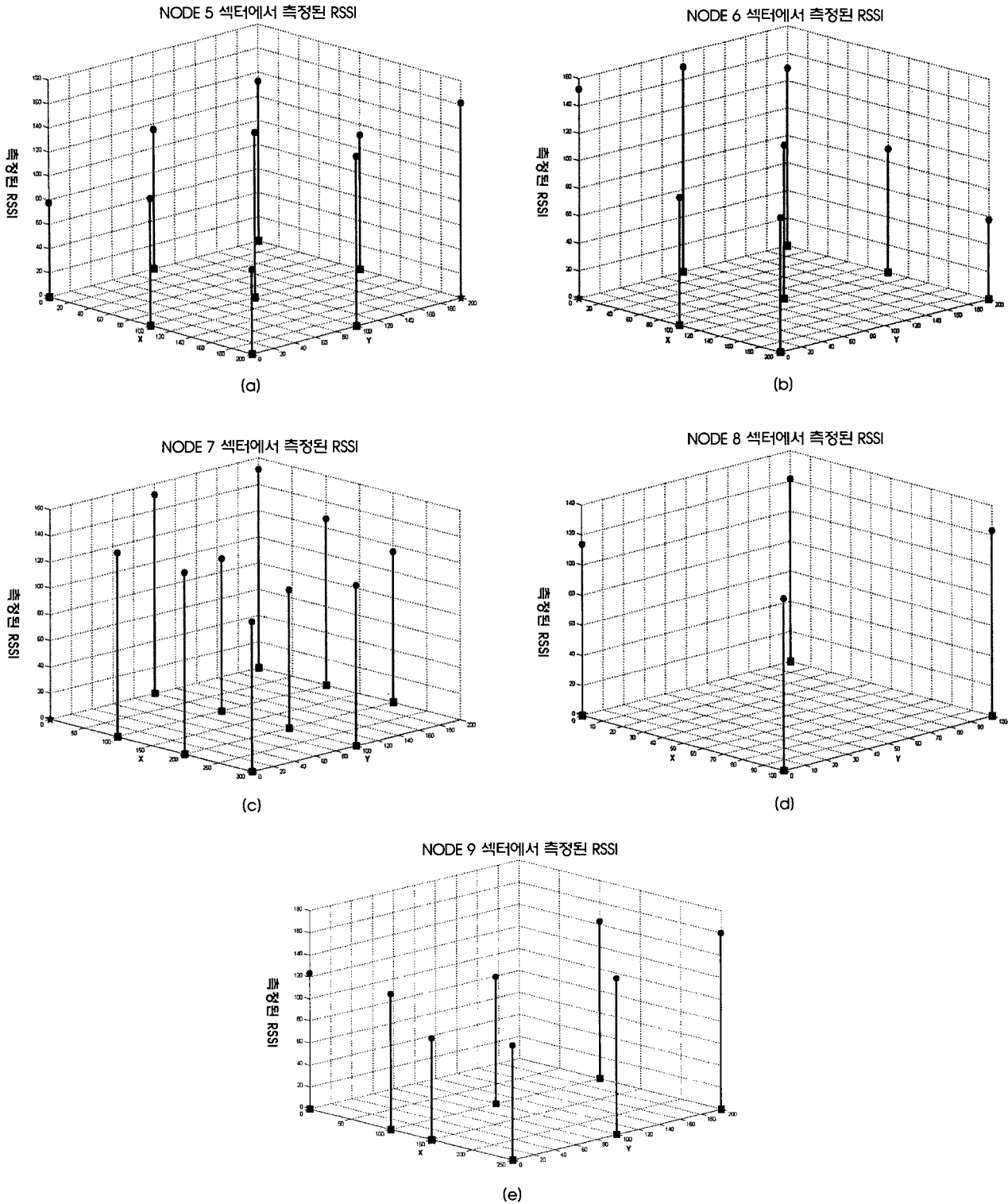


그림 7. 그림 6에서 설정한 해상도를 고려하여 각 노드 섹터에서 측정된 RSSI* 에 해당하는 지점이 각 섹터의 라우터이다.

(a) 노드 5 섹터에서 측정된 RSSI (b) 노드 6 섹터에서 측정된 RSSI (c) 노드 7 섹터에서 측정된 RSSI (d) 노드 8 섹터에서 측정된 RSSI (e) 노드 9 섹터에서 측정된 RSSI

Fig. 7. Measured RSSI values in all sectors considering a resolution of specific area.

(a) Measured RSSI in node 5 (b) Measured RSSI in node 6 (c) Measured RSSI in node7 (d) Measured RSSI in node8 (e) Measured RSSI in node9

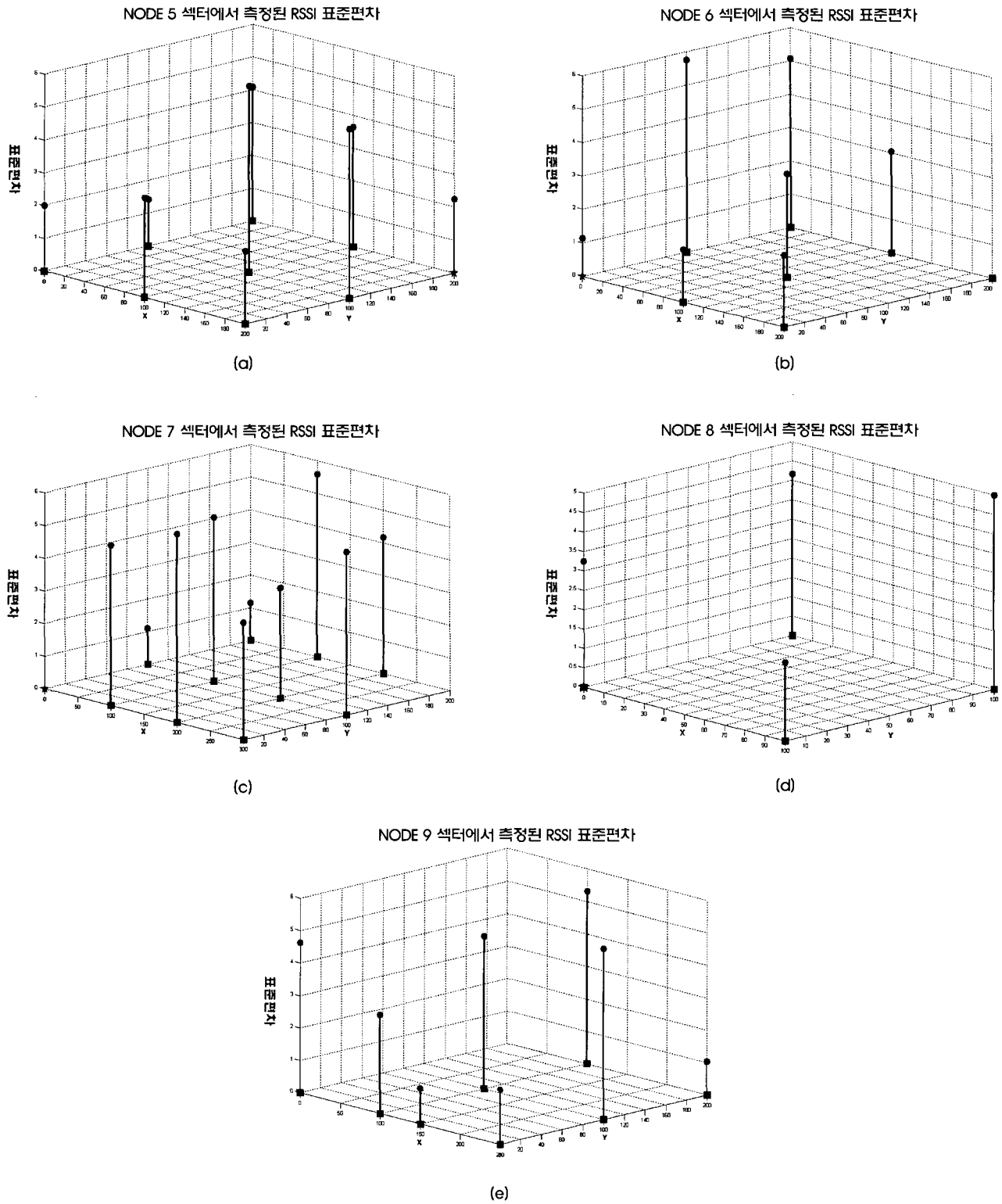


그림 8. 그림 7의 결과에 대한 표준편차. *에 해당하는 지점이 각 섹터의 라우터이다.
 Fig. 8. The standard deviation of the figure 7.

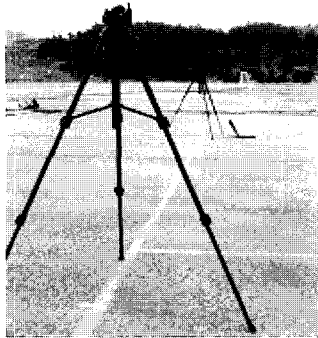


그림 9. 실험 5.3 모습.

Fig. 9. The Environment of the experiment 5.3.

두 번째로 방안에서 거주하고 있는 사람의 위치 인식과 모니터링 시스템이다. 방안 내부를 1m * 1m 로 나누어 5개의 라우터에서 최소 1m, 최대 3m까지 각 위치마다 센서와 라우터 사이의 RSSI를 50회 측정하여 그림 6의 각 위치마다 신호 강도 맵을 구현하였다. 그림 7은 각 섹터의 고유 위치에서 측정된 RSSI로 제한된 공간에서의 신호강도 맵이다. 측정 결과는 RF 신호의 특성과 유사하게 송신부와 수신부 사이의 거리가 멀어짐에 따라 RSSI는 감소하였지만 가구, 가전제품과 같은 장애물의 영향에 따른 RF 신호의 회절 및 반사로 인해 RSSI가 증가하는 구간도 확인할 수 있었다. 그림 8은 그림 7에서 각 위치에서 측정된 RSSI의 표준편차로 위치에서의 오차 분포를 나타내며 이는 사람의 움직임에 따른 송신기와 수신기 사이의 송수신 각도의 변화가 분포의 주된 요인이라 할 수 있다.

C. 실외환경에서의 실험

RF 신호 고유의 특성을 알아보기 위해 운동장에서 50cm씩 이동하면서 RSSI를 측정하였다. 두 노드 사이의 방향을 고려하여

삼각대에 노드를 고정시켜 평행한 상태에서 거리를 변화시키면서 30회 실험하였다.

수집된 데이터를 이용하여, 50cm 간격으로 평균을 취하고 RSSI는 거리가 늘어남에 따라 감소함을 알 수 있다(그림10).

D. 시뮬레이션

그림 11은 사용자가 욕실내의 변기에서 용변을 보고 있을 때 측정되는 각종 생체신호와 거주자 정보 및 위치를 나타내는 화면으로 다수의 사용자와 다양한 위치에서 각 정보를 어플리케이션 프로그램을 통해 모니터링 할 수 있는 한 사례를 보여준다.

VI. 결론

본 논문은 거주자의 위치를 인식하고 자동적으로 생체신호를 측정할 수 있는 사용자 식별 시스템으로 RSSI를 이용함으로써 환경이 변함에 따라 재 실험해야 하는 단점이 있지만 추정, 확률을 이용하는 방법에 비해 센서 모듈에 프로그래밍이 가능하고 정확도가 높다는 장점이 있다. LBS 방식의 스타-메쉬 네트워크를 혼용한 멀티 홉 라우팅 방식의 적용하여 실시간 측면에서 가장 효율적인 네트워크를 구성하였다.

RSSI 알고리즘 방식은 수신기와 송신기 사이의 전력을 비교하여 거리를 추정하는 방식으로 경험적인 측정이 매우 중요하며 센서네트워크의 초경량, 저전력, 휴대성의 목적에 부합하는 문턱치 RSSI를 적용하였다.

특정 환경에서 실험을 통해 사전에 측정된 RSSI를 토대로 신호 강도 맵을 데이터 베이스화하여 측정된 값으로 거리를 추정하는 방식을 적용하였다. 사용자 식별에 적용한 0xF0의 문턱치 RSSI는 욕조, 침대, 변기에서 생체신호를 측정할 때 사용자를 1인으로 제한해야 하기 때문에 적절하다. 사용자의 위치 추정시, 추정 공간의 각 구역을 1 X 1m로 나누어 실험을 통해 특정 위치에 따라 문턱치 RSSI를 사용하였다.

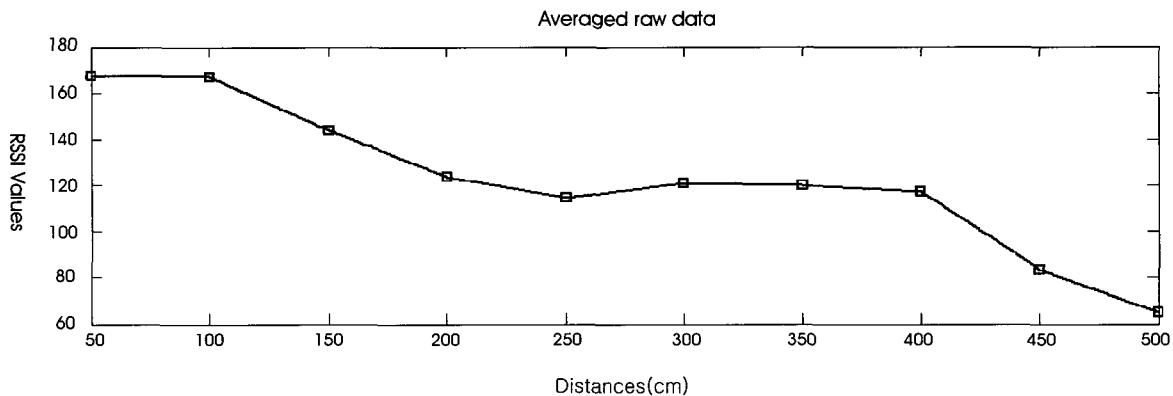


그림 10. 실외에서 삼각대를 이용하여 RF 신호의 거리에 따른 감쇄특성을 관찰하기 위한 실험 결과.

Fig. 10. The experiment result of RF signal property .

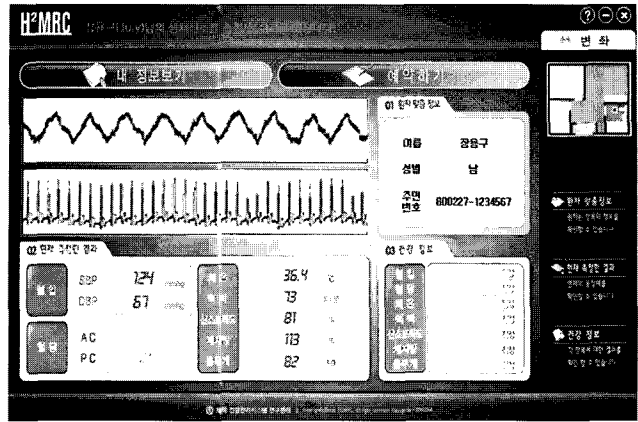


그림 11. 5.4 시뮬레이션의 결과.
 Fig. 11. The result of simulation in 5.4.

RSSI를 적용해야 하는 이유는 2가지로 요약해 보면, 첫 번째로 일반적인 RF 신호의 경로는 신호를 방해하는 환경, 장애물에 따라 달라지는데 이러한 현상의 적절한 예는 집안의 가전제품, 가구 등에 의한 RF 신호의 회절, 반사로 인한 것으로 거리에 따라 측정된 RSSI는 비선형적이다. 두 번째로 센서 모듈의 메모리의 용량이 매우 작아 계산과정 및 연산이 복잡한 알고리즘을 구현할 수 없다. 그렇지만 신호강도 맵을 이용한 방법은 구현하기 메모리 및 계산과정 측면에서 매우 효율적인 반면 추정된 공간의 변화나 새로운 공간에 적용할 때, 다시 측정해야 한다는 단점이 있다[11].

RTMS는 LBS에 비해 모니터링 할 때, 위치 트래킹에 실시간에 이점이 있지만 사용자가 1인 늘어날 때에 네트워크상에 증가하는 데이터량에 비해 훨씬 효율적이다. 따라서 추적하고자 하는 이동 개체가 기 지정된 공간에 존재하는지 여부를 통해 이동 개체의 위치를 확인하는 방식을 도입하였고, 노드가 촘촘하게 배치되어 있을수록 추정의 정확도는 높아진다. 2명 이상의 사용자가 라우터 경계에 존재하는 경우 선택의 문제가 발생하기 때문에 각 구역마다 공간을 격자화하여 적용하였고, 경로가 관심의 대상이므로 주요지점만을 골라서 사용자의 존재여부를 확인하였다. 또한 전파세기 및 전파 도착시간 혹은 도착각도가 항상 일정하지 않고 시간에 따라 변하며, 정지상태에 있던 장치가 움직이기 시작하는 경우 오차가 더욱 커지기 때문에 주어진 환경에 적합한 문턱치 RSSI를 적용한 LBS 방식이 더 적합하다.

본 논문에서 구현한 거주자 기반 채택형 위치인식 및 사용자 식별 시스템은 사용자 식별을 통해 가정 내 구성원의 맥박, 혈당, 체온, 혈중산소농도(SpO2), 심전도 등의 생체 신호 정보를 사용자의 위치와 함께 제공함으로써 거주자 위치의 모니터링을 통해 급사, 사고 등을 예방할 수 있고, 빠른 응급서비스 제공을 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] J.H. Park, M.G. Kim, J.H. Back, "Analysis of the industrial structure in location based services(LBS) and the strategy of the market development" KICS, vol. 20, No.4, 2005
- [2] S.Y. Nam, H.B. Song, *Wireless Sensor Network application using MOTE-KIT*, Sang Hak Dang, 2005, pp. 24~56.
- [3] Want R., Hopper A., Falco V., J.Gibbons, "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems*, 1992, pp.91~102.
- [4] <http://www.Octacomm.net>
- [5] S.H. Lee, T.C. Jung, "The technology of the wireless sensor networks(WSNs)", Kyeong-Hui university, 2005, pp.8~15
- [6] Han-Sik Jang, Sang-Do Lee, Jae-Seong Lim, Ho-Jin Choi, Sang-don Park "Implementation of Location Information Technologies Using Zigbee and Application Services," *TELECOMMUNICATIONS REVIEW in SK Telecom*, vol.16-2, pp.203~225, 2006.
- [7] IEEE Standard, IEEE 802.15.4:Wireless Medium Access Control (MAC) and Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2003, pp. 34~56.
- [8] Chipcon, "CC2420 Data Sheet",2005, <http://www.chipcon.com>
- [9] Frank, Gross, *Smart Antenna for Wireless Communications*, McGraw-Hill, 2005, pp.34-56.
- [10] O.S. Park, K.R. Jung, H.S. Kim, "Position recognition technology and system for ubiquitous computing," *A weekly technology trend in ETRI*, vol.1098, 2003.
- [11] Jagoba Arias, Aitzol Zuloaga, Jesús Lázaro, Jon Andreu and Armando Astarloa, "Malguki: an RSSI based on ad hoc algorithm," *Microprocessors and Microsystems*, vol.28, pp. 403-409, 2004.