

논문 2007-44TC-10-3

ZigBee 태그기반 아파트 위치인식시스템 설계 및 구현

(Design and Implementation of A Location Positioning System based on ZigBee Tags in Apartment)

소 선 섭*, 은 성 배**

(Sun Sup So and Seongbae Eun)

요 약

위치 인식 기능은 U-city를 구성하는 핵심 요소로서 아파트 단지 등에서 상용화를 목적으로 활발히 연구, 개발되고 있다. 아파트에서 능동태그를 부착한 거주자나 자동차가 단지 내를 이동할 때 태그와 라우터 사이에 주기적인 위치인식 통신으로 태그의 위치를 계산한다. 이 방법은 통신을 위해 태그노드나 라우터 중 하나가 주기적으로 신호를 발신해야 한다. 본 논문에서는 아파트에서 ZigBee 태그를 부착한 차량이나 거주민의 위치를 인식하는 시스템을 설계하고 구현하였다. 태그가 신호를 전송하는 방식과 라우터가 신호를 전송하는 두 방식에 대하여 성능을 비교 분석하였는데 신호 트래픽 분석에 의하여 라우터가 신호를 전송하는 방식이 더 효율적임을 보였다. 또한 위치인식시스템의 부가 서비스로서 태그를 이용한 출입통제 및 엘리베이터 제어, 기타 기능들도 가능함을 보였다. 실제 아파트 주차장에서 위치인식 성능 실험을 수행하였으며 그 결과 차량 및 보행자의 위치 인식을 충분히 수행할 수 있음을 보였다.

Abstract

Location awareness is one of the key functions to build U-city. Recently, many of works for location-aware systems are emerging to commercially apply to on-going large-scale apartment complex. As dwellers or cars being attached with active tags are moving in the U-city complex, the active tags periodically broadcast their own identifiers and routers fixed along the street or in a building use those information to calculate location of them. There are several issues to be considered for such an environment. In this paper we propose i) a new architecture for location-aware system considering such issues, ii) technical issues to implement it using active tags, and iii) a mathematical analytic model to investigate overall performance and verify it by comparing with actual experimental results. Through mathematical analysis, we can show that it is more efficient for the routers to send location signals than the tags do. We also show that there are several additional services available in the apartment complex. We conducted several experiments in a real base parking lot to show that our system can locate the location of dwellers or cars.

Keywords : ZigBee 태그, 위치인식, RSSI, 차량 위치인식, 거주민 위치인식

I. 서 론

위치인식은 무선통신의 등장과 함께 주목을 받기 시

작하여 다양한 분야에서 많은 연구들이 수행되었다. 실외에서는 GPS를 이용한 이동통신망의 이동전화 위치인식체계가 오래전부터 사용되고 있다^[1-2]. 로봇분야에서는 다양한 장치를 활용하여 수 밀리미터 수준의 정밀도를 보여주고 있다^[3]. RSSI(Received Signal Strength Indication) 기반 위치인식은 별도의 장치 없이 RF의 세기만으로 위치를 인식할 수 있어 가장 많이 연구되고 있는 방법이다^[4-6]. RF 신호에 의한 방법의 위치 계산 오차를 줄이기 위한 노력으로는 추가적으로 초음파를 전송하여 발생하는 시간차를 이용하여 위치를 알아내려는 기법도 제안되었다^[7].

* 정회원, 공주대학교 컴퓨터공학과
(Kongju National University, School of Computer Engineering)

** 정회원, 한남대학교 정보통신공학과
(Hannam University, Dept. of Information Communication Engineering)

※ 본 논문은 한남대학교 교비연구비(2007A144)의 지원을 부분적으로 받아 수행되었습니다.

접수일자: 2007년8월27일, 수정완료일: 2007년10월18일

실내와 실외를 막론하고 다양한 공간에서 무선 통신 기기의 사용이 늘어남에 따라 위치 인식 요구도 매우 빠르게 늘고 있다. 세계 여러 나라에서 추진하고 있는 U-city 구상과 더불어 대규모 주거단지 내 거주자 및 사물의 위치인식 요구도 그 중 하나이다. 예를 들어, 아파트 단지에서 태그를 이용하여 입·출입 제어는 물론이고 거주자나 자동차의 현재 위치를 파악, 각 가정의 단말이나 주차장내 키오스크에 알려주는 시스템이 이미 상용화 단계이다. 수천세대의 아파트 단지라면 사방 수 킬로미터 내외의 공간에 수 만개의 태그가 동시에 사용된다.

U-city 실현을 위해 아파트 단지 내에서 사람이나 자동차의 위치를 인식하기 위해서는 첫째, 지하주차장과 같이 실내 환경에서도 사용할 수 있어야 하고, 둘째, 사람이 착용하는 태그의 경우 가볍고 단순해야 하며, 셋째, 요구되는 정확도는 수 미터 수준으로 고성능이 필요하지는 않지만 소형 배터리로 교체없이 1년 이상 사용할 수 있도록 소모전력 관리가 중요하다.

본 논문에서는 이러한 요구 조건을 만족하는 기법으로 RSSI 기반 위치인식 방법을 선택하였다. RSSI 기반 위치인식 기법은 RF만을 사용하므로 실내외 모두에서 사용 가능하고 구조가 단순하여 전력소모가 적으며 오차 범위도 적절하다.

RSSI 기반의 위치인식체계에서 주로 사용되는 통신 프로토콜은 무선 LAN과 ZigBee가 대표적이다. 무선 LAN은 이미 상용화된 솔루션으로써 필요한 대부분의 기술이 안정되어 있다. 하지만 사람이나 자동차에 착용하거나 부착하는 경우를 고려한다면 전력 소모량이 ZigBee에 비해 매우 크다. 따라서 본 논문에서는 ZigBee를 사용하여 시스템을 구현하였다.

RSSI 기반의 위치인식에는 크게 2가지 방식이 가능한데 하나는 단지 내 여러 곳에 적절히 고정 배치된 라우터가 신호를 발신하고 이를 태그가 수신, 자신의 위치를 계산하여 전송하는 방식이고, 다른 하나는 이동 중인 태그가 신호를 발신하고 고정된 라우터가 신호를 수신, 위치를 계산하는 방식이다.

본 논문에서는 아파트 단지에서 ZigBee기반의 능동 태그를 이용한 위치인식시스템을 설계, 구현하였다. 먼저, 설계 시 고려사항을 기술하고, 2가지 신호전송기법 중 교환되는 패킷 개수 면에서 어떤 방법이 더 효율적인지를 분석한다. 또한, 위치인식 태그 기반의 출입통제 서비스, 차량 주차위치 확인 서비스, 엘리베이터 자동 호출 기능 등의 부가 서비스를 기술한다. 시스템의

구성 요소인 태그와 라우터, 게이트웨이의 구현에 대하여 기술하고 실제 주차장에서 수행한 위치인식 실험 및 결과 분석을 기술한다.

II. 관련 연구

1. USN 응용 분류

USN 응용은 적용분야에 따라 매우 다양해서 단순히 나열하자면 수십 가지 이상을 쉽게 나열할 수 있다. 이를 분류하면 위치인식 시스템의 비중을 파악하는데 도움이 될 것이다.

분류 기준은 2가지이다. 첫 번째는 관측자 이동성의 유무이다. 대기환경 원격모니터링의 경우에 관측자는 중앙에 고정되어 있다고 말할 수 있다. 자동차에 이동 단말이 장착된 경우 관측자는 이동하고 있다고 말할 수 있다. 중앙모니터링의 경우에도 중앙에 전달된 데이터를 분석하여 특정 이벤트를 이동 중인 관측자에게 송신할 수도 있다. 이 경우에는 고정 관측과 이동 관측이 혼합된 경우이다.

분류기준의 두 번째는 관측 대상의 이동성이다. 대기환경 모니터링의 경우, 관측대상은 센서가 설치된 지역의 대기이고 이동하지 않는다. 이와 반대로 사람이나 사물이 이동할 때 현재 위치를 감지하고자 할 때 관측 대상은 이동하며 이를 센서가 감지하는 구조이다.

2 가지 기준에 의하여 4 가지로 분류된다. 이를 <그림 1>에서 보여준다.

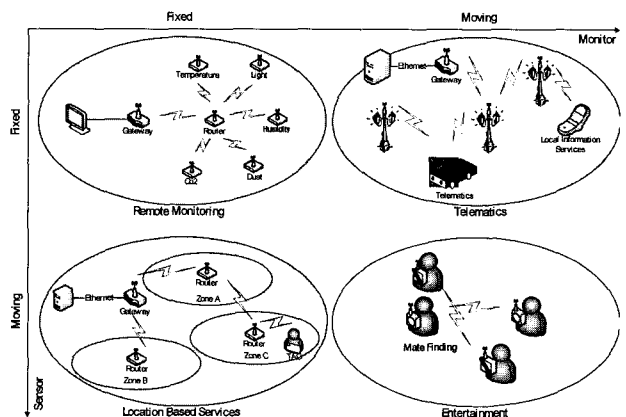


그림 1. USN 응용 분류

Fig. 1. Taxonomy of USN Applications.

2. 위치인식 기술

위치인식 문제는 많은 분야에서 매우 기본적인 문제이며 일반적으로 실외와 실내에서의 위치인식으로 나누

어 생각한다. 실외에서는 인공위성을 이용한 GPS 방식의 위치인식체계가 오래전부터 연구되어 사용되고 있으며, 최근에는 이동통신망을 이용하여 이동전화 단말과 주변 기지국간의 신호 전달 시간차를 활용한 위치인식 기술이 널리 사용되고 있다.

실내에서는 상대적으로 높은 정밀도를 요구하는 응용들이 많다. 예를 들어, 로봇틱스 분야에서는 자율 주행을 위한 위치인식 연구가 활발하며 초음파나 레이저 및 적외선을 이용하여 수십 센티미터에서 수 밀리미터 수준의 정밀도를 나타내고 있다^[8].

RSSI 기반의 위치인식 기법도 별도의 장치 추가없이 RF의 세기만으로 위치를 인식할 수 있어 많이 연구되고 있다. RADAR^[4] 시스템의 경우 알려진 위치의 비컨 노드의 전파 세기를 기반으로 자신의 위치를 측정하는 시스템으로써 수 미터 정도의 오차 범위를 갖는다. 비컨노드를 갖지 않는 형태도 많이 연구되었는데 대부분이 이동체가 신호를 발신하고 고정된 수신 장치가 이의 세기를 측정하여 위치를 정하는 체계를 사용한다^[5, 9~12] 이들 모두는 수신된 신호의 세기를 바탕으로 하되 위치를 계산하는 방식들이 서로 다르다. Elnahrawy는 RSSI 기반의 위치인식 체계가 근본적으로 오차의 한계를 갖는다는 실험결과를 제시하기도 하였다^[6].

RF 시그널과 초음파를 동시에 송수신할 때의 시간차를 이용하여 거리를 측정하고 이를 바탕으로 위치를 계산하는 기법도 연구되었다. Cricket 시스템에서는 짧은 거리의 초음파 송수신기를 이용하여 10cm 정도의 정밀도를 실현하였다^[7].

광범위한 영역에 적용되는 센서네트워크에서 노드들간의 관계를 바탕으로 위치를 인식하는 기법들도 연구되었다. Bulusu^[10] 등은 Centroid라는 위치인식 기법을 제안하였는데 위치가 알려진 다수의 비컨 노드로부터 신호를 수신하고 그 노드들의 중간을 자신의 위치로 인식하는 기법이다.

넓은 범위에서 수 미터 수준의 정밀도를 갖으며 장치도 단순한 기법으로는 Spotlight^[13]를 들 수 있다. 조도 센서를 부착한 노드들에 spotlight를 조사하여 조도값이 임계값을 넘으면 자신의 식별자를 발신하게 한다. 이때, spotlight의 위치를 알 수 있으므로 그 노드의 위치도 파악할 수 있다.

III. 위치인식 시스템 설계

1. 위치인식 시스템 요구분석

아파트 위치인식 시스템의 요구분석은 우리나라 아파트 단지 중 최대 규모의 단지를 기준으로 하였다.

- 아파트의 규모는 최대 3,000~5,000세대 정도이며 세대원 4명, 차량 2대를 가정하여 한 세대당 5~6개의 태그가 사용될 수 있다. 따라서 단일 시스템이 20,000~30,000개까지의 태그를 가정해야 한다.
- 태그는 자신의 위치전송을 위한 상향통신 뿐만 아니라 제어정보, 원격 버전업 등을 위한 하향통신도 지원해야 한다.
- 아파트 단지는 수천 세대를 수용할 수 있도록 사방 수 km 이상의 크기를 가정한다. 따라서 위치인식 시스템이 다수의 ZigBee WPAN으로 구성된다고 가정해야 한다.
- 하나의 아파트 단지는 동일한 서버에서 관리한다.
- ZigBee 표준에 따라서 운영되도록 센서네트워크를 구성하여야 한다.

2. RSSI 위치 신호 전송 방식

RSSI 기반의 위치인식은 위치인식신호를 누가 전송하느냐에 따라 두 가지 방식으로 분류할 수 있다. 첫째는, 위치가 알려진 라우터들이 비컨 신호를 전송하고 이동하는 노드가 이 신호들을 수신, 분석하여 위치를 확인하는 방식인데, RADAR^[4]가 이에 해당된다. Texas Instrument사에서 개발한 CC2431 칩^[14]은 이러한 방식의 위치인식 엔진을 내장하였다. 둘째는, 이동하는 노드가 비컨 신호를 방송하고, 고정된 수신 장치가 수신하여 중앙에서 위치를 결정하는 방식이다^[9, 11~12].

<그림 2>는 이동하는 태그가 신호를 전송하는 예를 보여준다. 태그가 신호를 전송하면 수신 RSSI 들을 라우터가 서버에 보내는 구조이다. 태그가 신호 패킷을 브로드캐스팅해서 처리한다. 이때 RSSI 오차를 감안하여 m 개의 패킷을 전송한다.

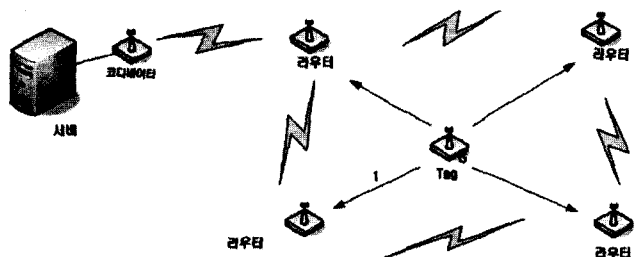


그림 2. 태그 신호전송 방식
Fig. 2. Tag Signal Transmit Scheme.

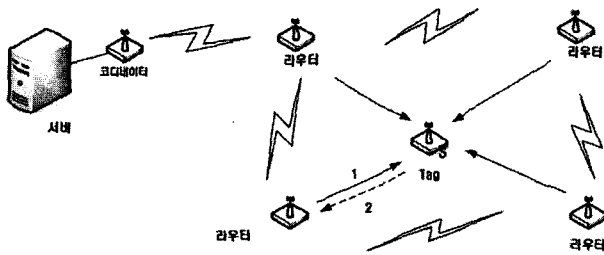


그림 3. 라우터 신호전송 방식
Fig. 3. Router Signal Transmit Scheme.

<그림 3>은 라우터가 신호를 전송하는 방식을 보여 준다. 그림의 라우터들이 주기적으로 신호를 전송하고 이를 태그가 수신하여 자신의 위치를 계산하고 라우터에 이를 전송, 서버에 위치를 전송하는 구조이다. 라우터들은 신호패킷을 주기적으로 전송하며 라우터간의 패킷전송은 순선에 의한다. 태그는 라우터들로부터 m 개의 신호패킷을 받아서 3~4개의 라우터로부터 패킷이 수신되면 이를 이용, 위치를 계산하고 그 결과를 라우터에 전송한다.

그림에서 보면 태그 신호전송방식은 m 개의 패킷을 사용하고 라우터 신호전송방식이 4 * m 개의 패킷을 사용하므로 태그 신호전송방식이 교환되는 패킷수가 작은 것처럼 보인다. 문제는 특정 공간 내에 라우터의 수는 고정돼 있는데 반해 이동하는 태그의 수는 가변적이고 그 수가 매우 커질 수 있다는 것이다.

교환되는 패킷 수를 계산하기 위하여 다음을 가정한다.

- L 미터 간격으로 라우터를 설치한다.
- 사방 L 미터 내에 최대 K 개의 태그가 존재할 수 있다.
- 사방 L 미터 내에서 라우터의 수는 고정이며 r 개이다.
- 태그 신호전송방식의 패킷수 = K * m 이다.
- 라우터 신호전송방식의 패킷수 = K + r * m 이다.

m 이 5이고, r 이 4 일때 태그 신호전송방식이 라우터 신호전송방식보다 패킷수가 많아지는 K는 아래 식과 같다.

$$5 * K >= K + 4 * 5,$$

즉, $K >= 5$ 이다.

만약, 라우터가 더 많아서 8이 되더라도 $K >= 10$ 이다. 이는 혼잡한 아파트의 상황을 고려할 때 라우터 신호전송방식이 패킷을 적게 교환한다는 것을 알 수 있

다. 그 결과 교환되는 패킷 수가 작게 되고 충돌을 방지, 무선통신 성능을 높일 수 있다.

3. 태그 활용 부가 서비스들

본 제안 시스템에서 사용하는 태그를 이용하여 단지 내에 노약자나 어린이의 위치 인식이라든지, 차량의 주차위치 확인, 차량 출입 통제 등 다양한 부가 서비스도 가능하다.

<그림 4>는 차량 위치확인 서비스를 도식하고 있다. 그림에서 차량부착 태그를 장착한 차량이 주차장에 주차되어 있을 때 주차장내 라우터들과의 위치인식 기능을 통하여 위치를 파악, 게이트웨이를 거쳐 위치관제 서버에 위치가 저장된다. 사용자는 주차장 입구에 설치된 키오스크에서 자신의 차량 위치를 확인한다.

<그림 5>는 차량 출입통제 응용의 시스템 구조도이다. 태그를 부착한 차량이 아파트 출입문에 다가오면 신호발생기에 의해 깨워진 태그가 자신의 ID를 전송하고 이를 라우터가 수신, 출입통제 철자를 수행한다. 출입이 승인되면 출입 통제기를 조정하여 출입시킨다.

차량이 아닌 사람의 경우에도 태그를 활용, 출입 통제를 할 수 있다. 현재, 패시브 RFID 등이 많이 사용되나 ZigBee 태그는 짐을 들고 있어서 태그를 꺼내기 어

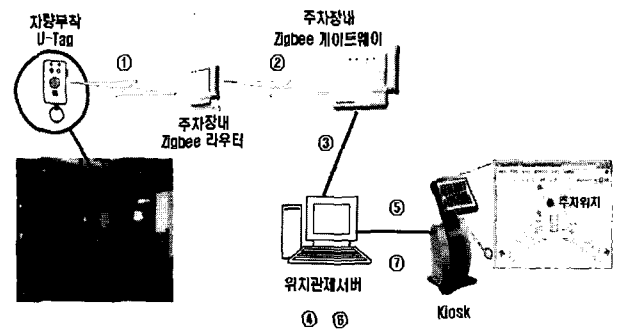


그림 4. 차량 주차위치확인 서비스
Fig. 4. Service to Locate Car Parking Area.

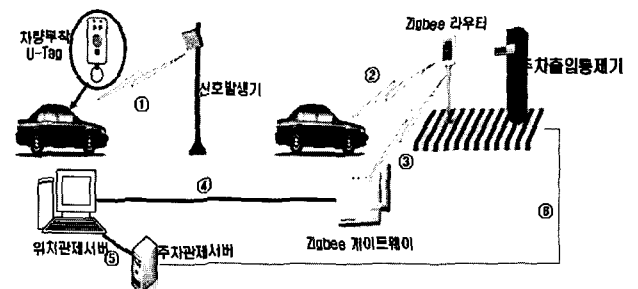


그림 5. 차량 출입 통제 서비스
Fig. 5. Service to Permit Car Entrance.

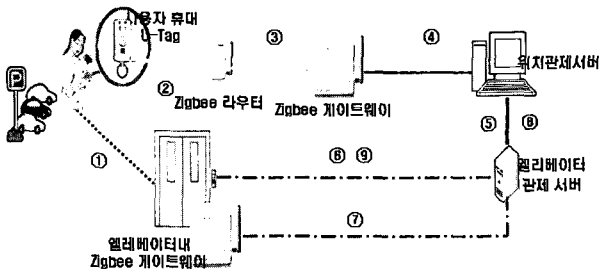


그림 6. 엘리베이터 자동 호출 서비스
Fig. 6. Service to Call Elevators Automatically.

려울 때에도 사용될 수 있다는 점이 장점이다.

<그림 6>은 엘리베이터 자동 호출 서비스의 예를 보여준다. 태그를 휴대한 사용자가 엘리베이터 앞에 서면 버튼을 누르지 않아도 자동으로 엘리베이터가 그 층에도착한다.

IV. 구현 및 성능평가

1. 시스템 개요

<그림 7>은 아파트 단지내 위치인식 시스템의 개념도이다. 단지내 거주자 및 자동차는 그림에서 U-Tag라는 능동 태그를 착용한다. U-Tag는 주변의 라우터가 발신하는 주기적인 신호패킷을 수신하여 라우터들의 RSSI 들을 비교, 자신의 위치를 인식한다. 인식된 위치는 단지내 네트워크를 통하여 서버에 저장되고 키오스크, 월패드 단말 등에 의해 접근된다.

그림에서 보듯이 시스템에서 센서네트워크 관련 주요 모듈은 태그, 라우터, 게이트웨이다. 본 절에서 각 구성요소를 간략히 기술한다.

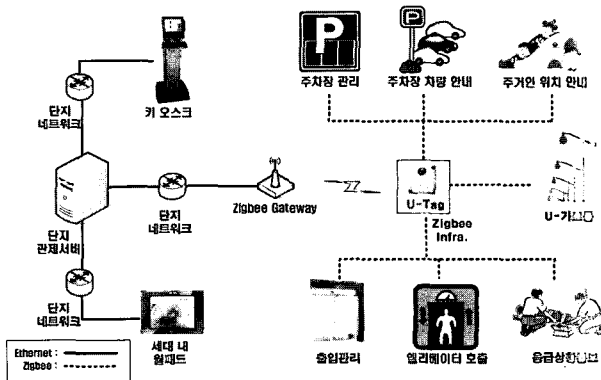


그림 7. 아파트 위치인식 시스템 구성도
Fig. 7. Structure of Apartment Location Awareness System.

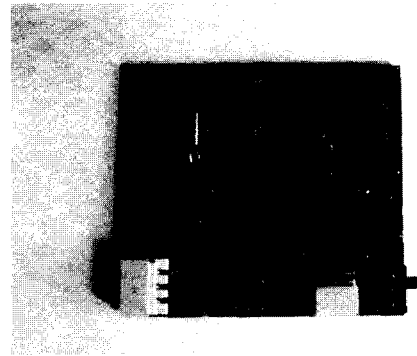


그림 8. 구현된 태그의 모습
Fig. 8. Figure of Tag Implemented.

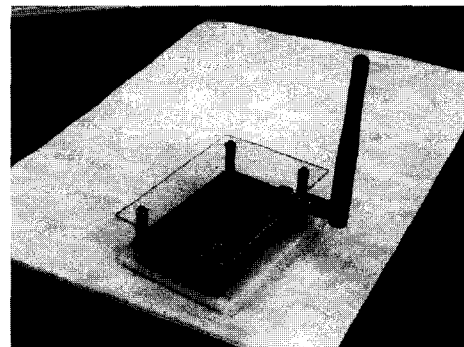


그림 9. ZigBee 라우터
Fig. 9. ZigBee Router.

<그림 8>은 구현된 태그이다. ATmega128을 MCU로 사용하고 RF칩은 2.4GHz ZigBee 통신규약을 지원하는 cc2431^[22]을 사용하였다. 안테나는 PCB 안테나이며 3개의 수은전지 배터리를 사용한다. 가속도 센서를 장착하여 사용자가 위치이동이 없을 때 태그가 저전력 모드에 들어가게 구현하였다. 800mA, 3V 배터리를 적용할 때 1개월 사용할 수 있도록 설계하였으며 핸드폰 충전기를 활용하도록 구현중이다.

<그림 9>는 ZigBee 라우터를 보여준다. 라우터들은 상시 전원을 공급받으며 ZigBee로 수신된 데이터의 RSSI 값을 중앙 서버로 전달한다. 이 값들을 기반으로 중앙서버는 태그의 위치를 계산한다. <그림 9>에 표시된 라우터는 중앙서버와 이더넷으로 연결되며 TCP/IP 통신을 지원한다.

2. 주차장 위치인식 성능평가

위치인식 성능을 판단하기 위하여 전과환경이 좋지 않은 실제 주차장내에서 위치인식 실험을 수행하였다. 실험은 실제 아파트의 지하주차장에서 실행하였으며

<그림 10>은 실제 지하주차장의 도면 및 라우터의

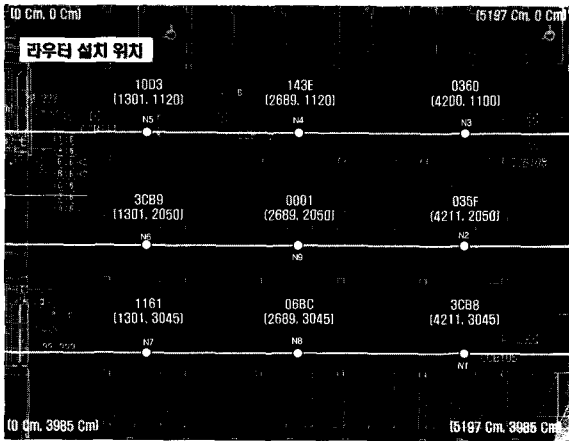


그림 10. 지하주차장에서의 실험 환경
Fig. 10. Experimental Environment in Underground Parking Lot.

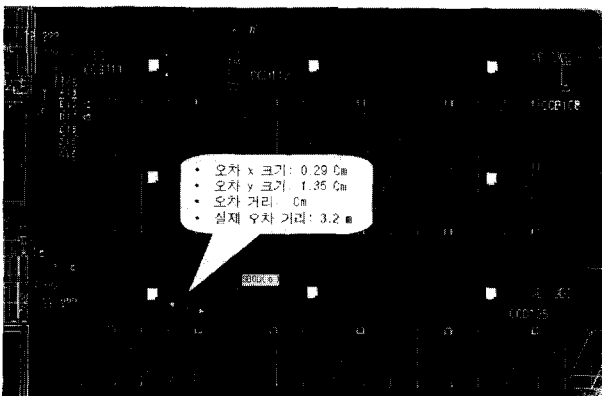


그림 11. 주차장 내 실험 결과 예
Fig. 11. An Example of Experimental Result in Underground Parking Lot.

위치를 보여준다. 그림에서 흰 점으로 표시된 것처럼 주차장내 라우터를 9개 설치하였다.

<그림 11>은 실험결과를 표시한다. 녹색 점은 태그의 실제 위치이며 빨간 점은 위치 계산 결과이다. 이 예에서는 3.2m의 위치 오차가 발생하였다.

3. 실험결과 및 분석

실험은 <표 1>에서처럼 9개의 라우터 근처에서 4개의 기준 위치에 대하여 실험을 수행하였으며 총 36번의 실험이 행해졌다.

<표 2>는 실험 결과를 분석한 것이다. 최대 오차는 10m 이상이며 오차가 작은 것은 1m 내의 경우도 있다. 평균적으로 4m 정도의 오차를 보이는데 이는 사람이 주차장에서 자기 차를 찾으려 할 때 충분히 수용할 수 있다고 할 만하다. 3M 적중률을 보면 50%가 안 되지만 5M 적중률은 75% 이상이라고 말할 수 있다.

표 1. 실험 수행 및 결과

Table 1. Result of Experiments.

기준 위치	1,1	2,1	3,1	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
1	3.20	1.26	5.31	6.14	4.84	2.93	10.63	8.60	4.27
2	2.93	2.63	4.45	5.50	4.63	6.20	3.23	5.23	9.04
3	7.64	2.39	3.26	2.07	1.61	4.02	2.16	4.54	4.30
4	0.57	2.57	3.29	1.31	0.75	4.06	2.51	4.70	3.95

표 2. 실험 결과 분석

Table 2. Analysis of Result.

기준 위치	1,1	2,1	3,1	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
최대 오차	7.64	2.63	5.31	6.14	4.84	6.20	10.63	8.60	9.04
최소 오차	0.57	1.26	3.26	1.31	0.75	2.93	2.16	4.54	3.95
평균 오차	3.59	2.21	4.08	3.76	2.96	4.30	4.63	5.77	5.39
3M 적중률	50	100.0	0.00	50.00	50.00	25.00	50.00	0.00	0.00
5M 적중률	75.00	100.0	75.00	50.00	100.0	75.00	75.00	50.00	75.00

상기한 실험 결과를 통하여 ZigBee RSSI 기반의 위치인식 기법이 아파트의 위치인식 서비스에 사용될 수 있다는 것을 보였다.

부가 서비스 중에서 차량 출입통제나 거주민 출입 통제는 RSSI 기반 위치인식 만으로는 적용하기 어려우며 근접 센서를 병용할 계획이다.

IV. 결 론

위치인식 기술은 USN 서비스 중에서 가장 중요한 서비스 중의 하나이다. U-city의 많은 응용들이 실내 및 실외 위치인식 기술을 기반으로 진행된다.

본 논문에서는 실제 아파트에 적용 가능한 ZigBee 기반 위치 인식 시스템을 설계하고 구현하였다. 위치인식 신호 전달에는 라우터가 RSSI 참조 신호를 전송하는 것이 패킷 수를 줄인다는 것을 보였다. 태그를 활용한 부가 서비스로서 차량위치확인 서비스, 차량 및 거주자 출입 통제 서비스, 엘리베이터 자동 호출 서비스 등을 제시하였다. 구현된 모듈들을 제시하고 실제 아파트 지하주차장에서 수행한 위치인식 실험을 통하여 아파트 내에서 차량이나 거주자의 위치인식이 RSSI 기술로서 충분하다는 것을 보였다.

최근 UWB 기반의 위치인식 기술인 802.15.4를 따르는 기술이 상용화되었다. 이를 활용한 위치인식 시스템의 개발이 향후 연구방향이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T, NGN overviews, ITU-T SG 13 Recommendation, September 2004.

[2] K. Pahlavan, Krishnamurthy, A. Hatami, M. Ylianttila, J. Makela, R. Pichna, J. Vallstrom, Handoff in Hybrid Mobile DataNetworks, IEEE, Personal Communications Magazine, Vol.7 No.2, pp. 34- 47, 2000. 4.

[3] D. Fox, W. Burgard, S. Thrun, Markov Localization for Mobile Robots in Dynamic Environments, Journal of Artificial Intelligence Research, 1999.

[4] P. Bahl, V.N. PadManabhan, RADAR: An In-Building RF-based User Localization and Tracking System, Proc. of Infocom, 2000.

[5] P. Corke, R. Peterson, D. Rus, Networked Robots: Flying Robot Navigation Using a Sensor Net, Proc. of Infocom, 2001.

[6] E. Elnahrawy, X. Li, R. Martin, The Limits of Localization using RSSI, Proc. of SECON, 2004.

[7] N. Priyantha, A. Chakaborty, H. Balakrishnan, The Cricket Location-support System, MobiCom, 2000.

[8] A. LaMarca, Y. Chawathe, S. Consolvo, J. Hightower, I. Smith, J. Scott, T. Sohn, J. Howard, J. Hughes, F. Potter, J. Tabert, P. Powledge, G. Borriello, and B. Schilit., lace lab: Device positioning using radio beacons in the wild, Proceedings of Pervasive2005, 2005. 05.

[9] L. Hu, D. Evans, "Localization for Mobile Sensor Networks", in Proc. of Mibicom, 2004.

[10] P. Pathirana, N. Bulusu, A. Savkim, S. Jha, "Node Localization Using Mobile Robots in Delay-Tolerant Sensor Networks", in Transactions on Mobile Computing, 2004.

[11] N. Priyantha, H. Balakrishnan, E. Demainne, S. Teller, "Mobile-Assisted Topology Generation for Auto-Localization in Sensor Networks", in Proc. of Infocom, 2005.

[12] M. Sichitiu, V. Ramaduari, "Localization of Wireless Sensor Networks with a Mobile Beacon", in Proc. of MASS, 2004.

[13] T. He, R. Stoleru and J. Stankovic, Spotlight: Low-Cost Asymmetric Localization System for Networked Sensor Nodes, 4th International Conference on Information Processing in Sensor Networks, 2005. 4.

[14] Texas Instrument, CC2431 Location Engine, <http://ti.com>.

저 자 소 개



소 선 섭(정회원)
 1988년 KAIST 전산학과 졸업
 (석사)
 2001년 KAIST 전산학과 졸업
 (박사)
 1988년~1995년 국방과학연구소
 연구원

1995년~현재 공주대학교 컴퓨터공학부 부교수
 2002년 3월~2003년 8월 메릴랜드대학교
 초빙교수
 <주관심분야: 소프트웨어테스팅, 임베디드 소프트
 웨어, 센서네트워크>



은 성 배(정회원)
 1985년 서울대학교 전산학과 졸업
 (학사)
 1987년 KAIST 전산학과 졸업
 (석사)
 1995년 KAIST 전산학과 졸업
 (박사)

1987년~1990년 전자통신연구원 TDX개발단
 연구원
 1995년~현재 한남대학교 정보통신공학과 교수
 <주관심분야: Ubiquitous Sensor Network, 실사
 간 시스템>