

실내 위치 추적 기능을 적용한 모바일 RFID 시스템 설계 및 구현

김병기[○] 정호민 방기석 고영웅
한림대학교 정보통신공학부

{bkkim[○], chorogyi, mysaver, yuko}@hallym.ac.kr

The Design and Implementation of Mobile RFID System Using Indoor Location-Support System

Byung-Ki Kim[○], Ho-Min Jung, Ki-Saek Bang, Young-Woong Ko

Division of Information Engineering & Telecommunications, Hallym University

요 약

박물관이나 전시실과 같은 실내 공간에서 관람객들은 관심을 갖는 대상물에 대한 위치 추적과 콘텐츠 정보를 실시간적으로 볼 수 있는 방법을 요구하고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 크리켓(Cricket) 센서 네트워크 기술을 활용한 실내 위치 추적 시스템과 모바일 RFID을 통한 실시간 콘텐츠 전송 시스템을 개발하였으며 그 결과를 기술하였다. 본 논문에서는 프로토타입의 설계 및 구현하는 과정을 통하여 센서네트워크(크리켓)와 RFID 시스템의 연동 방식이 다양한 분야에서 유용하게 사용될 수 있음을 보이고 있다.

1. 서론

센서네트워크의 보급으로 초소형의 저렴한 장비들이 개발이 되면서 유비쿼터스 센서 네트워크(USN: Ubiquitous Sensor Network)의 활용 방안들이 검토되고 있다. 센서 네트워크는 무선 통신, 초소형 마이크로프로세서, Ad-hoc 네트워킹 및 센서 기술이 융합되어 새로운 분야를 개척하고 있다. 센서 네트워크 기술은 현재까지 군사용으로 일부 활용이 되고 있었지만 앞으로 일상 생활에 실용화를 위해 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

GPS와 같이 빠르게 이동하는 물체의 위치를 실시간으로 파악하는 고가의 장비들이 많이 개발이 되었지만 실내에서 위치 파악이 불가능한 단점을 보완하기 위해 실내 위치 추적 시스템들의 개발이 활성화 되고 있다. 초소형의 값싼 장비들을 모바일 단말기에 연결한 하면 특정한 장치가 필요 없이 바로 동작할 수 있는 초소형 칩들이 개발이 되면서 건물 내부에서도 이용자의 위치를

간단하게 파악하고 그에 맞게 실생활에 응용함으로써 우리의 생활을 더욱 편리하게 해줄 수 있는 기술로 다가올 수 있다.

본 논문에서는 센서 네트워크 개념을 실생활에 적용하여 실용적인 측면에서 널리 활용 가능함을 보이고자 하며, 그 대상으로 실내 위치 추적 시스템을 제안하고 있다. 센서 네트워크 기반의 실내 위치 추적 시스템은 무선 네트워크를 이용하여 건물 내부가 넓고 복잡한 구조의 건물(박물관, 미술관, 전시회)에서 이용자의 위치를 추적하여 이용자가 길을 잃지 않고 원하는 곳까지 빠르고 편안하게 찾아 갈 수 있도록 실내에서 위치 추적 및 길안내가 가능한 시스템이다. 또한 이 시스템은 모바일 단말기에 부착된 RFID 리더가 RFID 태그(tag)정보를 감지하여 전시품목, 역사 유물 등의 자세한 정보를 텍스트, 이미지, 동영상 등의 다양한 콘텐츠로 사용자에게 알려주는 기법을 적용하고 있다. 본 연구를 통하여 실내 위치 추적 기법과 RFID 기술을 연동하여 유비쿼터스를 실현할 수 있는 핵심적인 기능들을 검증해 볼 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 배경이 되는 연구 내용을 소개하고, 3장에서 제안하는 시스템의 개요 및 전체 구성에 대해서 소개한다. 4장에서는 실내 위치 추적이 가능한 모바일 RFID 시스템의 설

This research was supported by the Program for the Training of Graduate Students in Regional Innovation which was conducted by the Ministry of Commerce Industry and Energy of the Korean Government. This work was supported by the Industry University Research Institute Consortium grant from the Small & Medium Business Administration.

계에 대해서 기술한다. 5장에서는 앞장에서 설계된 시스템의 세부 기능들을 구현한 개발 환경과 세부 구현 과정에 대해서 소개한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 위치 측정 시스템

위치를 추적할 수 있는 대표적인 시스템으로 GPS(Global Positioning System)[1]와 이동 통신망을 이용한 위치 측정 시스템을 들 수 있는데 GPS의 경우에는 이동 통신망보다 정밀하다는 장점이 있지만 LoS(Line of Sight)를 요구하는 GPS의 특성상 실내에서는 사용이 불가능하다. 또한, 현재까지 제안된 대표적인 위치 측정 시스템으로 적외선 신호를 이용하는 Active Badge System[2], 초음파 펄스를 이용하는 Active Bat System[3], 새롭게 연구되고 있는 UWB(Ultra Wide Band)를 이용한 위치 측정 시스템[4], 영상 인식을 이용한 위치 측정 시스템인 Easy Living Project[5], IEEE 802.11 무선랜 환경 기반인 마이크로소프트사의 RADAR[6], 그리고 RF 신호의 도달 시간을 측정하여 위치를 파악하는 pinpoint사의 3D-iD[7] 등이 있다.

위치를 측정하는 기술로는 특정 지점에서 관측된 장면의 특성을 이용하는 장면 분석 방식과 물체의 정확한 위치를 인식하기보다는 물체가 어느 지점 근처에 있다는 정도만을 인식할 수 있는 근접 방식이 있다. 삼각 측량법에는 배열 안테나를 사용하여 신호의 방향을 구하고 여러 기지국의 교차점으로 위치를 측정하는 AoA(Angle of Arrival) 방식, 신호를 송신하는 송신부와 이를 수신하는 수신 부 사이의 시간을 측정하여 거리를 구하고 송신부와 수신부가 시간적으로 동기화 되어야 하고 3개 이상의 수신 부 혹은 송신부가 필요한 ToA(Time of Arrival) 방식, 2개 이상의 신호원으로부터 전파 도달 시간의 상대적인 차를 이용하여 위치를 측정하는 TDoA(Time Difference of Arrival)방식 그리고 AoA, ToA, TDoA 방식을 혼합시킨 하이브리드 방식 등이 있다[8].

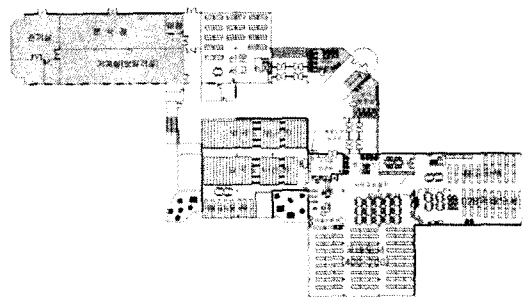
2.2 RFID

RFID(Radio Frequency IDentification)는 제품에 붙이는 태그에 자체 안테나를 갖추고 있으며, 리더(Reader)로 하여금 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 태그 정보를 읽고, 인공위성이나 이동 통신망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용되는 활동, 또는 침을 말한다. RFID는 높은 인식률, 비 접촉형 인식매체, 도달거리, 다른 통신망과의 연계 및 통신 가능성 등의 확장성

으로 인해 특히 물류/유통, 군사, 식품/안전 등 비즈니스 영역에 걸쳐 애플리케이션으로서 막대한 파급효과를 가져올 것이다. RFID는 현행 바코드와 비교해 무선 인식이며, 정보량도 월등하며 인식거리는 최대 100m까지이다. 인식 속도 또한 바코드는 개별 스캐닝이 필요한 반면 한번에 최대 수백 개까지의 인식이 가능하여 대량의 물류 관리 시스템에 유용하게 사용될 수 있다[9].

3. 실내 위치 추적 및 콘텐츠 전송 시스템 설계

[그림 1]과 같이 복잡한 도서관이나 박물관 등에 방문할 시 길을 원하는 전시품 또는 도서를 찾기 위해 길을 헤매거나 먼 길을 돌아 갈 경우가 생긴다. 벽에 붙은 안내 표지판이 모든 전시품에 대해서 자세하게 기록되어 있지 않기 때문에 이를 해결 할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 실내에서 대상물의 위치를 추적하고 연관된 콘텐츠 정보를 실시간으로 제공해주는 시스템을 제안하고 있다. 사용자가 모바일 단말기로 원하는 위치를 선택하면 목적지까지 편하거나 빠른 길을 알려 주는 기능, 실시간으로 사용자의 위치를 확인 할 수 기능, 사용자가 태그가 부착된 사물의 원하는 정보를 모바일 단말기에서 볼 수 있는 시스템이다.

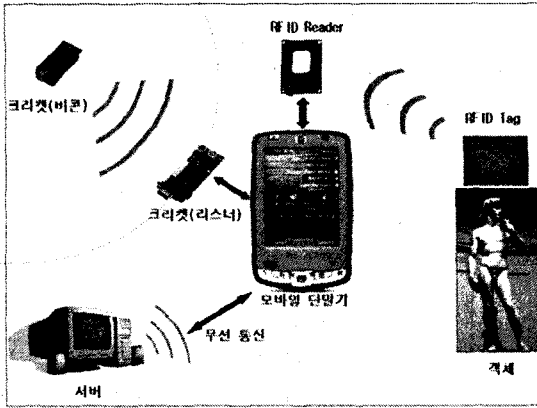


[그림 1] 복잡한 도서관 평면도

3.1 시스템 개요

미리 설계된 건물 내부의 도면에 따라 건물 천장에 비콘들을 설치하고 건물의 도면을 사용자의 모바일 단말기에 입력한다. [그림 2]에서 나타나듯이 모바일 단말기에서는 비콘들의 신호를 수신할 수 있는 리스너로 수신된 거리 정보를 수집하여 사용자의 현재 위치를 추적할 수 있다. 모바일 단말기의 현재 위치를 표시해 주는 ViewFinder 기능과 원하는 위치를 선택하는 기능을 포함하여 목적지까지의 경로를 표시해주는 WayFinder 기능을 수행한다. 사용자가 원하는 목적지에 도착하여 원하는 품목에 부착된 RFID 태그에 리더기를 근접시키면 태

그 정보를 인식하여 서버로부터 사용자가 원하는 텍스트, 이미지, 동영상, 음성 등의 다양한 형태의 매체를 전송 받는다.

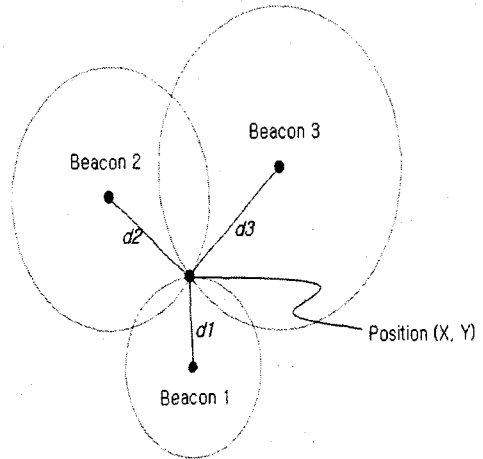


[그림 2] 시스템 동작 구조도

3.2 위치 추적

본 논문에서는 위치 추적을 위해 크리켓 시스템을 사용하고 있다. 크리켓의 기본적인 거리 인식 방법은 초음파를 이용한 거리 측정 방식이다. 즉 초음파의 비행시간 측정에 의한 방식을 이용하고 비행시간의 측정을 위한 송/수신의 동기를 RF통신으로 제어한다. RF의 속도는 초음파에 비해 매우 빠르기 때문에 RF 신호 지연을 0으로 간주한다. 크리켓이 담당할 범위가 수 미터 이내이기 때문에 RF 신호의 지연은 무시할 수 있기 때문이다. 비콘(beacon)이 송신한 RF 신호를 리스너(listener)가 수신하여 비콘의 ID(Identifier)를 인식하고 초음파 수신을 기다리며 비행시간 측정을 개시 하고 초음파 신호가 수신되면 측정된 비행시간을 이용하여 거리를 측정한다. 복수의 비콘으로부터의 거리를 수집하여 삼각측량을 하면 리스너의 좌표를 계산할 수 있다[10].

본 연구에서는 크리켓 시스템의 좌표 계산 방법으로 삼각 측량 방식을 사용하였다. 삼각 측량 방식은 지진의 진원지를 파악할 때 주로 사용되고 있다. 다음 [그림 3]과 같이 관측소의 세 점과 지진파의 거리만 알면 진원을 알아낼 수 있는데 삼각측량도 이와 같은 방법으로 원의 방정식이나 구의 방정식으로 표현할 수 있고 서로 교차되는 지점들을 연립방정식으로 풀어내면 좌표를 알 수 있다.



[그림 3] 삼각 측량 방식을 이용한 좌표 계산법

다음은 비콘과의 거리를 이용해 유도한 방정식이다.

$$d_i^2 = (x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 + (z_i - Z)^2$$

비콘들은 건물의 천장에 설치하기 때문에 z_i 의 값들은 같은 높이의 건물 내에서 모두 동일한 위치로 가정할 수 있다. 그러므로 z_i 값들은 소거를 한다.

연립 방정식을 행렬과 벡터로 표현할 때 알려진 식인

$$\vec{A}x = \vec{b}$$

를 이용하여 행렬 A 와 벡터 x, b 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_0) & 2(y_1 - y_0) \\ 2(x_2 - x_0) & 2(y_2 - y_0) \\ \dots & \dots \\ 2(x_i - x_0) & 2(y_i - y_0) \end{bmatrix}, \vec{x} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$

$$\vec{b} = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_0^2 + y_1^2 - y_0^2 - d_1^2 + d_0^2 \\ x_2^2 - x_0^2 + y_2^2 - y_0^2 - d_2^2 + d_0^2 \\ \dots \\ x_i^2 - x_0^2 + y_i^2 - y_0^2 - d_i^2 + d_0^2 \end{bmatrix}, i+1 \geq 3$$

$i+1 \geq 3$ 을 만족하고 행렬 A 의 determinant가 0이 아닐 경우 유일한 벡터 \vec{x} 를 구할 수 있다.

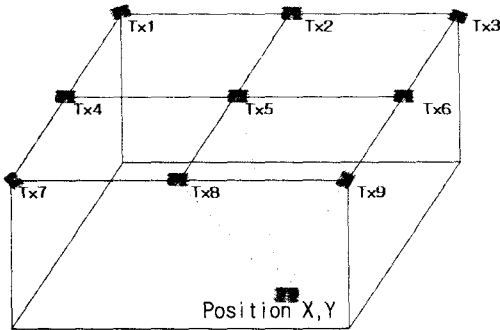
$$\vec{x} = A^{-1}\vec{b}$$

벡터 \vec{x} 는 구하고자 하는 좌표 값 X, Y 를 나타낸다.

4. 실내 위치 추적 및 콘텐츠 전송 시스템 구현

4.1 크리켓을 이용한 실내 위치 추적 시스템

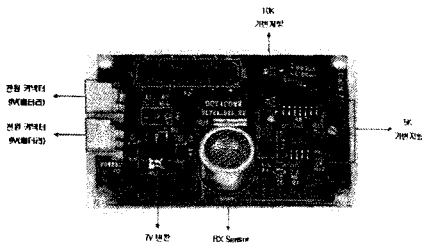
본 연구에서 사용한 크리켓 시스템은 [그림 4]와 같이 9개의 Tx 센서로부터 보내지는 거리 정보를 Rx 센서가 수집하여 미리 입력된 좌표 평면상에 Rx 센서의 좌표를 계산할 수 있다. 계산된 좌표 값은 모바일 단말기로 RS232c를 통해 전송이 되며 단말기에서는 좌표 값을 가지고 Rx 센서의 위치를 입력된 도면상에 비주얼하게 모니터링 할 수 있다.



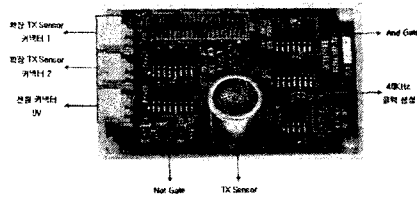
[그림 4] 크리켓 시스템 구성도

아래 그림에서 보이는 크리켓 시스템은 (주)옥타컴에서 제공된 초음파 센서 보드로 Rx 센서보드, Tx와 Rx의 동기를 제어하는 메인모듈을 사용하였다.

Tx센서보드는 9V파워 커넥터, Not Gate, And Gate, 40KHz, 80KHz를 주파수를 발생시키는 클럭 생성기 Tx 센서, 메인모듈과의 인터페이스를 제공하는 41핀 커넥터로 구성되어 있다. Rx 센서보드는 9V파워 커넥터, 수신 감도를 조정하는 5K 가변저항, 수신 거리를 조정하는 10K 가변저항, Rx센서, 메인모듈과의 인터페이스를 제공하는 41핀 커넥터로 이루어져 있다

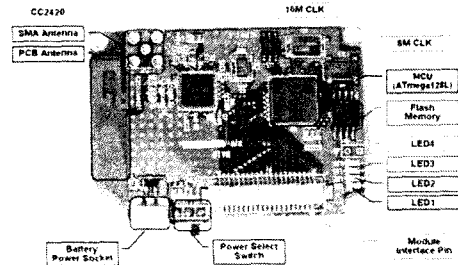


[그림 5] Rx 센서 보드



[그림 6] Tx 센서 보드

[그림 7]에서 보이는 메인 모듈은 Tx와 Rx의 동기를 제어하고 RF통신을 제공한다. 메인 모듈은 8-bit MCU ATmega128L, RF 통신 모듈 CC2420, 전원은 3V로 AA Type 배터리 두개를 사용하고 외부 메모리로 Flash 메모리 512KByte와 SDRAM 32KByte를 쓰고 있다.

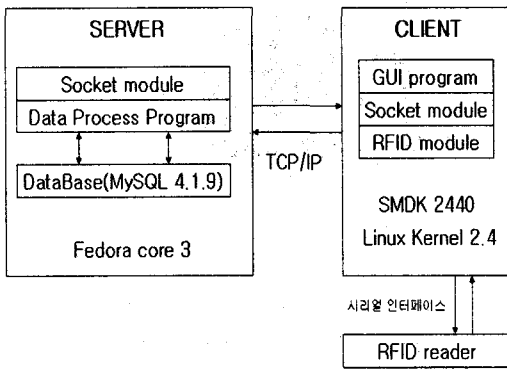


[그림 7] 크리켓 메인 모듈

크리켓 시스템은 테스트 환경에 따라 신뢰성 있는 거리 측정용 위해 calibration에 대해 우선순위를 갖고 개발을 진행하게 된다. 모든 위치에서 정확한 calibration이 이루어진다면 모든 초음파 센서들을 설치하고 리스너의 좌표를 측정하는데 있어서 5~10cm의 오차를 보였다. 또한 RFID 태그가 다른 신호의 간섭 없이 정확한 태그 정보를 인식하여 신뢰성 있는 정보를 서버로부터 수신하였음을 테스트하였다. 따라서 본 연구 결과로 개발된 시스템이 실내에서 위치 추적 및 콘텐츠 전송을 위한 RFID 기술을 병행하여 유용하게 사용할 수 있음을 알 수 있다.

4.2 콘텐츠 전송 시스템 구현

콘텐츠 전송 시스템은 콘텐츠 서버와 클라이언트 부분으로 구성된다. 서버는 콘텐츠를 관리 및 전송하는 기능을 담당하고 있으며, 클라이언트는 RFID 리더기를 장착하고 있는 모바일 단말기 시스템이다. 본 연구에서는 모바일 단말 기능을 제공해주는 임베디드 보드(SMDK 2440)에서 클라이언트를 설계 및 구현하고 테스트 하였다.



[그림 8] RFID 기반 콘텐츠 전송 시스템 구성도

제안한 시스템을 구현하기 위하여 다음 [표 1]과 같은 하드웨어 플랫폼을 사용하였다.

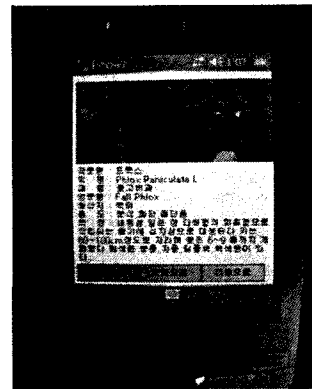
[표 1] 개발에 사용된 하드웨어 플랫폼

구분	사양	비고
3ALogics-RFID-Reader	13.56MHz 주파수 대역 ISO14443TypeA/B,15693지원 Serial host interface 최대 인식거리 : 10cm	QPLUS
Tag	ISO 15693 ISO 14443 Type A/B serial number 10자리	카드용리더기
모바일 단말기 (SMDK2440)	S3C2440 (ARM920T,289FBGA) processor Frequency : 300,400,533MHz SDRAM :64MB (32x2) SMC 카드로 저장	QPLUS
콘텐츠 서버	intel pentium4-2.8GHz RAM 512MB HDD 60GB	Fedora4
무선랜카드	ZIO WLB5254USB Usb 2.0	
Access Point	LinkSys WRT54G based 802.11g Router	

(1) 서버 모듈 : 서버는 콘텐츠의 저장 및 관리를 담당하고 있으며, 본 연구에서는 리눅스 환경에서 널리 사용되는 MySQL을 사용하여 콘텐츠 관리 시스템(CMS: Contents Management System)을 구현하였다. 멀티미디어 콘텐츠는 파일 시스템에 유지하고 데이터베이스에서는 위치 정보를 보관하여 콘텐츠를 전송하는 방법을 사용하였다. 향후 CMS의 기능을 확장하여 멀티미디어 데이터에 대한 다양한 코덱 변환 기능을 추가할 계획이며, 다양한 디스플레이 환경에서 콘텐츠를 볼 수 있도록 형상 관리를 할 계획이다.

(2) 클라이언트 모듈: 클라이언트에 해당되는 모바일 RFID 시스템을 구현하기 위해서 모바일 단말기 역할을 하는 임베디드 보드에 시리얼 통신으로 RFID 리더기와 연결하여 사용하는 방법을 취하였다. 실제 박물관이나 전시실에서는 동글 타입으로 PDA 및 핸드폰에 RFID리더기를 장착하여야 하고, 태그를 인식하기 위해서 900MHz 대역의 RFID를 사용해야 한다. 하지만, 본 연구에서는 프로토타입 구현 단계이므로 13.56MHz RFID를 사용하고 있다. 따라서 리더기를 태그에 근접시켜야지 태그의 값을 읽어 낼 수 있는 문제를 가지고 있으나 장비만 교체하면 해결할 수 있기 때문에 향후 장비를 구입하여 실제 환경과 동일하게 테스트해 볼 계획을 가지고 있다.

다음 [그림 9]는 클라이언트에 출력된 콘텐츠 샘플을 보이고 있다. 사용자들은 화면에 있는 버튼을 제어해서 다양한 콘텐츠를 보면서 관람을 할 수 있다.



[그림 9] 콘텐츠 전송 화면

6. 결론 및 향후 연구

유비쿼터스 센서 네트워크 기술이 깊이 있게 연구되고 있고 다양한 실용 방안들이 쏟아져 나오지만 아직까지 제한적인 분야에서만 사용되고 있다. 본 연구에서 제시하는 실내 위치 추적 기술을 활용한 모바일 RFID 시스템은 유비쿼터스 센서 네트워크 기술이 실생활에 유용하게 사용될 수 있음을 보이고 있다.

현재 구현되어있는 프로토타입에서는 크리켓 센서의 특성상 장애물에 대한 요인이 해결이 되지 않고 있지만 향후 이를 보완하는 다양한 센서들이 등장하여 문제를 해결할 것으로 전망한다. 특히 RFID 기술은 사용 범위가 매우 광범위하기 때문에 다양한 방면으로의 응용이 필요 시 되고 있는데 본 연구에서 RFID 기술이 자동 안내 시스템으로서의 활용에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대

할 수 있다.

향후 본 연구 결과를 확장하여 실내 위치 추적 기술을 실내에서 동작되는 무인 로봇이나 무인 이동체 등에서 효과적으로 사용될 수 있도록 연구를 진행할 계획이다.

[11]<http://www.meritech.co.kr/>

[12]<http://www.3alogics.com/>

참고문헌

- [1]Per Enge, Todd Walter, Sam Pullen, Changdon Kee, Yi-Chung Chao, and Yeou-Jyh Tsai, "Wide Area Augmentation of the Global Positioning System." In Proceedings of the IEEE, number 8 in 84, August 1996.
- [2]R. Want et al., "the Active Badge Location System" ACM Trans, Information Systems, pp. 91-102. jan. 1992.
- [3]A. Harter et al., "The Anatomy of a Context-Aware Application," Proc, 5th Ann. Int'l Conf. Mobile Computing and Networking (Mobicom 99), ACM Press, New York, 1999, pp. 59-68.
- [4]Joon-Yong Lee and Robert A. Scholtz, "Ranging in a Dense Multipath Environment Using an UWB Radio Link," IEEE JSAC, Vol.20, No.9, Dec. 2002.
- [5]Microsoft Research, EasyLiving Website, <http://www.research.microsoft.com/easyliving>
- [6]P. Bahi and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System," Proc. IEEE Infocom 2000, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 2000, pp. 775-784
- [7]PinPoint to introduce its new 3D-ID locator system for tracking both people and equipment, BBI NEWSLETTER 1998; VOL 21; NUMBER 10 221-224
- [8]박옥선, 정광렬, 김성희, "유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템," ETRI 주간기술 동향, 1098호 2003, 6.
- [9]Sanjay E. Sarma, Stephen A. Weis and Daniel W. Engels, "White Paper: RFID Systems, Security & Privacy implications," AUTO-ID Center, MIT, Nov. 2002.
- [10]Priyantha, N., Chakraborty, A., and Balakrishnan, H. "The Cricket Location-Support System," In Proc, 6th ACM MOBICOM Conf. (Boston, MA, Aug. 2000)