

# RSSI기반 위치인식기능의 지능형 실내 자율 이동로봇

윤바다\*, 신재욱\*\*, 김성길\*\*, 정완영\*\*

\*동서대학교 정보시스템공학부 전자공학전공,

\*\*동서대학교 컴퓨터정보공학부 정보네트워크전공,

Email: wychung@dongseo.ac.kr

## Intelligent mobile Robot with RSSI based Indoor Location Estimation function

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

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

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

Email: wychung@dongseo.ac.kr

### 요 약

RSSI기반의 실내위치인식 시스템과 무선센서네트워크를 이용한 자율 이동 로봇의 기능 중에서 선행적으로 요구되는 지능형 실내위치추정 로봇을 설계, 구현하였다. 지능형 실내위치추정 로봇은 주제어장치로서 Spartan III를 사용하였으며, 현재의 위치 데이터는 계속적으로 Zigbee /IEEE802.15.4 무선통신을 사용하여 블라인드노드로 전송된다. 그리고 로봇에 탑재된 베이스스테이션노드는 블라인드노드를 통해 수신된 위치 데이터를 수집하여 로봇을 제어하였고 서버로 전송하였다. 이동 중인 로봇은 Magnetic Compass를 사용하여 목적지의 방향을 인식하여 최종 목적지로 이동하였다. 또한 프로그램 내에 장애물회피 알고리즘을 이용하여 효율적이고 능동적으로 목적지에 도달하였다. 로봇에 부착된 베이스스테이션노드를 이용하여 서버프로그램에서 환경 데이터와 위치를 실시간으로 모니터링할 수 있었으며, 서버프로그램에서의 능동적인 로봇제어가 가능하였다.

### ABSTRACT

An intelligent robot with RSSI based indoor location estimation function was designed and implemented. A wireless sensor node was attached to the robot to received the location data from the indoor location estimation function. Spartan III was used as the main control device in the mobile robot. The current location data collected from the indoor location estimation system was transferred to the mobile robot and server through Zigbee/IEEE 802.15.4 wireless communication of the sensor node. Once the location data is received, the sensor node senses the direction of the robot head and directs the robot to move to its destination. Indoor location estimation intelligent robot is able to move efficiently and actively to the user appointed location by implementing the proposed obstacles avoidance algorithm. This system is able to monitor real-time environmental data and location of the robot using PC program. Indoor location estimation intelligent robot also can be controlled by executing the instructions sent from the PC program.

### 키워드

Indoor location estimation, Intelligent robot, RSSI, TinyOS, IEEE 802.15.4

### 1. 서 론

21세기에 들어 로봇은 인간의 생활에 깊숙하게 관여하게 되었다. 초창기의 로봇은 산업현장의

한부분에 고정되어 단순한 작업을 수행하기위해 개발되었다. 그러나 산업의 발달과 인간 생활 수준의 향상으로 인하여 로봇의 응용분야는 더욱

다양해졌으며 전문화되고 있다.[1] 이러한 로봇의 응용 분야 중 인간이 작업하기 힘든 위험 환경 탐지와 거동이 불편한 환자나 장애인을 위한 연구가 계속 진행되고 있다. 이러한 극한 환경에서의 작업을 수행하기 위한 로봇은 유연한 탐색주행 시스템(Flexible Navigation System), 경로계획(Path Planning), 환경인식(Environments Recognition), 장애물회피(Obstacle Avoidance) 그리고 위치추정(Location Estimation)등의 기능이 요구된다[2]. 본 논문에서는 RSSI값을 이용한 실내위치추정 시스템과 무선센서네트워크를 이동 로봇에 적용시켜 지능형 실내위치추정 로봇을 설계, 구현하였다.

## II. 지능형 실내위치추정 로봇설계

### 2.1 시스템 구성

지능형 실내위치추정 로봇의 구성은 크게 주 제어장치인 SpartanIII(Xilinx, USA)와 로봇의 현재 위치와 이동할 목적지 위치를 RSSI(Received Signal Strength Indication)값들로 계산해서 실시간으로 전송해주는 실내위치추정 시스템, RSSI값들로 계산된 데이터를 주제어장치로 전송해주는 베이스스테이션노드, 로봇의 이동방향데이터를 수집하는 Magnetic Compass, 장애물 회피를 위한 초음파센서(Ultra-Sonic), 그리고 이러한 모든 데이터를 주제어장치가 처리하여 로봇을 이동하게 하는 DC모터 4개로 구성되어 있고, PC서버프로그램은 베이스스테이션과 통신을 하는 1개의 노드로 구성되어 있으며 그림1과 같다.

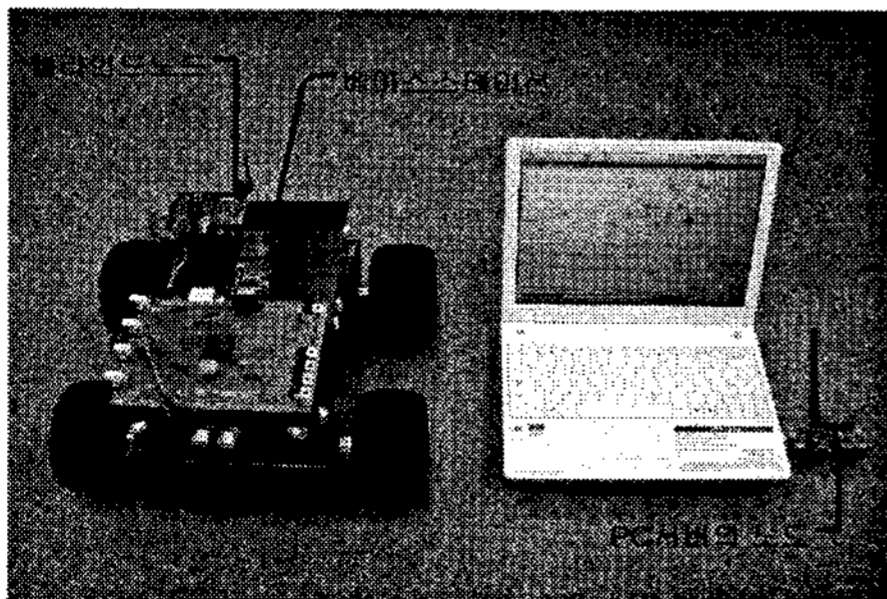


그림 1. 제작된 지능형 실내위치추정 로봇.

### 2.2 RSSI를 이용한 실내위치추정 시스템

로봇의 실내위치추정에 적용한 RSSI는 수신기에서 수신되는 전력의 수치를 의미한다. 실내위치추정을 위해 IEEE802.15.4/Zigbee 표준을 따르는 CC2431(Chipcon, Norway)과 SOC(System on Chip)으로 구성된 레퍼런스노드와 블라인드노드(그림 2)를 사용하였다.

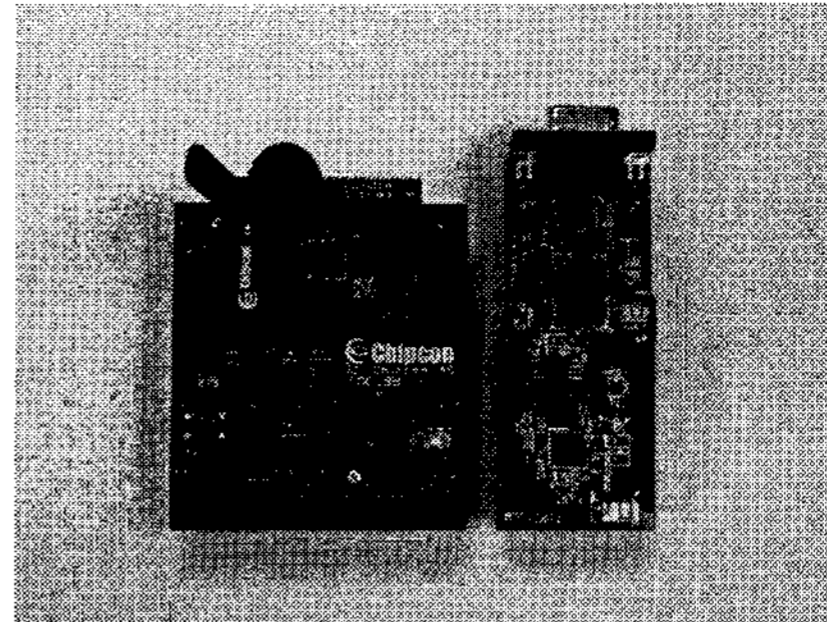


그림 2. 블라인드노드와 베이스스테이션노드.

CC2431내부는 8051MCU와 2.4GHz대의 RF Transceiver인 CC2420, RSSI값을 이용해 위치추정을 할 수 있는 Location Engine으로 구성되어 있다.

실내 위치추정에 쓰이는 RSSI값은 CC2431내부의 RF Transceiver CC2420에 의해 수신되는 RF Level을 RSSI Register값으로 바꾸게 된다. 그러면 Location Engine에서 RSSI Register값으로 계산하여 실내 위치 추정 시스템에서 사용되는 RSSI값이 나오게 되며 Location Engine에 의해 구해진 RSSI값이 수신 거리에 따라 변하게 된다.

그림3과 같이 레퍼런스 노드는 실내의 천장에 가로, 세로 약5m간격으로 부착되어 블라인드노드의 브로드캐스팅 요구에 따라 미리 지정된 자신의 위치정보를 블라인드노드에게 실시간으로 전송한다.



그림 3. 레퍼런스노드 배치도.

그 중 RSSI값이 가장 높은 주변의 8개 레퍼런스노드의 X, Y좌표와 RSSI값을 이용하여 Location Engine에서 삼각측량을 이용하여서 블라인드노드의 현재위치를 계산한 뒤 베이스스테이션노드로 전송된다[3].

베이스스테이션노드는 MSP430 MCU와 CC2420 (Chipcon, Norway) RF Transceiver로 구성되어 있으며 현재 무선센서네트워크에서 가장 많이 사용되는 TinyOS(UC Berkely, USA)를 이용하였으며, 블라인드노드로부터 수신받은 정보를 패킷필터링 과정을 거친 후에 노드ID와 X, Y좌표

값을 로봇과 PC서버프로그램으로 전송하며, 외부포트에 장착된 센서를 이용하여 로봇이 있는 위치의 환경정보를 전송함으로써 PC서버프로그램에서의 환경모니터링과 위치모니터링을 한다. 그리고 PC에 부착된 센서노드와 1:1통신을 하여 PC서버프로그램에서의 로봇의 능동적인 제어가 가능하도록 하는 역할을 한다.[4]

### 2.3 경로탐지 시스템

로봇의 능동적인 이동을 위해서는 방향정보와 장애물 회피 알고리즘을 필요로 하게 된다. 본 논문의 로봇에는 방향감지를 위한 KMZ51(Philips) 자기장센서를 사용하였고, 장애물회피를 위해 초음파센서인 SRF05(DevanTech)를 사용하였다. 먼저 로봇은 원활한 이동을 위해서 기준방위각으로 로봇을 회전시킨 뒤 이동을 시작하게 된다. 이동중인 로봇은 실내공간의 장애물회피를 위해 초음파모듈의 거리정보를 이용하게 된다. 로봇에는 총 8개의 초음파모듈이 사용되었는데 각각의 모듈에 거리정보를 비교하여 장애물이 적은 공간에서는 고속주행을 하고 장애물이 많은 곳에서는 저속주행을 함으로서 실내 위치 추정 시스템에서의 위치 데이터를 계산하는 인터벌의 문제를 해결해 로봇이동의 정확도를 향상시킬 수 있다.[5]

로봇이 CC2431의 Location Engine을 기반으로 실내 공간에서 장애물을 회피하며 목적지까지 이동할 때 가끔 출구지역 근처에서 장애물로 인해서 RSSI값이 떨어지면서 정확도가 떨어지는 현상이 있다. 그래서 본 논문에서는 이런 단점을 보완하기 위해서 출구지역에 1개의 레퍼런스 노드를 설치하여 블라인드 노드와 1:1 통신을 통해 1m이내의 범위에 들어왔을 때 출구로 인식을 시키는 방법을 이용 하였다. 이 방법으로 인해 로봇은 보다 정확하고 신속히 출구를 탐색하고 목적지까지 도착할 수 가 있다. 다음 표1은 블라인드 노드와 레퍼런스 노드 사이의 거리에 따른 RSSI 값을 나타낸 표이다.

표 1. 거리에 따른 RSSI 값

노드/거리 (cm)	0	10	30	40	50
RSSI 값	-5	-7	-10	-11	-15
노드/거리 (cm)	70	80	100	120	140
RSSI 값	-23	-31	-36	-37	-39

### 2.4 로봇 제어 시스템

베이스스테이션노드로부터 UART인터페이스를 통해 수신받은 위치데이터가 로봇의 주제어장치인 SpartanIII로 보내게 되어 내부연산을 통해 로봇의 현재 위치를 알 수 있게 해준다. 위치데이터

는 3byte의 블라인드노드 ID, X, Y좌표로 나누어져있어 다른 블라인드노드와의 위치정보를 구별할 수 있게 됨으로써 블라인드노드의 멀티타겟 추적을 가능하게 해준다.

그림4는 장애물이 있는 공간에서의 로봇시스템 흐름도를 보여주고 있다. 장애물이 있는 실내공간에서의 원활한 로봇의 움직임을 위해 먼저 로봇은 Magnetic Compass를 이용해서 방위각보정을 한 뒤 경로를 탐색하면서 이동을 하게 된다. 로봇이 이동하면서 새로운 경로가 탐색이 된다면, 좌측과 우측의 초음파센서에서 측정된 거리를 비교해서 거리가 먼 곳으로 먼저 이동하게 된다. 이동 중 더 이상 이동이 불가능할 경우는 Magnetic Compass를 이용해서 360°회전을 한 뒤 다시 다른 경로를 탐색한다. 로봇이 이동경로를 탐색하면서 문제가 되는 것이 출입문의 탐지이다. 출입문이 열려있는 경우는 상관이 없지만 닫혀있는 경우는 문으로 인식을 하지 못하고 벽과 같이 인식을 하게 된다. 이 문제를 해결하기위해 출입문에 레퍼런스노드를 설치를 하여서 0~1m이내의 범위에 접근하게 되면 로봇은 그 지점을 출구로 인식 후 등록을 한 뒤 남은 경로를 탐색하여 목적지까지 이동을 하게 된다. 로봇의 제어는 PC와 연결된 노드를 이용하여 PC서버프로그램에서 이루어진다. 이전 시스템에서는 로봇에 부착된 스위치를 이용하여 좌표값을 입력시켰지만, PC서버프로그램과의 1:1통신을 이용해서 PC서버프로그램에서의 능동적인 로봇제어가 가능하게 되었다.

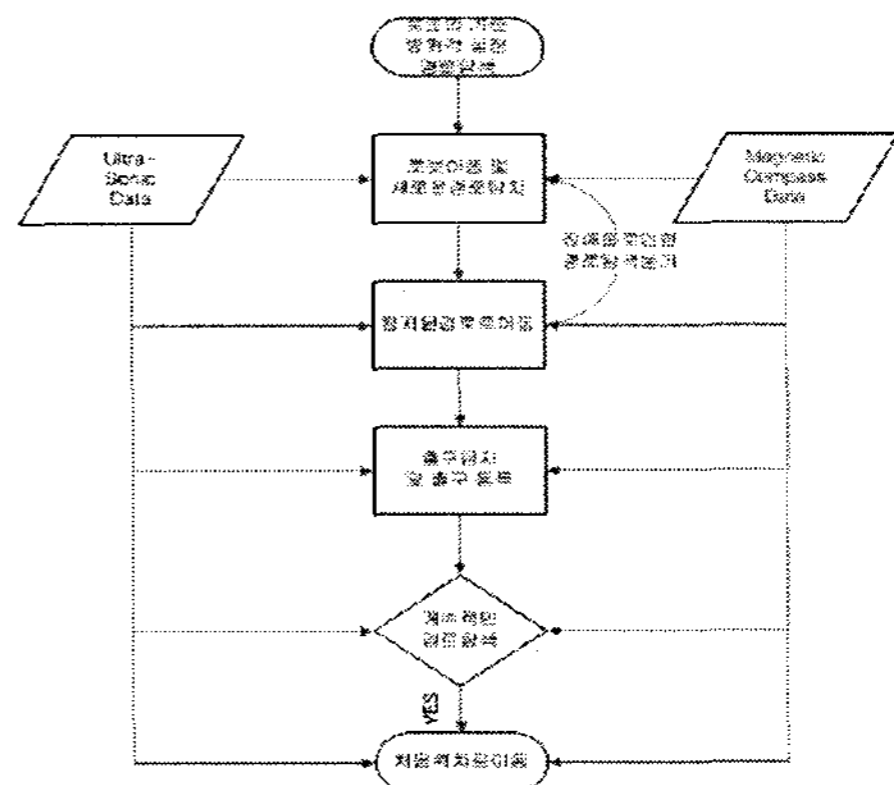


그림 4. 장애물이 있는 공간에서의 로봇 시스템 흐름도.

### 2.5 실험 및 결과

본 연구의 실험은 동서대학교 UIT관 8층에 위치한 연구실의 가로30m, 세로10m의 90여평의 공간에서 이루어졌다.

그림 5과 같이 레퍼런스노드는 가로, 세로 약 5m 간격으로 15개를 설치하였다. 블라인드노드는 하나의 싱글 타겟으로 설정하여 로봇에 탑재하였다.

로봇을 그림 5에서와 같이 현재의 위치인 출발점에 위치시키고 PC서버프로그램을 이용 목적지를 입력하였다. 로봇은 이동 중 목적지와 거리차가 1m이상일 때는 주행속도를 0.8m/s, 1m~0.5m일 때는 0.5m/s, 0.5m이하일 때는 0.25m/s로 제어하였다. 로봇의 주행속도를 목적지와 거리 차에 대해 주행속도를 차등 제어함으로써 실내 위치 추정 시스템에서의 위치 데이터를 계산하는 인터벌의 문제를 해결해 로봇이동의 정확도를 향상시킬 수 있었다. 그리고 출구지역에 1개의 레퍼런스 노드를 설치함으로써 보다 빠르게 출구를 탐지해서 능동적인이동을 할 수 있게 설계하였다.

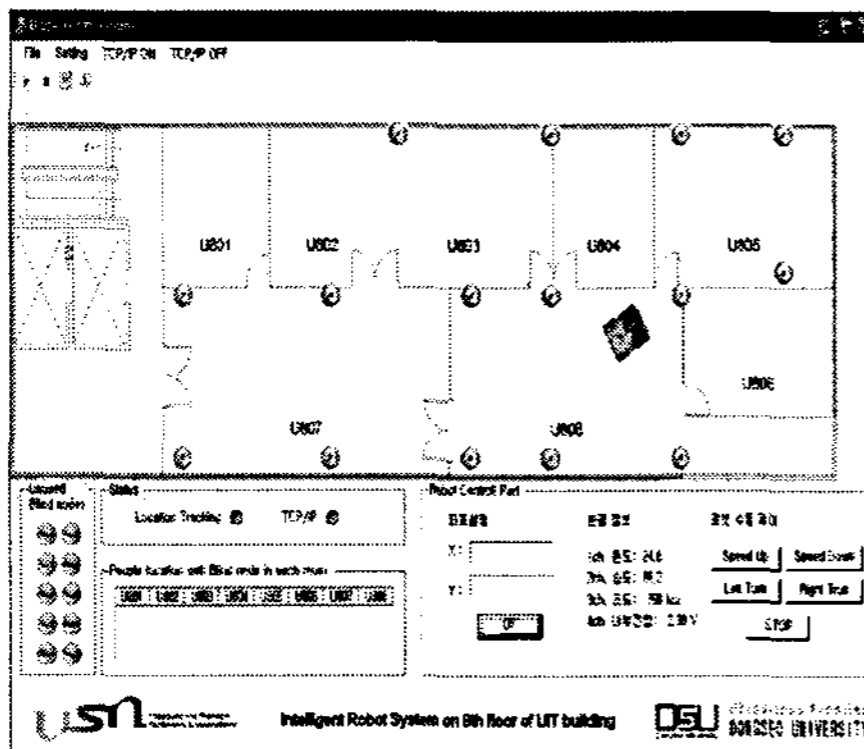


그림 5. 장애물회피 알고리즘을 적용한 로봇의 이동 및 제어.

로봇에 연결된 베이스스테이션노드는 PC에 연결된 노드와 1:1통신을 하게 설계되었다. 두 노드가 통신을 함으로서 PC서버프로그램에서의 로봇제어가 가능하였고, 그림 5과 같이 PC서버프로그램에서 로봇의 현재위치정보와 그림 6과 같은 환경정보(온도, 습도, 가스농도, 조도 등)를 그래프로 모니터링을 할 수 있음으로서 보다 능동적인 위치추정로봇을 설계하였다.

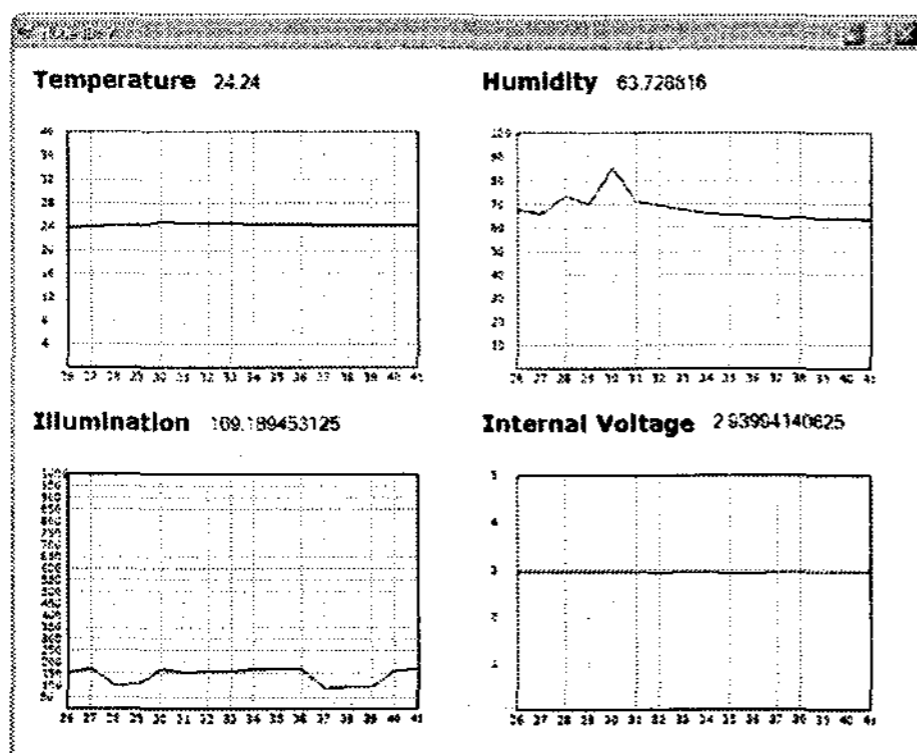


그림 6. PC서버의 환경모니터링 프로그램

### III. 결 론

본 논문은 무선센서네트워크 기술을 활용한 실내위치추정 시스템을 자율이동로봇에 적용하여 자율이동로봇에서 가장 선행적으로 요구되는 위치 추정 기능과 장애물 회피기능을 추가함으로써 기존에 나와 있는 실내위치추정 이동 로봇보다 효과적이고 능동적으로 이동할 수 있게 하였다.

이전 시스템에서는 RF신호가 책상, 철로 된 구조물 등의 장애물에 의해 반사, 산란, 회전 되어 가끔 잘못된 RSSI 값이 측정되어 정지해있는 Blind Node라도 1~2m의 오차를 보이고 있었지다. 이 문제점을 해결하기 위해 GPS 수신기에서 사용되는 Kalman Filter의 RSSI Smoothing Algorithm을 이용하여 RSSI값의 오차가 +1.6m로 향상된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 PC서버프로그램에서의 환경센싱과 위치모니터링, 로봇제어가 가능함으로써 사용자가 좀 더 효율적으로 로봇을 제어할 수 있다.

로봇은 인간이 작업하기 힘든 위험 환경에서의 작업이 가능하며, 환경정보를 모니터링 할 수 있음으로 능동적인 위치추정을 필요로 하는 산업 현장에서 기존의 자율 이동 로봇 및 운반체를 대체할 수 있고 첨단 군사시설이나 병원, 장애인 복지시설 등에 폭 넓게 적용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] T. B. sheridan, Telerobotics, Automation, and Human supervisory Control, MIT Press, Cambridge, 1992.
- [2] 김부성, 이동희, 이장명, RFID 응용기술을 이용한 이동로봇의 실내위치추정, 제어자동화시스템공학 논문지, 제11권 제12호, pp.996~1001, 2005. 12.
- [3] Chipcon홈페이지, <http://www.chipcon.com>
- [4] 권준달, 신광식, 이영동, 정완영, 무선센서네트워크 기술을 활용한 Ad-hoc 홈 네트워크 시스템, 해양정보통신학회 추계학술대회 논문집, pp.473-476, 2006.
- [5] 진태석, 이장명, 단일 초음파 센서모듈을 이용한 이동로봇의 위치추정 및 주행, 전자공학회 논문지-SC편, 제42권 2호, pp.47~56, 2005.