
무선센서네트워크 기술을 활용한 RSSI기반의 지능형 실내위치추정 로봇

서원교* · 장성균** · 신광식*** · 이은아*** · 정완영***

RSSI based Intelligent Indoor Location Estimation Robot using
Wireless Sensor Network technology

Won-Kyo Seo* · Seong-Gyun Jang** · Kwang-Sik, Shin*** · Eun-Ah Lee*** · Wan-Young Chung****

요 약

RSSI기반의 실내위치인식 시스템과 무선센서네트워크를 이용하여 자율 이동 로봇의 기능 중에서 가장 선행적으로 요구되는 위치추정 기능을 가진 지능형 실내위치추정 로봇을 설계, 구현하였다. 지능형 실내위치추정 로봇은 주제어장치로 Spartan III(Xilinx, USA)를 사용하였으며 실내위치인식 시스템에서 현재의 위치데이터를 수집하여 Zigbee/IEEE802.15.4 무선통신으로 전송을 하면 이동로봇에 부착되어 있는 무선센서네트워크 노드에서 데이터를 수신받아서 위치를 인식하게 되고 Magnetic Compass의 데이터로 로봇이 향하고 있는 방향을 감지하여 목적지로 이동하게 된다. 이렇게 구성된 지능형 실내위치 추정 로봇은 장애물이 없는 평활 실내 공간에서 사용자가 원하는 목적지로 효율적이고 능동적으로 이동할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper describes indoor location estimation intelligent robot. Indoor location estimation function using RSSI based indoor location estimation system and wireless sensor networks were implemented in the robot. Spartan III(Xilinx, U.S.A.) was used as a main control device in the mobile robot and the current direction data was collected in the indoor location estimation system. The data was transferred to the wireless sensor network node attached to the mobile robot through Zigbee/IEEE 802.15.4, a wireless communication. After receiving it, with the data of magnetic compass the node is aware of and senses the direction the robot head for and the robot moves to its destination. Indoor location estimation intelligent robot is can be moved efficiently and actively without obstacle on flat ground to the appointment position by user.

키워드

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

I. 서 론

최근 산업 현장에서 자율이동로봇(Autonomous Mobile Robot), 자율운반체 (Autonomous Guided Vehicle)등이 도입되어서 여러 방면으로 활용되고 있다. 이러한 로봇,

운반체에서 유연한 탐색주행 시스템(Flexible Navigation System)을 위한 요구로 이동로봇이 자율적으로 이동하기 위해서는 경로계획(Path Planning), 환경인식(Environments Recognition), 장애물회피(Obstacle Avoidance) 그리고 위치추정(Location Estimation)등의 기능이 요구된다[1]. 이

* 동서대학교 정보시스템공학부 전자공학 전공,

** 동서대학교 컴퓨터정보공학부,

*** 동서대학교 디자인&IT전문대학원 유비쿼터스IT 공학과

중에서 위치추정 기능은 다른 기능에 대하여 선행적으로 요구되나, 이에 대한 일반화된 해결책은 제시되지 않고 있다. 현재 상용되고 있는 위치추정 시스템들은 주행 경로상에 흰색이나 검은색으로 유도선을 그리거나, 바닥 밑에 전선을 깔아 주행을 유도하게 되므로 주행경로가 새롭게 변경되었을 때 주행선을 다시 설치해야 하는 번거로움이 존재하게 된다. 그러나 본 논문의 RSSI (Received Signal Strength Indication)를 이용한 위치추정 시스템은 유도선이 필요 없으며 주행경로의 변경이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서 이러한 장점을 가진 RSSI를 이용한 실내위치추정 시스템과 무선센서네트워크를 이동 로봇에 적용시켜 지능형 실내위치추정 로봇을 설계, 구현 하였다.

II. 시스템 설계

2.1 시스템 구성

지능형 실내위치추정 로봇의 구성은 크게 주 제어장치인 SpartanIII와 로봇의 현재 위치와 이동할 목적지의 위치를 RSSI값들로 계산해서 실시간으로 전송해주는 실내위치추정 시스템, RSSI값들로 계산된 데이터를 주 제어장치로 전송해주는 베이스스테이션노드, 로봇의 이동방향데이터를 수집하는 Magnetic Compass, 그리고 이러한 모든 데이터를 주 제어장치가 처리하여 로봇을 이동하게 하는 DC모터 4개로 구성되어 있다.

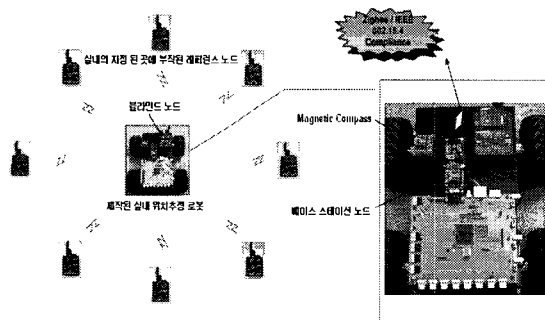


그림 1. 무선센서네트워크 기술을 활용한 RSSI기반의 지능형 실내위치추정 로봇 시스템 구성도.

Fig. 1. System overview of RSSI based intelligent indoor location estimation robot using wireless sensor network technology.

2.2 RSSI를 이용한 실내위치추정 시스템

로봇의 실내위치추정에 적용한 RSSI는 수신기에서 수신되는 전력의 수치를 의미하며 RSSI사용의 대표적인 사례로는 휴대전화기의 신호강도 표시기가 있다.

실내 위치추정 시스템은 IEEE802.15.4/Zigbee 표준을 따르는 CC2431(Chipcon, Norway) SOC (System on Chip)으로 구성된 레퍼런스노드와 블라인드노드로 구성 된다.

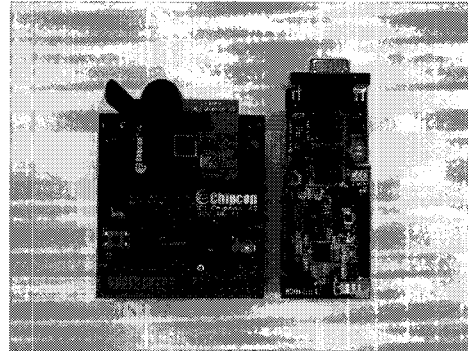


그림 2. 블라인드노드와 베이스스테이션노드.
Fig. 2. Blind node and base-station node.

CC2431 내부는 8051MCU와 2.4GHz RF Transceiver 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 위치추정 시스템에서 사용되는 RSSI값이 나오게 된다.

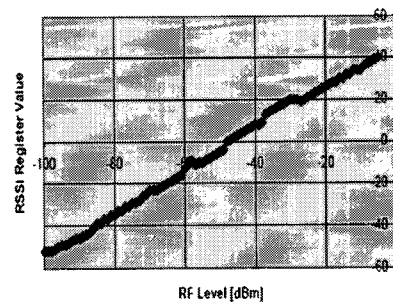


그림 3. RF Level에 대한 RSSI 레지스터 값.
Fig. 3. RSSI register value for RF level.

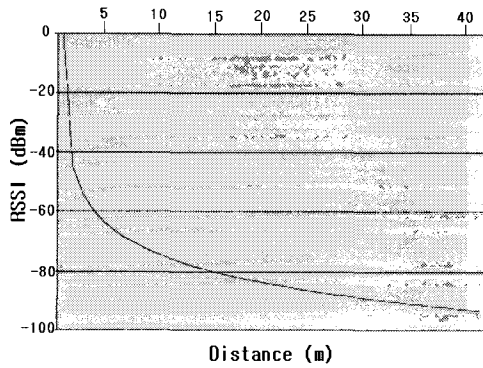


그림 4. CC2431의 위치 엔진에 의해 계산된 RSSI값.
Fig. 4. Calculated RSSI value by location engine of CC2431.

위의 그림 4는 Location Engine에 의해 구해진 RSSI값이 수신 거리에 따라 변화하는 것을 보여준다.

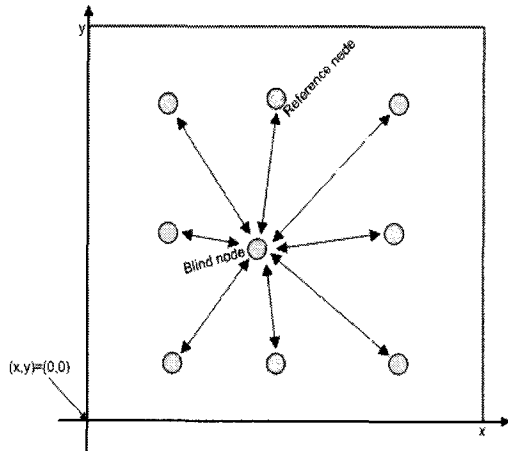


그림 5. 위치추정 동작 원리.
Fig. 5. Location estimation principle.

레퍼런스 노드는 실내의 천장에 가로, 세로 약5m간격으로 부착되어 블라인드노드의 브로드캐스팅 요구에 따라 미리 지정된 자신의 위치정보를 브로드캐스팅을 요구한 블라인드노드에게 실시간으로 전송한다. 블라인드노드는 브로드캐스팅을 이용하여 실내에 부착되어 있는 모든 레퍼런스노드들로부터 응답을 받는다.

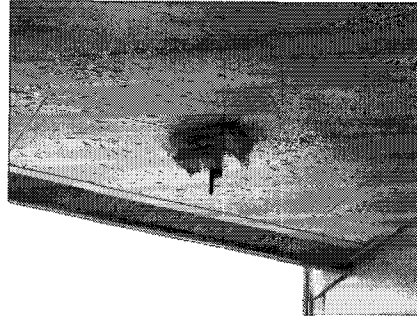


그림 6. UIT관 8층 천정에 부착된 레퍼런스노드.
Fig. 6. Reference node attached on the ceiling of 8th floor of UIT building.

그 중 RSSI값이 가장 높은 주변의 8개 레퍼런스노드의 X, Y좌표와 RSSI값을 이용하여 Location Engine에서 삼각측량을 이용하여서 자신의 현재위치를 계산한다. Location Engine에서 계산된 데이터는 베이스스테이션 노드로 전송된다[2].

베이스스테이션노드는 MSP430 MCU와 CC2420 (Chipcon ,Norway) RF Transceiver로 구성되어 있으며 현재 무선센서네트워크에서 가장 많이 사용되는 TinyOS (UC Berkely, USA)를 이용하여 그림 5와 같이 TinyOS응용프로그램을 탑재하였다[3].

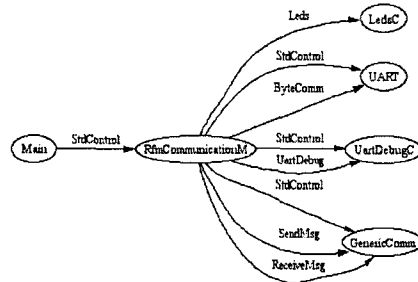


그림 7. 베이스 스테이션노드 소스 트리.
Fig. 7. Source tree of base-station node .

베이스스테이션노드에 탑재된 CC2420 2.4GHz RF Transceiver는 IEEE.802.15.4기반의 무선통신으로 CC2431의 블라인드노드와 데이터통신을 한다. 베이스스테이션 노드에서는 블라인드노드로부터 수신받은 정보를 패킷필터링 과정을 거친 이후에 로봇으로 노드ID와 X, Y좌표 정보를 UART인터페이스를 통해서 전달하는 역할을 한다.

2.4 Magnetic Compass의 실내 방향인식

로봇이 이동을 할 때 어느 방향으로 이동을 해야 할지를 판단하기 위한 방향감지용 센서로는 자기장센서인 KMZ51(Philips)을 사용하였다. KMZ51센서에서 수집되는 신호는 PIC16F872에 의해 I2C인터페이스로 MCU에게 전달된다.

이 방향데이터는 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 를 1byte(0~255)로 변환하여 나타내기 때문에 약 1.4° 의 정밀도를 가진다.

2.5 MCU의 데이터처리 및 로봇이동

베이스스테이션노드로부터 UART인터페이스를 통해 수신받은 위치데이터는 지능형 실내위치추정 로봇의 주제어장치인 SpartanIII로 보내게 되어 내부연산을 통해 로봇의 현재 위치를 알 수 있게 해준다. 위치데이터는 블라인드노드의 ID, 3byte의 X, Y좌표로 나누어져있어 다른 블라인드노드와의 위치정보를 구별할수 있게 됨으로써 블라인드노드의 멀티타겟 추적을 가능하게 해준다.

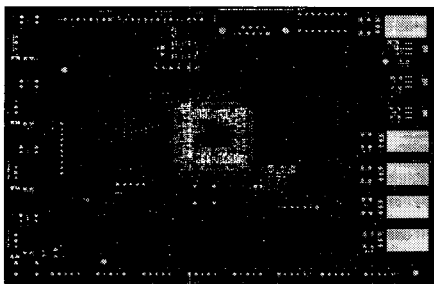


그림 8. 지능형 실내위치추정 로봇의 메인보드 레이아웃.
Fig. 8. Mainboard layout for intelligent indoor location estimation robot.

로봇의 이동은 메인보드에 부착되어 있는 스위치로 이동할 목적지의 좌표(X, Y)를 입력하면 먼저 Magnetic Compass를 통해 실시간으로 수집되는 방향데이터로 로봇을 실내공간의 X축과 평행하게 로봇을 회전시킨다. 이는 로봇이 실내위치 추정을 하기위해 가장 우선적으로 요구되는 과정이다. 이렇게 실내의 X축과 평행을 이룬 로봇은 사용자가 입력한 좌표(X)와 실시간으로 수집되는 자신의 좌표(X)를 비교하여 동일할때까지 직선주행을 하게된다. 좌표(X)가 같은위치에 로봇이 이동을 완료하면 Magnetic Compass를 통해 실내의 Y축과 평행하게 90° 회전을 하여 X축이동과 동일한 방법으로 Y축의 이동을 완료하게 된다[4].

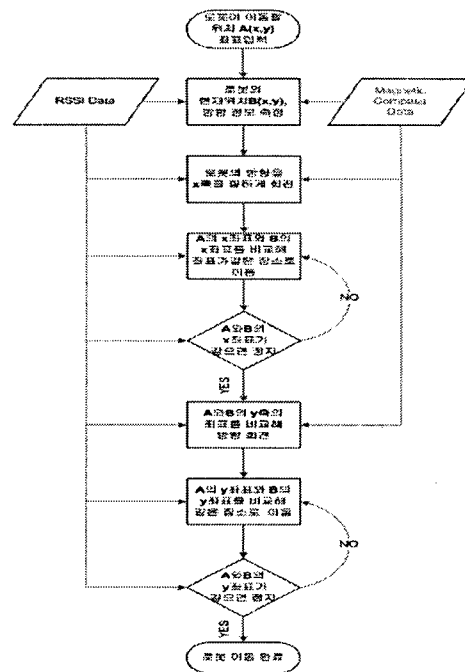


그림 9. 지능형 실내위치추정 로봇의 시스템 흐름도.
Fig. 9. Operation flowchart for Intelligent indoor location estimation robot.

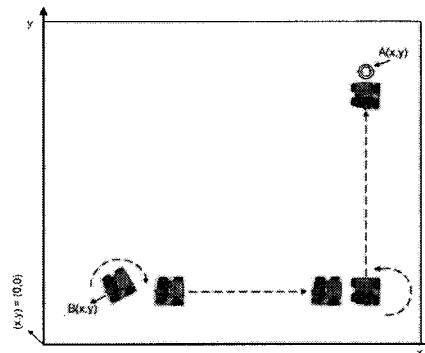


그림 10. 방향 데이터에 의한 로봇의 동작 원리.
Fig. 10. Principle of Robot's movement by location data.

이때 실내 위치 추정 시스템에서 정확한 위치데이터를 계산해서 베이스스테이션에 전송하기 위해서는 약 2~3초 정도의 인터벌이 필요한데 이는 실시간으로 위치데이터를 수집해야하는 로봇에게는 이동의 정확성을 떨어지게 만든다. 이 문제를 해결하기위하여 로봇의 직선주행속도를 PWM방식을 이용해 이동할 목적지와의 거리차에 따라 차등제어 하였다.

표 1. 목적지와의 거리에 따른 주행속도.
Table 1. Running speed against distance to destination.

목적지와의 거리차 (m)	~ 3	1 ~ 0.5	0.5 ~
주행 속도(m/s)	0.8	0.5	0.25

표 1에 보인 것과 같이 목적지와의 거리차가 3m이상 일 때는 주행속도를 0.8m/s, 1m~0.5m/s일 때는 0.5m/s, 0.5m이하일 때는 0.25m/s로 제어하였다. 로봇의 주행속도를 목적지와의 거리차에 대해 주행속도를 차등 제어 함으로써 실내 위치 추정 시스템에서의 위치 데이터를 계산하는 인터벌의 문제를 해결해 로봇이동의 정확도를 향상시킬 수 있다.

그림 11은 제작된 이동 로봇의 모양을 보여주고 있다.

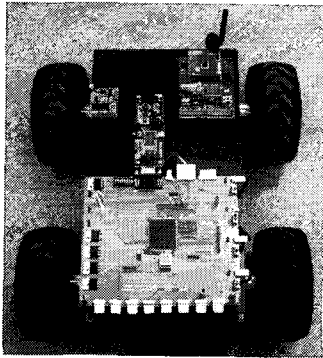


그림 11. 제작된 지능형 실내위치추정 로봇.
Fig. 11. Fabricated intelligent indoor location estimation robot.

III. 실험 및 결과

본 연구의 실험은 그림 12와 같은 동서대학교 UIT관 8층에 위치한 연구실의 가로30m, 세로10m의 90여평의 공간에서 이루어졌다.

실험이 이루어진 시스템의 설정은 전체공간을 좌표 (00,00)에서 좌표(60,20)로 보았을 때 실내위치추정 시스템의 레퍼런스노드는 가로, 세로 약 5m간격으로 15개를 설치하였다. 블라인드노드는 하나의 싱글타겟으로 설정하여 로봇에 탑재하였다.

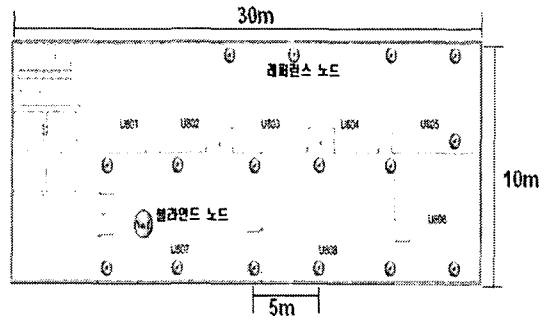


그림 12. 실험장소에서의 레퍼런스노드와 블라인드노드의 배치도.

Fig. 12. Deployment map of reference nodes and blind node in 2 dimensional space.

또한 이동 로봇의 방향 인식을 위해 실험한 장소의 각 면에 대한 방위각을 그림 13과 같이 각각 6.7, 95.8, 186.2, 276.3°로 설정하였다.

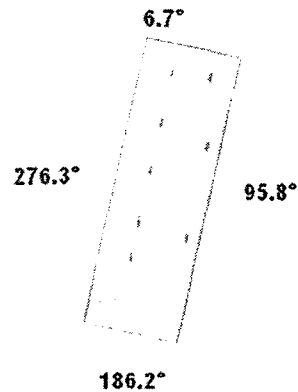


그림 13. 실험장소의 방위각 데이터.
Fig. 13. Angle data of test area.

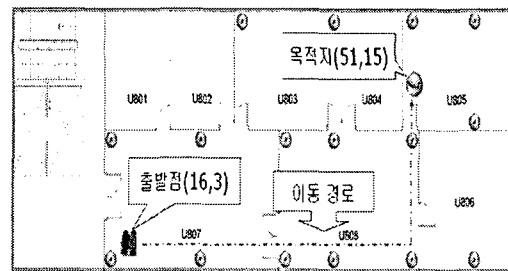


그림 14. 로봇의 이동을 나타낸 단면도.
Fig. 14. Cross-sectional view of Robot movement.

로봇을 그림 14에서와 같이 현재의 위치인 출발점좌표(16, 3)에 위치시키고 로봇에 부착된 스위치를 통해 목적지좌표(51, 15)를 입력하였다. 실험 결과 로봇은 그림 8의 경로를 이동하여 목적지좌표(51, 15)로 약 ±1m 오차범위로 접근하는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문은 무선센서네트워크 기술을 활용한 실내위치추정 시스템을 자율이동로봇에 적용하여 자율이동로봇에서 가장 선행적으로 요구되는 위치추정 기능을 보완함으로써 기존에 나와 있는 실내위치추정 이동로봇보다 효과적이고 능동적으로 이동할 수 있게 하였다.

제시된 연구 결과에는 장애물회피 기능이 추가되지 않아서 장애물이 없는 평활 공간에서의 이동만이 가능하였다. 현재 초음파를 이용한 장애물회피 알고리즘과 자율이동로봇의 활용범위를 조금 더 넓히기 위해 임베디드 보드를 로봇에 탑재, 실내 환경의 영향으로 인한 RSSI값의 오차를 보정 하기위해 GPS수신기에서 사용되는 장애물에 의한 수신장애를 보정하는 칼만 필터를 적용하는 연구를 하고 있다.

본 논문은 효율적이고 능동적인 위치추정을 필요로 하는 산업현장에서 기존의 자율이동로봇, 자율운반체를 대체할 수 있고 첨단 군사시설이나 병원, 장애인 복지 시설에 폭 넓게 적용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 임병현, 김영민, 황중선, 고낙용, 지역지도 와 칼만필터를 이용한 이동로봇의 위치추정, 한국 전기 전자 재료학회, 2003년도 하계학술대회 논문집, pp.1227~1230, 2003.
- [2] 김부성, 이동희, 이장명, RFID 응용기술을 이용한 이동로봇의 실내위치추정, 제어자동화시스템공학 논문지, 제11권 제12호, pp.996~1001, 2005. 12.
- [3] 권준달, 신광식, 이영동, 정완영, 무선센서네트워크 기술을 활용한 Ad-hoc 홈네트워크 시스템, 해양정보통신학회 추계학술대회 논문집, pp.473-476, 2006.
- [4] 진태석, 이장명, 단일 초음파 센서모듈을 이용한 이동로봇의 위치추정 및 주행, 전자공학회 논문지-SC편, 제42권 2호, pp.47-56, 2005.

저자소개

서 원 교(Won-Kyo Seo)



2002.3-현재 동서대 전자공학과

※ 관심분야: SOC, FPGA, USN, RF시스템

장 성 균(Seong-Gyun Jang)



2001.3-현재 동서대 정보네트워크학과

※ 관심분야: USN, RF시스템, 임베디드, Mobile 시스템

신 광 식(Kwang sig Shin)



2001.2 동서대 전자공학과(공학사)

2007.2 동서대 유비쿼터스IT학과 (공학석사)

2007.5 (주)세솔 선임연구원

※ 관심분야: RF시스템, FPGA, USN

이 은 아(Eun-Ah Lee)



2003. 8 동의대 전산교육과(교육학석사)

2006. 2 동의대 컴퓨터·소프트웨어 공학과(공학박사)

2003. 3 동의대학교~2006.12 박사후 연구원

2006. 1 - 현재 동서대학교 BK21 WSN응용 u-헬스케어기술 개발사업팀 박사후 연구원

※ 관심분야: 유비쿼터스 헬스케어, 컴퓨터 그래픽스

정 완 영(Wan-Young Chung)



1992.8 경북대 전자공학과(공학석사)

1998.5 규슈대 종합이공학연구과 (공학박사)

1999. 3 - 현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

2007. 3 - 현재 동서대 디자인&IT 전문대학원 원장

2006. 3 - 현재 BK21 WSN을 활용한 u-헬스케어 기술개발 핵심사업팀 팀장

※ 관심분야: 유비쿼터스 헬스케어, 무선센서네트워크, 반도체센서, 홈네트워킹