

실내 환경에서 RFID와 초음파를 이용한 이동로봇의 위치 추정에 관한 연구

¹정기호, ¹장철웅, ¹강신혁, ¹이동광, ¹염운진, ²장운석, ³공정식, ⁴권오상, ¹이영혁

¹한국산업기술대학교 전자공학과, ²인하대학교 전자공학과, ³대덕대학 마이크로로봇과, ⁴경기공업대학 자동화시스템과

A Study on the Localization using Passive RFID and Sonar for Mobile Robot in Indoor environment

¹Ki-Ho Jung, ¹Chul-Woong Jang, ¹Shin-Hyuk Kang, ¹Dong-Kwang Lee, ²Mun-Suck Jang, ³Jung-Shik Kong, ⁴Oh-Sang Kwon, ¹Eung-Hyeok Lee

¹Dept of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University ²Dept of Electronic, Engineering INHA University
³Dept of Micro Robot, DAEDUK College ⁴Dept of Automation System, Kyonggi Institute of Technology

Abstract - In this paper we analyze whether recent Radio Frequency Identification technology can be used to improve the localization of mobile robot in their environment. This system make use of power control because Tag with Reader distance measurement. We are accurately the low at former time than the environment. A distance measurement is rather correct. This system used 900MHz Frequencies.

1. 서 론

현재 위치추정을 위해 로봇에 사용하고 있는 RF 주파수는 13.5MHz 와 900 MHz, 2.4GHz 대역을 많이 사용하고 있으며, 주파수가 높을수록 태그를 인식할 수 있는 거리가 멀어진다. 기존에 발표된 논문들의 경우 13.5MHz에서 로봇의 위치인식을 많이 다루고 있다. 이 논문은 벽면에 태그를 붙이고 태그를 읽을 수 있는 안테나가 근처로 갔을 때 위치를 추정하는 경우로 추정 오차가 ±5cm를 가진다. 하지만 위치추정을 위해 태그와 리더기의 거리가 30cm 이내로 근접해 있어야 위치를 추정할 수 있다. Intel에서는 900MHz RFID 와 레이저 스캐너를 이용해서 위치를 추정하는 연구 논문을 발표 하였다. 이 논문은 레이저 스캐너를 이용해서 맵을 그려 나가는 방법을 사용하는데 이때 RFID를 이용하면 로봇의 위치 추정이 몬테카를로법을 적용해 더 정확해짐을 실험을 통해 보여준다. 본 연구에서는 수동 태그에서 송신되는 RF 안테나의 주파수를 받아 태그의 내부 코일이 유도기전력을 발생 시켜 태그에 침을 구동하고 다시 RF 안테나 수신부로 정보를 보내주는 방식을 응용했다. RF 의 송신 파워는 조절할 수 있으며 이때 파워를 조절하여 태그를 동작할 경우 어느 일정한 파워 레벨 이하에서 태그를 읽지 못한다면 태그와 안테나의 거리가 일정거리이상 떨어져 있다고 할 수 있다. 따라서 충분한 송신 전력이 없을 경우 태그는 동작하지 않는다. 만약 이 파워 값이 거리에 따라 선형적 이라면 태그와 안테나의 거리를 추정할 수 있다. 본 논문에서는 두 개 이상의 태그를 벽면에 부착하고 초음파 센서를 사용해서 1M 이상의 거리에서 삼각법으로 위치를 추정할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 RFID를 이용한 거리 측정 방법

본 논문에서는 로봇의 위치 추정을 위해 다음과 같은 과정을 거쳐 위치 추정을 한다.

- (1) 로봇이 자신이 알 수 없는 위치에 있을 때 현재 자신의 위치에서 2개의 태그를 찾을 때까지 Antenna의 Power Level 값을 Max 값인 255상태로 두고 태그를 검색하며 이동을 한다. 로봇의 주행은 초음파 센서 array를 이용하여 장애물을 회피하며 주행한다. 벽과 로봇과의 거리는 일정하게 주행을 한다.
- (2) 두 개의 태그가 발견되면 로봇은 정지 상태에서 Antenna의 파워 레벨을 최고 255에서부터 1단계씩 줄여가며 태그가 읽히지 않는 그 순간의 파워 레벨 값을 가지고 테이블과 비교하여 거리를 구할 수 있다. 이때 테이블 값은 미리 실험에 의해 구해진 데이터를 기반으로 한다. 그림 1은 Tag와 로봇을 정면으로 유지한 후 거리를 달리하여 측정한 데이터 이다.

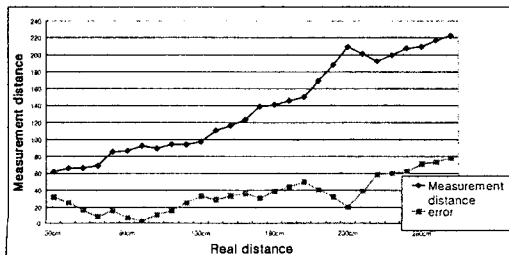


그림 1. Tag의 거리 측정 실험

그림 1에서 위에 선은 파워 세기로 측정한 거리를 나타내고 아래 선은 오차를 나타낸다. 여기에서 태그와 거리가 멀어질수록 오차가 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 2는 Tag와 Antenna가 정면을 마주보지 않고 각을 틀어 측정한 데이터 이다. 25도와 45도 일 때 측정된 값을 비교해 보면 45도에서 측정한 데이터가 정면에서 측정한 데이터와 가장 근사한 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과로 우리는 로봇이 벽을 따라 주행을 할 때 안테나를 45도 각도로 틀어서 벽을 향하게 한 상태로 로봇을 진행 시켰다.

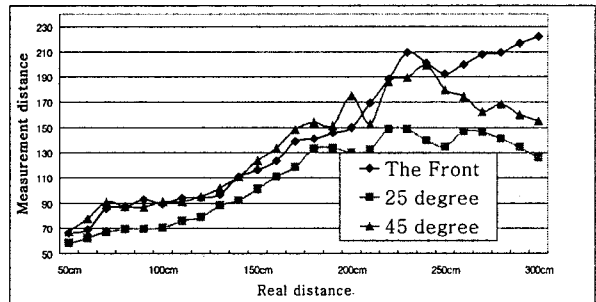


그림 2. Tag측정 각을 다르게 한 거리 오차

2.2 위치추정 알고리즘

구해진 Tag까지의 거리와 초음파로 측정한 벽과의 거리 정보를 가지고 삼각법을 이용하여 로봇의 현재위치 (x,y) 좌표로 나타낸다. 태그의 거리는 30cm를 두고 벽면에 나란히 붙여있다. 이 때 두 개의 태그를 L1과 L2 라고 했을 때, RFID를 이용해 두 개의 태그 L1과 L2 의 거리를 알 수 있다. 위 결과를 아래 식(1)에 대입할 경우 로봇의 현재 위치 (x,y)를 구할 수 있다.

$$X2 = \text{Sonar Data}$$

$$Y2 = \sqrt{D2^2 - X2^2} \quad \text{식(1)}$$

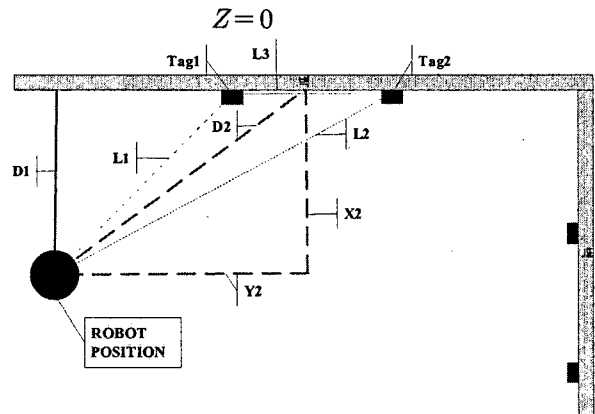


그림 3. 초음파와 RFID 위치추정 방법

3. RFID 시스템 구성

본 논문에서는 그림 4와 같이 실험을 위해서 Intel PXA255를 사용하였고 로봇에 구동을 위해 3축 지원 모션 드라이버와 장애물의 회피를 위해 초음파 어레이 12개를 사용하였다. RFID 시스템과의 통신은 RS 232 방식을 사용하였고, 2개의 900MHz 송, 수신 안테나와 리더기를 사용하여 구성하였다.

로봇의 크기는 넓이 40cm 높이가 60cm인 로봇으로 RFID Antenna를 부착하였을 경우 높이는 80cm이다. 실험에 사용한 RFID 리더기와 태그는 MATRICES 회사의 SR-400 제품을 사용하였다. 이 리더기는 총 4개의 송신과 수신안테나를 부착할 수 있으며 초당 최대 800개 최소 200개의 태그를 읽어 들일 수 있다. 안테나는 송신과 수신부가 따로 분리돼 있으며, 그림 5와 같이 송신안테나는 아래쪽에 수신안테나는 위에 장착하였다. 실험에 사용한 태그는 가로 세로 10.2cm의 Passive 태그를 사용하였다.

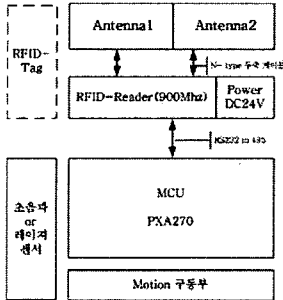


그림 4. 시스템 구성도

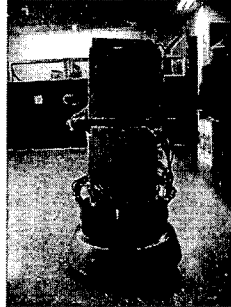


그림 5. 로봇의 구성 모습

4. 실험 결과

실험은 전체 크기가 가로6m x 세로 5m 되는 공간에 벽으로 둘러싸인 환경에서 진행하였다. RFID의 전파 특성상 중간에 장애물을 두지 않았다. 로봇은 그림 6에서와 같이 X축 5m, Y축 50cm 위치에서 출발을 한다. 로봇이 이동하면서 바퀴에 달린 인코더를 이용해 실시간 자신의 위치를 갱신하며 주행을 한다. 이 위치정보가 주행하면서 LCD 화면에 뿌려 주는 것을 볼 수 있다. 그러나 인코더는 시간이 지남에 따라 바퀴에 슬립현상으로 인해 위치 추정오차가 발생하게 된다. 이것을 보정하기 위해서 로봇은 그림 7에서와 같이 두 개의 태그를 발견하게 되면, 로봇은 RFID Tag를 이용한 자기 위치 계산에 들어 가게된다. 이 시점에서 삼각법을 사용하여 위치를 계산한 로봇은 그림 8에서 보는 바와 같이 다음 태그를 찾아 벽을 따라 주행한다. 이때 LCD에 (x,y) 좌표를 보면 수정이 된 후의 위치 정보를 확인할 수 있다.

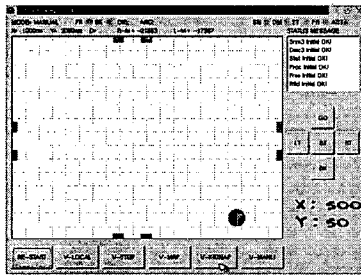


그림 6. 실제 위치 추정 LCD 화면

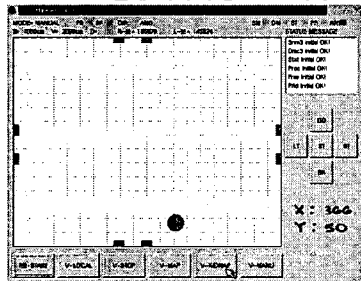


그림 7. 실제 위치 추정 LCD 화면

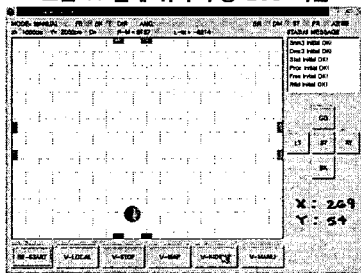


그림 8. 실제 위치 추정 LCD 화면

그림 9은 로봇이 벽을 따라 주행했을 때 벽과의 거리가 평균 1(20cm),2(30cm),3(40cm),4(50cm) 일 때 측정된 위치 추정 오차를 보여준다. 그래프에서 보면 50cm에서 측정을 했을 경우 오차의 증가율이 평균 ±40cm를 보인다.

급격한 오차의 증가는 로봇의 위치 추정을 하는데 쓰이지 못하므로 벽과의 거리가 평균 50cm이하일 때 로봇을 주행하는 조건에서 위치추정을 한다면 평균 ±13.3cm 이내의 오차를 가지고 위치 추정을 할 수 있다.

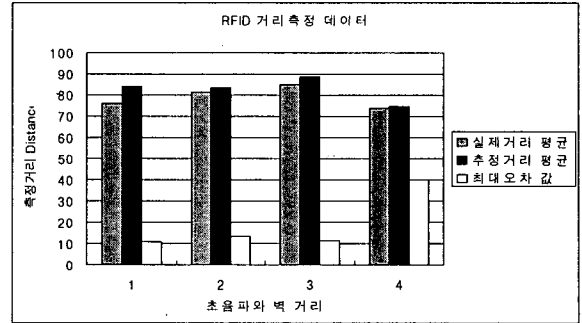


그림 9. 위치추정 오차율

그림 10은 RFID 만을 사용했을 때 위치 추정 결과와, 초음파와 같이 퓨전했을때의 위치 추정 결과를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 RFID와 Sonar의 퓨전이 실제 위치에 보다 근접한 것을 알 수 있다.

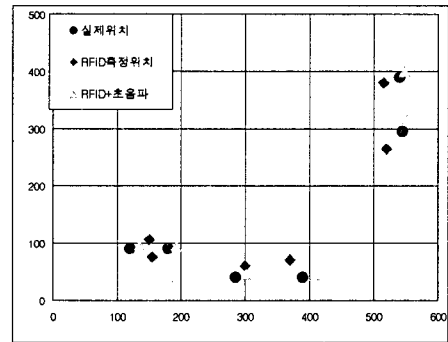


그림 10. 위치추정 결과 비교

5. 결론 및 향후 계획

900MHz RFID는 기존에 13.5MHz RFID 보다 인식거리가 길기 때문에 보다 적은 양의 태그를 사용하여 넓은 공간에서 적용이 가능하다. 실험에서 보였듯이 가로6m 세로5m 의 공간에 8개의 태그를 가지고 로봇은 최대오차 13.3m의 위치 추정을 할 수 있었다. 또한 초음파와의 퓨전은 비교적 거리 측정의 효율이 떨어지는 RFID의 단점을 보완할 수 있었으며 이를 통해 최고 50%의 성능 향상을 이룰 수 있었다. 또한 앞으로 이러한 측정 결과의 성능향상을 위해 확률론 기반으론 위치 인식 추정 연구를 수행할 것이다. 앞으로 900MHz RFID 리더기와 Antenna의 가격이 지금보다 저렴해 진다면 저가의 초음파 센서와 RFID를 이용하여 로봇의 Localization이 가능할 것이라 본다.

[참고 문헌]

- [1]Kulyukin, Chaitanya Gharpure, John Nicholson "RFID in Robot-Assisted Indoor Navigation for the Visually Impaired" IEEE/RSJ International Conference on Volume 2, 28Sept - 2 Oct, 2004 Page(s):1979 - 1984 Vol.2
- [2]Hahnel,D, Burgard,W,"Mapping and localization with RFID technology" 2004IEEE International Conference Volume1. 2004 page(s):1015-1020 Vol.1
- [3]Lionel M.Ni, Yunhao. Liu "LANDMARC:Indoor Location Sensing Using Active RFID" IEEE international Conference on Pervasive Computing and Communications PerCom'03
- [4]Hyun-Jeong Lee, Kyu-Cheon Choi, Min-Cheol Lee, and ang-Myung Lee"Localization of Mobile Robot Based on Radio Frequency Identification Devices" Journal of Control, Automation, and Systems Engineering Vol. 12, No. 1, January 2006
- [5]ByoungSuk Choi and JangMyung Lee"An Efficient Localization of MobileRobot in RFID Sensor Space" Journal of Control, Automation, and Systems Engineering Vol. 12, No. 1, January 2006
- [6]Sung-Bu Kim, Dong-Hui Lee, and Jang-Myung Lee "Indoor Localization scheme of a Mobile Robot applying RFID Technology " Journal of Control, Automation, and Systems Engineering Vol. 11, No. 12, December 2005