

이동로봇을 위한 RFID tag 기반의 위치 오차 보정 기법

A Position Error Revision Techniques of RFID tag Base for Mobile Robot

최종훈*, 정대섭**, 정기호*, 심현민***, 권오상**** 이응혁*****

Jong-Hoon Choi, Dae-Seop Jung, Ki-Ho Jung, Hyun-Min Shim, Oh-Sang Kwon, and Eung-Hyuk Lee

Abstract - In this paper, Correct problem in dead reckoning system and proposed about position error revision techniques of mobile robot to use RFID tag for position awareness.

With the dead reckoning system, as the accumulation of error are unavoidable because of accumulation of informations as the time passage, so it is impossible to get correct information about posture, including current direction, movement distance, etc. As one of compensation method, the suggested method is that after selecting special area (corridor), compensate absolute location information by arranging two line of RFID tag along two side of corridor. Through this suggested method, it could be used when robot wants to move in limited areas.

Key Words : Mobile Robot, RFID, Localization

1. 서론

최근에 서비스 로봇, 엔터테인먼트 로봇 등 이동로봇에 대한 관심이 높아짐에 따라 이동로봇의 핵심 기술인 로봇의 위치추정(localization)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

로봇의 위치인식 시스템 중 엔코더 및 항법시스템과 영상 등과 같은 상대적인 위치계측법을 이용해 보다 정확한 절대 위치인식이 가능하도록 개발되어 왔다. 상대적 위치 계측법의 하나로 잘 알려진 추측항법(dead reckoning) 시스템은 저가이면서도 높은 샘플링 속도를 가지며 짧은 구간에 대해 우수한 정확도를 보이는 장점을 갖는다. 그러나 추측항법의 기본원리는 결국 시간에 따른 자세 정보의 적분으로, 오차의 누적은 불가피하며 이로써 현재 방향, 이동 거리 등의 자세에 대한 정확한 정보를 얻는 것이 불가능하다. 특히 방향각 오차의 누적은 시간이 지남에 따라 무한히 큰 위치오차를 야기할 수 있다[1-2]. 이러한 누적오차 문제를 해결하기 위해 적외선, 초음파, 레이저 등의 센서를 이용한 절대위치인식기술들이 연구되어왔다[2]. 적외선을 이용한 active badge system은 통신거리가 제한적이며, 태양광 등과 같은 외부 환경에 의해 성능이 크게 좌우된다는 문제가 있다. 초음파센서를 활용한 active beacon system은 비교적 높은 계측 정확도와 저전력 소비라는 장점이 있지만 송신부와 수신부 사이의 장애물, 외부온도, 소음 등에 영향을 받아 계측오차가 커지는 단

점이 있다. 이보다 정밀하고 강한 위치인식 시스템 개발을 위해 레이저센서를 활용한 연구들이 소개되었다. 레이저 센서 기반의 절대위치인식 시스템은 긴 경로에 대해서도 높은 정확도를 가지지만 비싼 가격으로 아직 폭넓은 응용분야에는 사용되지 못하고 있다. 이에 반해 RFID는 크기가 작고, 고속 인식이 가능하며, 비교적 저렴한 비용으로 시스템 구축이 가능하다. 또한 온도, 빛 등의 외부 환경 변화에 대한 강인성을 가진다는 장점이 있다. 기존의 연구는 RFID를 거리를 측정하기 위한 센서로 이용하고 있다[2-4].

본 연구에서는 로봇의 위치추정의 정확도를 높이기 위해 특정 지역에 2줄 형태의 RFID 태그를 바닥에 깔아 로봇의 현재방향, 이동거리를 보정할 수 있는 위치인식 시스템을 구성하고 기존의 추측항법 시스템의 단점인 누적오차를 보정하는 방법을 제안한다. 실제 실험으로부터 제안된 위치추정 기법이 이동 로봇의 위치와 방위를 추정한다는 것을 확인한다.

본 논문의 2장에서는 RFID 시스템 구성에 대해 설명하고, 3장에서는 모바일 로봇의 위치인식 방법에 대해 설명하였다. 4장에서는 실험을 통해 로봇의 위치를 추정하였으며, 5장에서는 결론을 맺었다.

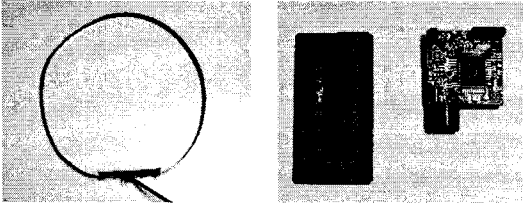
2. RFID 시스템 구성

2.1 RFID system

그림 1는 실제 사용된 RFID reader와 tag를 보여준다. 본 실험에 사용된 RFID시스템은 passive type으로 RFID시스템의 주파수 대역은 13.56Mhz 이며, 출력은 500mw 급이다. tag와 reader 사이의 인식거리는 직선거리로 약 0.06m 이다. RFID tag에는 해당 좌표에 맞게 절대 좌표 정보를 미리 입력해 두었다. reader 안테나의 크기는 0.22m 이며, tag 는 epoxy type으로 크기는 0.028m x 0.05m 이다.

저자 소개

- * 한국산업기술대학교 전자공학과 석사과정
- ** 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과 석사과정
- *** 인하대학교 전자공학과 박사과정
- **** 경기공업대학 자동화시스템과 교수
- ***** 한국산업기술대학교 전자공학과 정교수8



(a)RFIDAntenna (b) RFID tag and reader

그림 1. 실험을 위한 태그와 리더기

2.2 Mobile robot

모바일 로봇은 실험 공간을 이동할 수 있는 로봇으로 2자유도 차륜구동 형태를 가지는 로봇이다. 그림 2에서 보이는 것과 같이 모바일 로봇의 뒷 부분에는 RFID tag를 감지할 수 있는 안테나가 부착되어 있고 안테나와 reader와 메인 컴퓨터는 시리얼 RS-232 통신을 통해 연결된다.



(a) Mobile Antenna (b) Mobileroobot

그림 2. RFID 안테나를 부착한 이동로봇

3. 모바일 로봇의 위치인식

본 논문에서는 모바일 로봇이 RFID 센서 공간내에서 정지한 상태가 아닌 주행 상태 시에 로봇의 위치를 추정하고자 하였다. 더불어 RFID 센서 공간내에서 모바일 로봇의 위치추정에 대해서도 살펴본다.

3.1. RFID 공간에서의 로봇의 위치 추정

모바일 로봇의 위치 추정을 위한 RFID 센서의 배치 간격은 2줄의 일직선 형태로 0.09m로 설정했다. 첫 번째 줄과 두 번째 줄은 0.3m이며 안테나의 지름을 고려해서 배치했다. RFID tag가 일정한 간격으로 배치되어 있는 공간에서 RFID reader와 tag는 일정 거리 내에서만 서로 통신이 가능하다고 하면, reader의 tag에 대한 인식거리를 그림 3과 같이 표시할 수 있다. 이때, reader의 안테나를 바닥에 장착하고 있는 모바일 로봇의 위치(x_r)는 reader의 인식거리 내에 위치하고 있는 tag를 통해 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{r,N} = \frac{\max(x_1, \dots, x_n) + \min(x_1, \dots, x_n)}{2} \quad (1)$$

여기서 N은 tag의 1번째 또는 2번째 열이며, 인식할 수 있는 tag는 최대 3개이고, max는 인식되는 태그의 최대 번호, min 인식되는 태그의 최소 번호, x_1, x_n 은 tag에 입력되어 있는 좌표 정보이다.

$$\theta_r = \arctan\left(\frac{x_{r1} - x_{r2}}{0.3}\right) \quad (2)$$

또한, 로봇의 진행방향(θ_r)은 그림 4와 같이 1번째 열의 태그를 인식하고 난 후 2번째 열에 태그를 인식함으로써 얻을 수 있다.

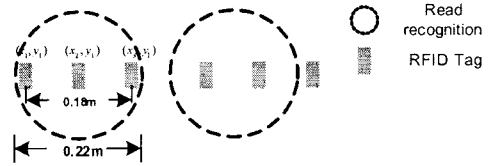


그림 3. RFID tag 인식 거리.

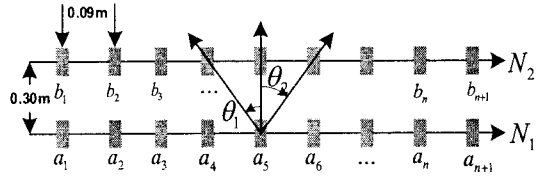


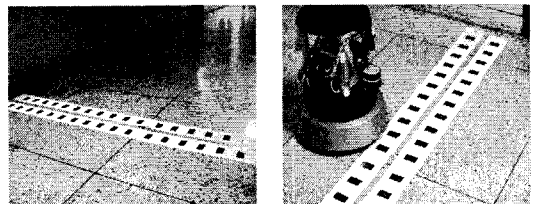
그림 4. Tag 배열에 따른 로봇 진행방향.

4. 실험 및 결과

로봇의 위치 추정을 위해서, 모바일 로봇이 센서 공간내에서 지정된 경로를 따라서 움직이도록 가정하고 실제 모바일 로봇을 이용한 실제실험을 시행하였다.

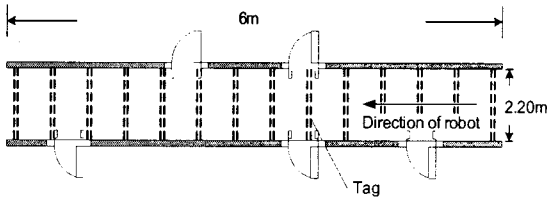
4.1. RFID 센서 네트워크 시스템

본 논문에서는 실험을 위해 제시한 RFID 시스템을 이용한 실험 공간은 그림 5, 6과 같다. 일정한 틀이 갖추어진 복도 영역에 특정한 구역을 정한다. 특정 구역은 문, 출발점, 끝점을 나타내는 구역 그리고 다른 통로를 연결하는 중간지점을 정해 2줄의 tag를 배치한다. 모바일 로봇이 이 공간을 이동하면서 reader와 연결된 안테나를 통해 tag로부터 위치 데이터를 얻는다. 이 위치 데이터를 처리하여 현재 안테나의 위치를 파악하게 된다. Reader에 연결된 안테나는 곳 로봇의 위치이므로 로봇의 위치를 구할 수 있다.

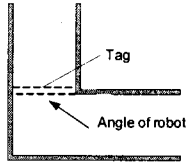


(a) RFID tag (b) RFID sensor 공간의 로봇

그림 5. RFID sensor space



(a) 로봇의 절대위치 측정



(a) 로봇의 각도 측정
그림 6. 실제 실험 환경

위치추정의 정확도는 실제 로봇의 위치 값과 추정된 위치 값의 차이를 통해 살펴 볼 수 있다. 그림 7은 엔코더 센서와 바닥면의 슬립현상으로 인한 오차 값과 일정구역에 tag를 배치하여 위치 추정 정도를 그래프로 나타냈다. 상대적으로 거리가 늘어남에 따라 거리 오차가 늘어남을 알 수 있다. 이런 오차는 시간이 지남에 따라 누적되게 된다. 이 누적된 정보는 절대 좌표를 가지고 있는 tag 위치에서 보정된다. 보정된 값은 태그에 인식 개수에 따라 결정되며 오차 범위는 0.05m 정도이다.

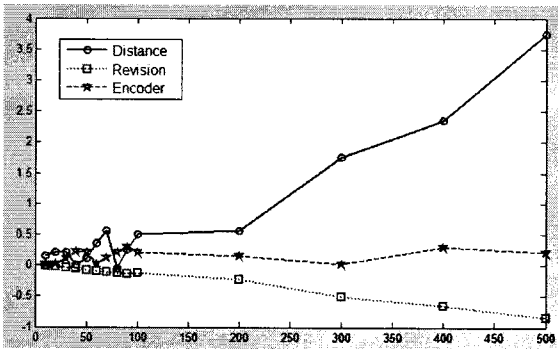


그림 7. 거리 오차

표 1은 태그의 인식 개수에 따른 로봇의 진행 각도 오차이다. 1번째 줄과 2번째 줄의 태그 위치정보를 가지고 각도를 구한 후 실제 로봇의 진행방향에 따른 오차이다. 태그의 수에 따라 각도의 범위가 좁아 짐을 알 수 있다. 또한 큰 각도일수록 정확한 각도를 얻을 수 있었다. 오차범위는 9° 이하의 범위이다..

표 1. 인식태그에 따른 각도 오차

로봇해당각도		0°	15°	30°	45°	60°
인식 태그수	3개 이상	0°	16.6°	30.9°	36°	60.9°
	2개 이하	0°	8.5° 24.24°	24.2° 36.8°	41.9°	60.9°

5. 결론

본 논문은 Dead reckoning 시스템에서의 문제점을 보완하고 효과적인 위치 인식을 위해 복도 공간에 RFID시스템을 이용한 센서 공간을 제안하였다. 이 공간내에 이동하는 물체의 위치를 RFID tag와 reader를 통해서 증명하였다. 또한 위치인식의 정확도와 방향각을 얻기 위해 2줄 형태의 RFID tag를 배치시켜, 로봇의 절대 위치 정보를 보정했다.

본 논문에 소개된 RFID 센서 공간은 많은 수의 태그를 요구하지 않고 특정 위치에서 상대적 항법시스템의 계속오차를 보정하는 방향으로 활용할 수 있다. 또한 공간에 존재하는 센서를 통해서 주위 환경에 의해 제약을 받지 않고, 모바일 로봇뿐만 아니라, 공간내에 존재하는 모든 물체에 대한 위치 정보를 알 수 있으므로 향후 유비쿼터스 환경 구축에도 적용이 가능할 것이다.

후기

본 연구는 2006년도 산업자원부 신기술실용화기술개발사업 (물체인지 및 3차원 위치 탐지를 이용한 지능형 회피기술 및 네비게이션 모듈 개발) 사업의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] O. Kubitz, M. O. Berger, M. Perlick, and R. Dumoulin, "Application of radio frequency identification devices to support navigation of autonomous mobile robots," Vehicular Technology Conference, IEEE 47th, vol.1, pp.126-130, 1997.
- [2] D.Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishikin, and M. Philipose, "Mapping and Localization with RFID Technology," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA), pp. 1015-1020, 2004.
- [3] J. Brusey, M. Harrison, Ch.Floerkemeier, and M.Fletcher, "Reasoning about uncertainty in location identification with RFID," IJCAI-2003 Workshop on Reasoning with Uncertainty in Robotics, 2003.
- [4] T. Nara and S.Ando, "Localization of RFID tags from measurement of complex gradients of electromagnetic fields," INSS2004.
- [5] W. E. Dixon, D. M. Dawson, E. Zergeroglu and A. Behal, Nonlinear Control of Wheeled Mobile Robots,