

RFID 위치인식 시스템과 태그의 배치 방법

RFID Localization System and Method of Placement of the Tag

*#양광웅, 하승석, 이호길

*#K.W. Yang, S.S. Ha, H.G. Lee ({page365, hass1004, leehg}@kitech.re.kr)

한국생산기술연구원

Key words : RFID, Localization, Robot, Particle Filter

1. 서론

지능형 로봇이 자율적으로 이동하기 위해서는 위치인식 기술이 필수적이며, 여러 위치인식 방법이 연구되고 제품으로 판매되고 있다.

바퀴의 오도메터 정보를 이용하는 Dead-reckoning 방법은 높은 샘플링 속도를 가지지만 바퀴의 미끄러짐과 적분오차로 인해 시간이 지날수록 위치 오차가 누적된다. 누적 오차를 줄이기 위해서는 로봇의 절대 위치를 측정하는 센서가 필요한데, 레이저 레인지 파인더를 이용한 맵매칭 기반의 위치인식 방법과 영상 기반의 랜드마크와 카메라를 이용하는 방법[1], 초음파 위성을 이용하는 방법[2]들이 연구되고 개발되었다.

하지만 카메라를 이용하는 방법은 카메라 센서가 기울어지면 인식된 랜드마크에 오차가 생기므로 로봇의 위치 오차가 커지게 되며, 랜드마크를 수신하는 카메라가 장애물로 인해 가려지면 위치를 인식하지 못하게 된다. 초음파 위성 방식 또한 천정에 장착되는 4 개의 초음파 위성이 순차적으로 초음파를 발생하기 때문에 이동중인 로봇에 도달하는 각 초음파들의 시간차로 인해 위치 오차가 발생하며, 초음파 위성과 수신부 사이에 장애물이 존재하면 인식된 위치의 오차는 증가하게 된다.

본 연구에서는 RFID 리더와 태그를 이용한 RFID 위치인식 시스템과 태그의 배치 방법을 제안한다. 또한 실제 이동로봇에 장착하고 위치인식 실험을 통하여 RFID 위치인식 시스템의 성능을 분석하고, 상용 제품의 위치인식 시스템과 성능 비교한다.

2. Particle Filter 위치 추정

RFID 위치인식 시스템은 지면의 RFID 태그를 인식하여 절대 위치를 읽어오고 바퀴의 엔코더로부터 이동량을 읽어와 Particle Filter 로 두 위치 데이터를 정합 함으로 로봇의 위치인식을 수행한다.[3] 이 시스템은 바닥에 RFID 태그의 배치 방법과 배치 밀도를 다양하게 하여 각 공간에 따라 위치인식 정밀도를 조절할 수 있다.

Particle filter 알고리즘은 RFID 태그만으로는 불가능한 로봇의 방향 인식과 RFID 태그의 인식 반경보다 정밀한 위치추정을 가능하도록 한다. 파티클의 위치 $\mathbf{x} = [x, y, q]^T$ 와 가중치를 w 로 표시하면, $k-1$ 시간에서 M 개의 파티클에 대한 집합은 $S_{k-1}^+ = \{ \langle \mathbf{x}_{k-1,j}^+, w_{k-1,j}^+ \rangle : j=1, \mathbf{L}, M \}$ 로 표시된다. 다음은 필터의 수행 과정이다.

Initialize: 첫 번째 RFID 태그를 인식했을 때 태그가 인식된 위치를 중심으로 M 개의 무작위 파티클을 생성한다.

Prediction: 각 파티클들을 로봇의 이동량에 따라 이동한다. 이때 로봇의 이동 노이즈를 더해준다. 오도메터리 에러로부터 발생하는 이동 노이즈는 평균 (m_s, m_q) 과 이동량에 비례하는 표준편차 $(s_s \Delta s_{k-1}, s_q \Delta q_{k-1})$ 의 가우시안 모델을 가진다.

$$\Delta s_{k-1,j}^0 = \Delta s_{k-1} + N_j(0, s_s \Delta s_{k-1}),$$

$$\Delta q_{k-1,j}^0 = \Delta q_{k-1} + N_j(0, s_q \Delta q_{k-1}).$$

각 파티클 j 의 위치와 방향은 다음과 같이 업데이트 된다.

$$\mathbf{x}_{k,j}^- = \begin{bmatrix} x_{k,j}^- \\ y_{k,j}^- \\ q_{k,j}^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{k-1,j}^+ \\ y_{k-1,j}^+ \\ q_{k-1,j}^+ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta s_{k-1,j}^0 \cos(q_{k-1,j}^+ + 0.5\Delta q_{k-1,j}^0) \\ \Delta s_{k-1,j}^0 \sin(q_{k-1,j}^+ + 0.5\Delta q_{k-1,j}^0) \\ \Delta q_{k-1,j}^0 \end{bmatrix}$$

Update: 각 파티클에 대하여 파티클의 위치와 인식된 태그의 위치 간의 유클리드 거리 d_j 를 계산한 후, 다음의 관계식으로부터 태그의 인식 반경에 따른 확률을 계산한다.

$$p_{k,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } (d_j \leq r_{tag}), \\ 3 - 2d_j / r_{tag} & \text{if } (r_{tag} < d_j \leq 1.5r_{tag}), \\ 0 & \text{if } (1.5r_{tag} < d_j). \end{cases}$$

모든 파티클들의 가중치 합이 1 이 되도록 각 파티클의 가중치를 업데이트 한다.

$$w_{k,j}^+ = p_{k,j} / \sum_{l=1}^M p_{k,l}$$

Resampling: 각 파티클들의 가중치에 비례하는 새로운 파티클들을 생성한다. 파티클 j 가 만드는 새로운 파티클의 수는 $n_{k,j} = \lceil M w_{k,j}^+ \rceil$ 로 계산한다.

이제 기존 파티클의 집합 S_k^- 에 대한 Prediction 과 Update 과정이 끝나 새로운 상태 $S_k^+ = \{ \langle \mathbf{x}_{k,j}^+, w_{k,j}^+ \rangle : j=1, \mathbf{L}, M \}$ 가 되었다.

Pose Estimation: 마지막 단계는 모든 파티클들의 가중치와 위치의 곱을 합하여 최종 로봇의 추정 위치 $\mathbf{p}_k = \sum_{j=1}^M w_{k,j}^+ \mathbf{x}_{k,j}^+$ 를 계산한다.

3. 태그의 배치

RFID 위치인식 시스템은 바닥에 RFID 의 배치 방법과 배치 밀도를 다양하게 하여 각 공간에 따라 위치인식 정밀도를 조절할 수 있다. 바닥에 RFID 태그의 설치를 편리하도록 하기 위하여 본 연구에서는 태그가 일정 간격으로 일렬로 배치된 띠를 제안한다.

태그 띠에는 일정한 간격으로 RFID 태그가 장착되어있다. 띠는 두께가 얇고 약간의 폭이 있는 비닐 막으로 되어있으며 원통에 말아둠으로 보관 및 취급이 용이하다. 또한 바닥에 설치 시에는 필요한 길이만큼 잘라서 사용 가능하다.

태그 띠에서 각 태그의 간격이 일정할 때, 처음 태그의 위치와 마지막 태그의 위치를 알면 나머지 태그의 위치를 계산 가능하다. 이 방법은 다수의 태그를 설치하는 경우, 일일이 모든 태그의 좌표를 입력하지 않고 직선 띠의 시작과 끝 태그 위치로 나머지 태그의 위치를 계산할 수 있다.

4. 실험

RFID 위치인식 장치를 CMR-P3 이동로봇에 적용하여 실험하였다. 가로 2.4m, 세로 2.4m 크기의 바닥에 RFID 태그를 12cm 간격으로 가로, 세로 20 개씩 격자형으로 배치하였다. 로봇은 반경 1.2m 의 원을 따라 이동하도록 프로그램 되었다. RFID 위치인식 알고리즘을 수행하기 위한 파티클 수는 1000 개로, 수행 주기는 100ms 로 설정하였다. RFID 위치인식 수행과 동시에 StarGazer 위치인식과 U-SAT 위치인식을 수행하였고, 3 차원 위치인식 장비인 레이저 트래커에서 측정된 실제 로봇 위치와 비교하였다.

Table 1 Average error of localization sensors

	평균거리오차(m) 평균방향오차(°)	
RFID	0.018	1.233
StarGazer	0.053	4.867
U-SAT	0.235	23.741

5. 결론

RFID 위치인식 시스템에서 추정된 로봇의 위치는 기존의 상용 제품들과 비교했을 때 RFID 위치인식 시스템의 오차가 가장 작게 발생하였다. 하지만 RFID 위치인식 시스템은 환경 설치 비용이 소요되는 단점이 있다. 로봇이 이동하고자 하는 공간의 바닥에 RFID 태그를 설치해야 하기 때문에 태그를 얼마나 조밀하게 설치하느냐에 따라 비용이 달라진다.

참고문헌

1. 진홍신, 왕실, 양창주, 이준호, 김형석, "천정 부착 셀코드 랜드마크에 기반한 이동 로봇의 정밀 위치 계산," 전자공학회 제 46 권 CI 편 제 2 호, 218-226, 2009.
2. 고낙용, 김태균, 서동진, 서영태, "초음파 위성을 사용한 확률기반 로봇의 위치추정," Proc. Of KIIS Vol. 19, No. 1, 199-202, 2009.
3. 서대성, 이호길, 김홍석, 양광웅, 원대회, "RFID 태그에 기반한 이동 로봇의 몬테카를로 위치추정," JCASE Vol. 12, No. 1, 47-53, Jan. 2006.