

오도메트리와 RFID 시스템을 이용한 이동 로봇의 SLAM

SLAM of Mobile Robot using Odometry and RFID system

*#양광웅¹이호길²

*#KwangWoong Yang(page365@kitech.re.kr)¹, HoGil Lee(leehg@kitech.re.kr)²

¹한국생산기술연구원, ²한국생산기술연구원

Key words : RFID, SLAM, Localization, Navigation, Mobile Robot

1. 서론

로봇이 주변 환경을 인지하고 목적지로 이동하기 위해 지금까지 다양한 방법들이 연구되어 왔다. 특히 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템은 사물인식과 환경인식에 대한 새로운 접근 방향을 제시하는 것으로 기존의 인지 기술의 성능을 획기적으로 개선시켰다. 또한 RFID 시스템을 사용한 로봇의 위치인식과 주행 기술로도 여러 연구[1,2]가 수행되어 왔다.

RFID 시스템을 이용한 로봇의 위치인식 방법으로 RFID 태그를 지면에 배치하고 태그의 위치를 로봇에 기록해 두었다가 로봇의 하부에 설치된 안테나가 태그를 인식하였을 때 태그의 위치로부터 로봇의 위치를 알아내는 방법이 일반적이다. 이때 바퀴의 오도메터리 정보와 인식한 태그의 위치를 파티클 필터로 융합하여 로봇의 위치를 추정한다[3].

RFID 태그를 지면에 배치하였을 경우 사용자가 일일이 태그의 위치를 측정하여 기록하는 것은 쉬운 작업이 아니다. 그래서 본 연구에서는 로봇의 위치와 태그의 위치를 SLAM (Simultaneously Localization and Mapping) 방법으로 동시에 추정하고자 한다.

RFID 기반의 SLAM에서는 태그가 특정 영역 내에 들어오면 인식이 되고 영역을 벗어나면 인식이 되지 않는 on/off 적인 인식 특성으로 인식 확률이 가우시안 분포를 따르지 않기 때문에 이미 알려진 EKF SLAM이나 Fast SLAM 방법을 적용할 수 없게 된다. 그래서 본 연구에서는 중첩된 원의 교집합 영역으로 태그의 존재 확률을 결정하는 방법을 사용하였다. 또한 로봇의 위치 추정에는 기존의 연구에서 수행된 파티클 필터 방법을

이용하였다. 이 방법은 로봇과 태그의 확률 분포 연산에 컨볼루션 연산을 사용하지 않아 실시간으로 SLAM 알고리즘을 수행할 수 있다. 하지만 태그의 존재 확률을 원으로 표시하기 때문에 정확한 확률 분포를 표시할 수 없게 된다.

2. RFID SLAM

M 개의 파티클로 구성되는 파티클의 집합 P 는 다음과 같다.

$$P = \langle p^{[m]} | m=1, \dots, M \rangle, p^{[m]} = \langle \mathbf{x}^{[m]}, w^{[m]} \rangle.$$

여기서 $p^{[m]}$ 은 하나의 파티클을 나타내고, $\mathbf{x}^{[m]}$ 은 m 번째 파티클의 위치와 방향, $w^{[m]}$ 는 파티클의 가중치이다.

N 개의 랜드마크(RFID 태그)로 구성되는 집합 S 는 다음과 같다.

$$S = \langle s^{[n]} | n=1, \dots, N \rangle, s^{[n]} = \langle id^{[n]}, L^{[n]}, \mu_1^{[n]}, \dots, \mu_{L^{[n]}}^{[n]} \rangle.$$

여기서 $s^{[n]}$ 은 인식된 하나의 태그를 나타내고, $id^{[n]}$ 은 인식한 태그의 고유 식별번호, $L^{[n]}$ 은 고유한 태그를 인식한 횟수, $\mu_i^{[n]}$ 는 i 번째 인식할 때의 위치와 인식반경을 가진다.

2.1 Prediction

[3]의 Prediction과 동일한 과정을 수행한다.

2.2 Update

태그의 식별자가 ID인 랜드마크를 로봇이 인식한 경우, 집합 S 의 모든 랜드마크를 검색하여 이미 인식된 랜드마크인지 새로 인식된 랜드마크인지를 구분한다.

2.2.1 새로운 랜드마크 추가

인식한 태그의 식별자가 집합 S 에 존재하지 않는 경우, 태그의 ID와 태그를 인식할 확률 분포를 나타내는 원을 랜드마크 집합에 추가한다.

$$N^{[n]} \leftarrow N^{[n]} + 1, \hat{n} \leftarrow N^{[m]}, s^{[n]} = \langle id^{[n]}, L^{[n]}, \mu_1^{[n]} \rangle,$$

$$id^{[n]} \leftarrow ID, L^{[n]} \leftarrow 1, \mu_1^{[n]} \leftarrow [\bar{x} \ \bar{y} \ r + \sigma_{max}]^T.$$

여기서 원의 중심 \bar{x} 와 \bar{y} 는 파티클의 평균 위치이고 원의 반경은 $r + \sigma_{max}$ 이다. r 은 태그의 인식 반경이고 σ_{max} 는 파티클의 공분산 행렬을 나타내는 타원의 주축 길이이다.

2.2.2 기존 랜드마크 업데이트

인식한 태그의 식별자가 집합 S 에 \hat{n} 번으로 존재하는 경우, 이 랜드마크를 업데이트 한다. 업데이트 방법으로 파티클의 평균 위치 (\bar{x}, \bar{y}) 에서 반지름 $r + \sigma_{max}$ 을 가지는 원을 \hat{n} 번 랜드마크 집합에 추가한다.

$$L^{[\hat{n}]} \leftarrow L^{[\hat{n}]} + 1, \mu_{L^{[\hat{n}]}}^{[\hat{n}]} \leftarrow [\bar{x} \ \bar{y} \ r + \sigma_{max}]^T$$

2.2.3 확률 계산

로봇이 랜드마크를 인식한 경우, 모든 파티클의 가중치 $w^{[m]}$ 를 업데이트 한다.

for $m = 1$ to M

for $i = 1$ to $L^{[\hat{n}]}$

$$d_i = \sqrt{(x^{[m]} - a_i^{[\hat{n}]})^2 + (y^{[m]} - b_i^{[\hat{n}]})^2}$$

$$p_i = \begin{cases} 1 & \text{if } (d_i \leq r_i^{[\hat{n}]}) \\ 0.2 & \text{if } (r_i^{[\hat{n}]} < d_i) \end{cases}$$

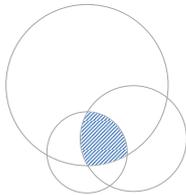
endfor

$$p_{\hat{n}} = \min(p_1, p_2, \dots, p_{L^{[\hat{n}]}})$$

$$w^{[m]} \leftarrow p_{\hat{n}}$$

endfor

동일한 RFID 태그를 로봇이 3번 인식하였을 경우를 가정하여 상기 알고리즘을 그림으로 표현하면 다음과 같다. 3개의 원은 RFID 태그를 인식하였을 때 RFID 태그가 존재할 확률 분포를 나타낸다. 이 그림에서 RFID 태그가 존재할 가능성이 있는 위치는 3개의 원으로 표시되는 영역의 교집합 영역(빛금 친 부분)이 된다.



2.3 Resampling

[3]의 Resampling과 동일한 과정을 수행한다.

3. 시뮬레이션

제안된 RFID SLAM 방법을 실제 로봇에 적용하기 전에 알고리즘을 시뮬레이션으로

검증하였다. 시뮬레이터에서는 가로 5m, 세로 5m 넓이의 바닥에 RFID 태그를 50cm 간격으로 가로, 세로 11 개씩 격자형으로 배치하였고 로봇이 주행 중 이를 감지하도록 시뮬레이션 하였다. 태그의 인식반경에 따른 위치오차를 분석하기 위하여 인식반경이 8cm, 14cm, 20cm 인 태그를 각각 시뮬레이션에 사용하였다. 로봇은 대략 반경 1.5m 의 원을 그리며 무작위로 주행 하도록 하여 RFID SLAM 방법으로 인식한 태그의 위치와 시뮬레이터에 등록된 태그의 위치 오차를 비교하였다.

Table 1 태그의 인식반경에 따른 위치오차 비교

인식반경	0.08	0.14	0.20
로봇	0.140	0.068	0.145
RFID 태그	0.100	0.085	0.136

4. 결론

본 연구에서는 RFID 를 위치인식에 사용할 경우 환경 설치 비용이 많이 소요되는 점을 극복하기 위하여 RFID SLAM 방법을 제안하였다. 이 방법이 RFID 태그의 정확한 위치를 찾기는 어렵지만 실시간 연산이 가능하도록 측정 모델을 단순화 하고 연산량을 줄임으로 실시간으로 로봇의 위치인식과 태그의 분포 지도 생성이 가능하도록 하였다.

참고문헌

1. 서대성, 이호길, 김홍석, 양광웅, 원대희, "RFID 태그에 기반한 이동 로봇의 몬테카를로 위치추정," JCASE Vol. 12, No. 1, 47-53, 2006.1.
2. 선정안, 김동일, 김시습, 양성모, 기창두, RFID 를 이용한 모바일 로봇의 효율적인 경로계획과 SLAM," KSPE 2007 추계, pp. 287~288, 2007.11.
3. 양광웅, 하승석, 이호길, "RFID 위치인식 시스템과 태그의 배치 방법," KSPE 2010 추계, pp. 33~34, 2010.11.