

RFID 의 확률적 센서모델을 이용한 위치 추정 알고리즘

지용관(한양대 대학원), 문승욱(한양대 대학원), 박희환(한양대 대학원), 박장현(한양대)

The Position Estimation Algorithm based on Stochastic Sensor Model of RFID

Y.K. Ji(Mechanical Eng. Dept., HYU), S.W. Moon(Mechanical Eng. Dept., HYU), H.H. Park(Mechanical Eng. Dept., HYU), J.H. Park(Mechanical Eng. Dept., HYU)

ABSTRACT

Since it is a very issue that figures out a current position of mobile robots, various methods have been proposed until nowadays. This paper proposes the sensor model of RFID(Radio Frequency Identification) and position estimation algorithm for mobile robots. We designed the sensor model of RFID in experimenting repeatedly. The sensor model of RFID in this case is that of stochastics according to sensing rate. Based on this stochastic sensor model, we designed the algorithm which estimates distance and direction of RFID tag. Therefore we made sure that RFID tag is used as landmark.

Key Words : RFID(Radio frequency Identification), RFID Tag(태그), 센서모델, 위치인식, 확률분포

1. 서론

이동로봇 분야에서 로봇의 현재 위치를 알아 내는 것은 매우 중요한 연구주제이기에 현재까지 여러 가지 방법들이 제안되어 왔다. 선진국의 주요 대학에서는 로봇의 위치인식에 대한 많은 이론적인 연구가 이루어 졌으며 이를 바탕으로 다양한 센서를 사용하여 실제 이동로봇에 적용하는 프로젝트를 진행하는 중이다. 그리고 향후 로봇이 상업화 가능성 때문에 여러 기업들과 연계하여 실용화를 위한 공동연구도 진행되고 있다. 이에 비해 국내의 경우에는 상대적으로 연구 활동이 미흡한 실정이다.

일반적으로 이동로봇이 위치를 인식하는 방법은 상대위치 측정방법과 절대위치 측정방법으로 나눌 수 있다. 그러나 실내 공간 내에서 이동량이 많은 로봇의 경우, 상대위치 측정방법은 한계가 있으므로 절대위치 측정방법을 통한 보완이 필요하다. 절대위치 측정의 대표적인 방법으로 능동 비콘 방법(Active Beacons), 이정표 항법(Landmark localization), 모델 정합법(Model Matching)을 들 수 있다. 이러한 위치 인식 방법들은 모두 이동로봇이 외부 환경을 통해서 자신의 위치를 파악한다는 공통점이 있다.

능동 비콘 방법은 삼각법이라고도 불리며 3 개

의 기준점으로부터 전파나 초음파의 비행시간을 측정하여 거리를 계산하는 방법이다. 모델 정합법은 풍경분석법이라고도 하며 주변의 특징을 분석하여 위치를 찾아내게 된다. 현재까지 대부분의 경우에 초음파나 RF 신호의 세기, 비전(Vision), 적외선 등을 이용하고 있으나 본 논문에서는 RFID 라는 기존 방식과는 다른 기술을 이용하고자 한다.

RFID(Radio Frequency Identification) 라는 무선인식 기술은 90 년대 들어 RF 기술이 발전함에 따라 저가, 고기능의 태그(Tag)가 개발되어 제품으로 출현하기 시작되었다. 2000 년대 이르러 무선 인식 기술의 중요성이 부각되면서 다양한 Solution 이 개발되었고, 전자화폐, 물류관리, 보안시스템 등의 핵심 기술로 발전하여 바코드의 기능을 대체할 것으로 기대되고 있다. 또한 RFID 기술은 칩(chip)의 저장 능력과 인식능력이 향상되면서 유비쿼터스(Ubiquitous) 환경에서 필수적인 기술로 인식되고 있다. 그러나 아직 RFID 기술이 로봇 분야에 적용된 연구사례는 극히 드물다.

RFID 를 이용한 이동로봇의 위치인식 및 상황인지에 대한 연구는 아직 초기단계에 있다. J.Brusey 는 RFID 를 접근제어나 물체추적을 필요로 하는 분야에 사용할 수 있으며, 특히 물체인식기능이 다른

방법보다 빠르면서 정확하다는 장점이 있기 때문에 이동로봇에 적용할 경우 지표물(Landmark)로써 매우 유용하게 쓸 수 있다고 언급하였다. J.Brusey 는 POMDP(Partially Observable Markov Decision Process) 라는 확률적 센서모델을 제시하였다. 그러나 이동로봇에 직접 적용한 것은 아니고, 단지 RFID 를 사용할 때 데이터의 불확실성을 해결하기 위한 RFID 센서모델만을 제시하였다.

D.Hahnel 은 정확한 RFID 센서모델을 구현하기 위해 안테나(Antenna)와 태그(Tag) 사이의 상대적 거리에 따른 인식률을 측정하는 실험을 반복하였다. 실험결과를 통해 인식률에 따른 범위를 이용하는 간단한 센서모델을 제시하였다.

몇 가지 선행연구 결과를 분석해 보면 아직까지 RFID 리더기로부터 포착된 RFID Tag 의 신호를 가지고 위치를 인식하기 위한 센서모델이 확립되지 않았으며 상황에 맞게 직접 설계 해야 한다는 한계가 있었다. 본 논문에서는 반복적인 실험을 통한 얻은 결과를 기반으로 확률적인 RFID 센서 모델을 제시하고자 한다.

2. 확률적 RFID 센서모델링

2.1 RFID 센서모델

본 논문에서 제안하는 RFID 센서 모델은 반복적인 실험을 통하여 얻은 데이터를 기반으로 센서 모델을 제시하고 있다.

우선, RFID tag 가 인식되는 최대 거리를 구하고 인식 최대 거리를 5 cm 간격의 격자로 분할한다. 분할된 격자마다 tag 를 10° 씩 360° 까지 회전하여 방향성에 따른 태그의 인식률을 구한다.

본 논문에서 사용한 RFID 장비는 13.56 MHz 주파수의 STS2000 제품을 사용하였다.

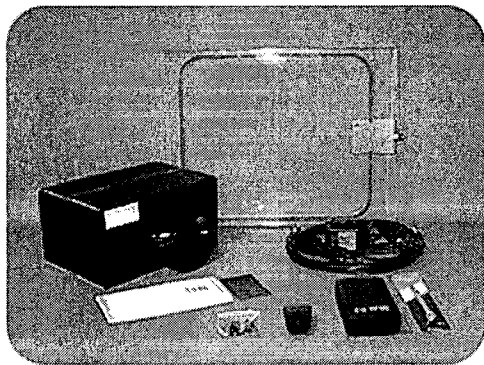


Fig. 1 RFID Equipment - STS 2000

반복적인 실험을 통하여 RFID 태그의 최대 인

식 거리는 33 cm 로 나타났으며, RFID 의 방향성을 고려한 RFID 의 센서모델은 Fig. 2 와 같다. 방향성에 따른 인식확률을 고려하여 10~50%, 50~70%, 70~80%, 80~90%, 90~100%의 5 개의 범위를 구하였다. 태그의 위치를 보다 더 정확히 추정하기 위하여 인식 범위를 5 단계로 세분화하였다.

RFID 안테나의 정면이 측면보다는 인식 확률에 따른 거리가 더 높았으나 최대인식 거리인 33cm 근처에서 RFID 태그의 인식 확률이 격감함을 보였다. RFID 태그와 안테나의 방향이 정면으로 마주 보고 있을 때의 인식 확률이 가장 높았으며, 정면에서 벗어 날수록 인식확률이 감소하였다.

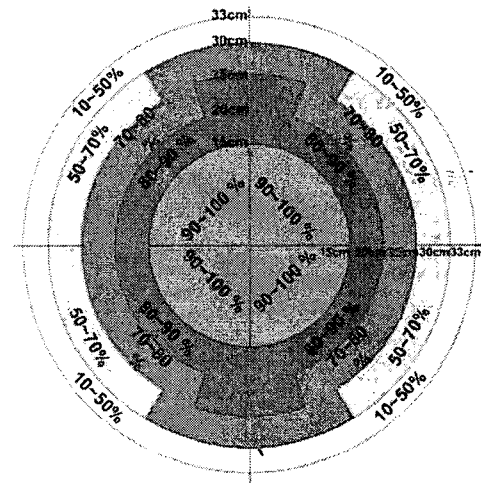


Fig. 2 RFID Stochastic Sensor Model

2.2 위치 추정 알고리즘

이동로봇이 위치 인식을 위해 지표물(Landmark)로써 RFID 를 사용하기 위해서는 RFID 센서모델과 태그의 위치를 추정하기 위한 알고리즘이 필요하다. 이동로봇이 이동 중에 RFID 태그를 인식하였을 때, 지표물인 태그가 이동로봇의 어느 방향에 위치하고 있고 얼마의 거리에 위치하였는지를 이동로봇이 인식하여야 RFID 가 지표물로써의 역할을 수행한다고 볼 수 있다.

그러기 위해서는 RFID 센서모델을 이용하여 태그의 위치를 인식하기 위한 추정 알고리즘이 필요하다. RFID 센서모델은 확률적인 모델이기 때문에 태그의 정확한 위치는 알 수가 없다. RFID 리더기를 장착한 이동로봇은 일정한 간격으로 태그의 인식 여부를 측정한다. 측정은 -90°에서 +90°까지 10° 씩 RFID 리더기를 회전하여 측정을 한다. 측정 중에 태그가 인식된 각을 저장하여 매 측정 시마다의 태그의 인식 확률을 구한다. 본 논문에서 사용한 RFID 안테나는 정면과 후면이 서로 대칭이다.

대칭이기 때문에 안테나의 정면에 해당하는 인식 각도만을 고려하여 인식 확률을 구하였다. 이때 구한 태그의 인식 확률은 Fig. 2의 센서모델에 적용하면 태그가 이동로봇에 얼마의 거리에 위치하였는지 추정이 가능하다. 거리 추정은 센서모델에서 분포 확률이 위치한 거리의 평균값을 사용한다. 거리를 추정하기 위한 거리추정 확률은 식(1)과 같다.

$$P_{\text{probability}} = \frac{n}{N} \times 100 \text{ ----- (1)}$$

n: 태그 인식 각의 총합
N: 측정 횟수

반복적인 실험을 통해 얻은 결과 데이터를 분석하여 안테나의 태그 인식각도가 태그의 방향 인지와 관계가 있음을 도출하였다. 10° 간격으로 태그의 인식 여부를 판단하기 때문에 태그가 위치한 방향에서의 인식 각도는 넓다. 태그가 위치하지 않은 방향에서는 태그를 인식하지 못하는 각도가 발생하였다. 태그가 인식된 각의 범위와 인식되지 않은 범위의 경계 각 측, 태그가 인식되기 시작한 경계 각에서 RFID 안테나의 정면은 태그를 향하고 있음을 확인할 수 있었다.

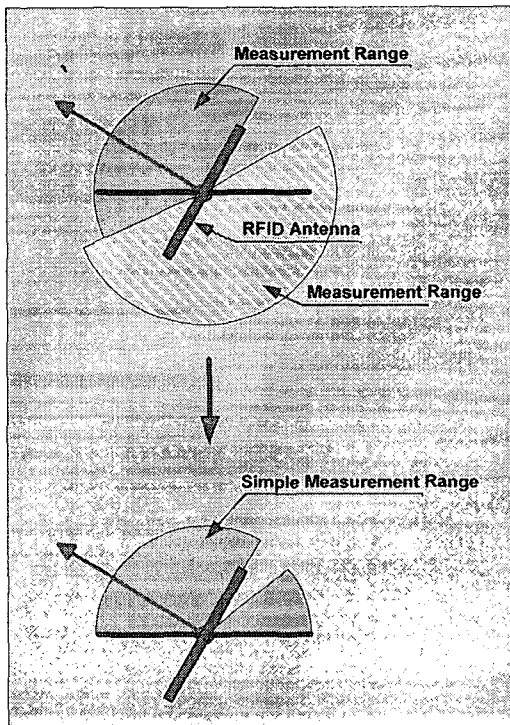


Fig. 3 Simplified Measurement Range

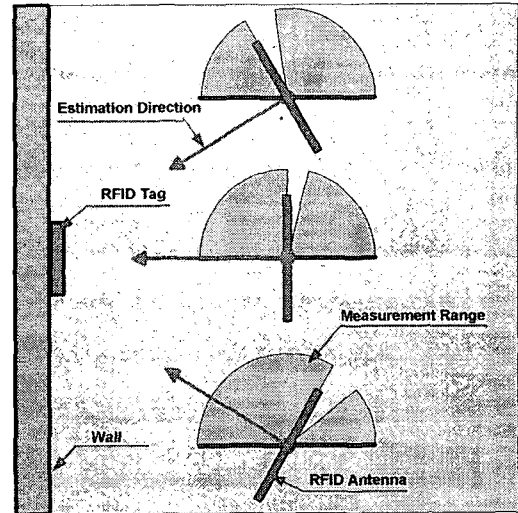


Fig. 4 Estimation of Direction of RFID Tag

이동로봇이 일정한 간격으로 이동하면서 얻은 태그의 인식 데이터를 통해 태그의 정확한 위치를 추정하게 된다. 태그가 인식 되었을 경우만을 고려하여 각 경우에 발생한 인식 확률과 인식 각도를 이용해 태그의 거리와 방향을 추정할 수 있다. 두 가지 항목을 이용해 태그의 방향 벡터를 구할 수 있다. 각 경우에 방향 벡터들의 무게 중심을 구하게 되면 태그의 정확한 위치를 추정할 수 있다. 식 (2)는 각 방향벡터의 좌표축으로부터 태그의 위치를 추정하는 식이다.

$$X_{\text{est}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \text{ ----- (2)}$$

$$Y_{\text{est}} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_N}{N}$$

x, y: 방향벡터 좌표
N: 인식된 총 횟수

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1 시뮬레이션

1m x 1m 의 맵(map) 안에서 리더기를 장착한 이동로봇이 1 스텝에 5cm 씩 움직인다. 매 스텝마다 이동로봇은 -90°에서 +90°까지 10°씩 RFID 리더기를 회전하여 태그의 인식 여부를 판단한다. 태그는 맵의 (0.25) 좌표에 위치하고 있으며 이동로봇은

(20,0)에서부터 출발한다. 이동로봇은 Odometric error 가 발생하지 않는다고 가정한 상태에서 직선 방향으로 10 스텝, 즉 50cm 를 이동한다. 이동하면서 태그가 인식되었을 경우, 위치 추정 알고리즘을 적용하여 결과를 표시하였다.

시뮬레이션의 결과는 Fig. 4 와 같다. Fig.5 는 Fig.4 의 결과를 확대한 그림이다. Y 축의 위치는 정확하게 태그의 위치를 추정하였으나 X 축의 위치는 3cm 의 오차가 발생하였다. 오차는 센서 모델이 확률적인 모델이므로 발생하였다고 볼 수 있다.

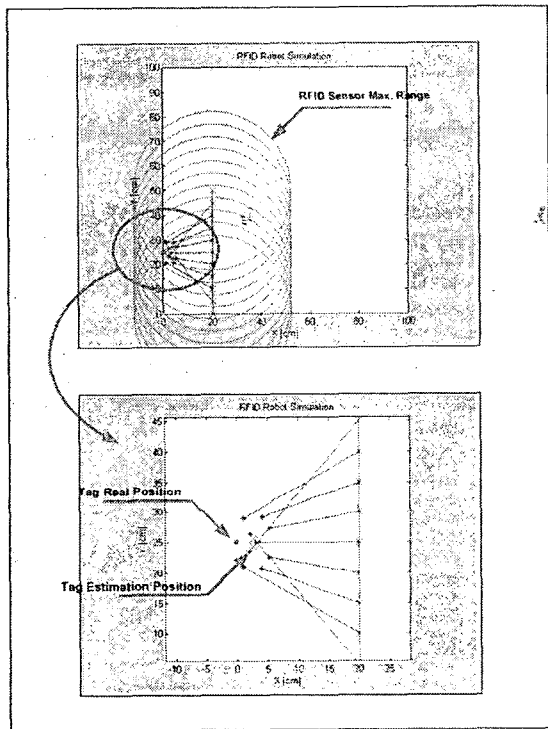


Fig. 5 Result of Simulations

Table 1 Specification of mobile robot

Height	2 feet 2 "
Diameter	17 "
Speed	1 feet/second
Wheel Size	8 " Diameter
Wheel Encoder Precision	0.157 " incremental distance

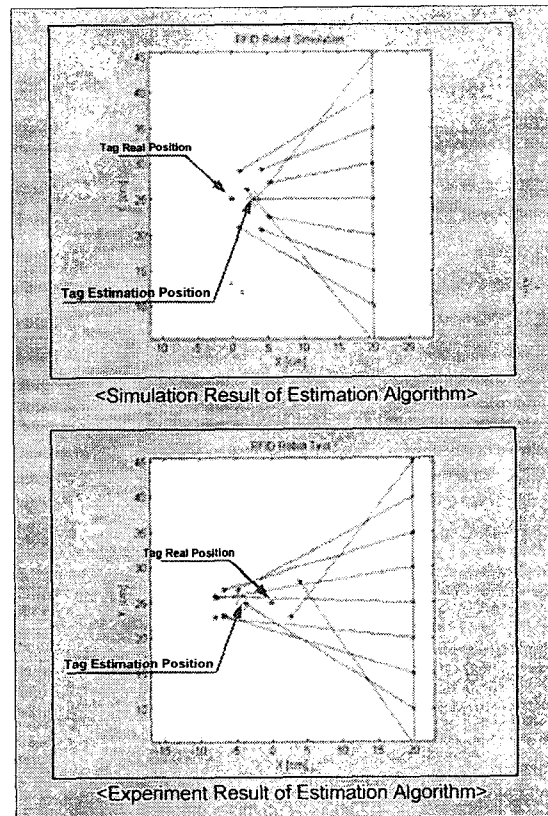


Fig. 6 Result of Experiments

3.2 실험

RFID 안테나를 이동로봇에 장착하여 시뮬레이션과 같은 동일한 환경을 구성하여 실험을 수행하였다. 위치 추정 알고리즘을 적용한 실험 결과는 Fig. 6 과 같다. 시뮬레이션 결과와 비교 했을 때 거의 일치함을 볼 수 있다. 이동로봇의 사양은 Table 1 과 같다.

이동로봇과 RFID 리더기는 RS 232 시리얼 통신으로 연결되며, RS 232 통신으로 받은 로봇 Odometric data 와 RFID tag 인식 여부를 오프라인 상태에서 서버 PC 에 전송하여 위치 추정 알고리즘을 적용하였다.

4. 결론

반복적인 실험을 통하여 RFID 의 확률적 센서 모델을 구하였으며, 이 센서모델에 기반한 위치 추정 알고리즘으로 태그의 위치를 추정하였다. 시뮬레이션과 실험을 통하여 이동로봇의 위치인식 지료 물로써의 가능성을 확인할 수 있었다.

적외선, 초음파 센서 등을 RFID 센서모델과 같이 사용하여 태그의 정확한 위치를 추정할 수 있을 것으로 본다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단의 선도연구자 지원
으로 수행되었음(과제번호:2004-041-D00053)

참고문헌

1. J.Borenstein, H.R.Everett and L.Feng. "Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning", April, 1996
2. J.Brusey, M.Harrison, Ch.Floerkemeier and M.Fletcher. "Reasoning about Uncertainty in Localization Identification with RFID" IJCAI Workshop on Reasoning with Uncertainty in Robotics, 2003
3. Dirk Hahnel, W. Burgard, Dieter Fox, K.Fishkin and M.Philipose "Mapping and Localization with RFID Technology", Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA) May, 2004
4. George Kantor, Sanjiv Singh "Preliminary results in range-only localization and mapping", Proceedings of the IEEE Conference on Robotics & Automation(ICRA), May 2002
5. R.E.Kalman. "A new approach to linear filtering and prediction problems". Transactions of the ASME., Journal of Basic Engineering,
6. R.Simmons and S.Koenig. "Probabilistic robot navigation in partially observable environments". Proceedings of the IJCAI. August 1995
7. Frank Dellaert, Dieter Fox, W.Burgard and S.Thrun. "Monte Carlo localization for Mobile Robots", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation(ICRA), May 1999
8. V.Kulyukin, Ch.Gharpure, J.Nicholson and S.Pavithran. "RFID in Robot-Assisted Indoor Navigation for the Visually Impaired"
9. Klaus Finkenzeller. "RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications" Wiley, 2000
10. R.Siegwart and Illah R.Nourbakhsh, "Introduction to Autonomous Mobile Robots", A Bradford Book 2004