

실내 위치추정 및 거리 센서에 기반한 지능형 로봇의 장애물 회피 및 지도 작성

Obstacle Avoidance and Map Building of Intelligent Robot Based on Indoor Localization and Laser Range Finder

*김형¹, 김국환¹, #이순걸¹

*H. Kim¹, G. H. Kim¹, #S. G. Lee¹ (sglee@khu.ac.kr)¹

¹ 경희대학교 기계공학과

Key words : Intelligent robot, Map building, Localization, Laser range finder

1. 서론

지능형 이동 로봇은 임의의 동적인 환경에서 로봇이 성공적으로 임무를 수행하는데 있어서 방해가 되는 장애물을 회피하며 원하는 목표를 수행할 수 있는 로봇을 말한다. 로봇이 자율적인 행동을 하기 위해서는 환경인식, 경로계획 및 주행제어, 그리고 위치추정 및 보정 등의 기본적인 능력을 갖추어야 한다. 다른 위치로의 이동 명령이 주어지는 경우 현재 위치로부터 목표지점으로 이동하기 위한 경로를 계획하기 위해서도 자신의 위치를 판단 할 수 있는 위치추정(localization) 능력이 필요한데, 주변 환경에 대하여 지도 작성(map building) 기술과 함께 연동된 알고리즘들이 제시되고 있다[1].

이동 로봇의 위치추정을 위해서 사용 목적과 작업 환경에 따라 다양한 센서가 사용되고 있다. 로봇이 운동함에 따라 단위 시간 동안 변화된 위치 및 방향에 관한 물리량을 측정하는 센서는 엔코더, 전위차계(potentiometer)등의 회전 변위 센서, 전자 나침반과 같은 방위 센서, 그리고 자이로스코프(gyroscope), 가속도계(accelerometer) 등이 있다[2]. 외부 표지판 인식 및 경계표 인식 등에 쓰이는 비전 센서, 벽이나 장애물까지의 거리를 측정하기 위하여 초음파 센서, 레이저 거리 센서 등이 사용된다. 하지만, 자기위치를 인식하는 방법 중 가장 많이 쓰였던 센서인 엔코더는 노면의 마찰 특성으로 인한 미끄러짐이나 불균일한 작업면, 바퀴 크기의 부정확성 등에 의해 위치 및 방향각 오차를 유발할 수 있으며, 장시간 주행 시 누적 오차로 위치 추정에 심각한 오류를 유발하게 된다. 로봇이 지나지 않은 경로를 정확히 인식하고 효율적인 지도작성을 위해서 초음파나 RFID Tag, 스테레오 카메라를 이용한 방식 등이 주로 이용된다. 그러나 이러한 방법들은 조명이나 환경 변화에 민감하여 절대 오차를 보장 할 수 없다는 문제점을 가지고 있다[3].

본 논문에서는 선택적 빛만 반사하여 인공 표식과 근적외선 반사체를 이용하는 위치인식 센서를 사용하여 환경의 절대 좌표계를 설정하고, 로봇에 장착된 레이저 거리 센서로 측정된 로봇의 상대 위치 값을 이용하여 로봇이 공간의 전체영역 지도 작성을 하기 위해 벽추종(wall-following) 작업을 할 뿐 아니라, 벽 추종 시 여러 형태의 장애물을 인

Table 1 Configurations of test-bed

Robot		Environment	
Model name	YMR-Mo1-1	Room size	3.8m×3.5m
Size	D: 35cm H: 9.5cm	Obstacle number	4
Weight	3.1kg	Obstacle shape	Rectangle, triangle
Velocity	7.5cm/s		
Laser sensor		Position sensor	
Model name	URG-04LX	Model name	StarGazer
Resolution	1 mm	Sample time	0.1s
Measurement range	±135 deg.	Accuracy	2cm

식하고 회피하면서 주행을 하고, 동시에 지도 작성을 하는 방법을 제안하였고, 실험을 통하여 검증하였다.

2. 시스템 구성 및 실험 환경

지능형 로봇의 위치추정 및 지도 작성을 위해 유진로봇의 X-bot 을 베이스 플랫폼으로 사용하고 그 상부에 그림 1 과 같이 레이저 거리 센서(laser range finder: LRF)와 위치 인식 센서인 스타게이저(Stargazer)를 탑재하였다. 지능형 로봇과 센서들의 사양은 표 1 에 나타내었다. 스타게이저는 천정에 미리 부착된 랜드마크(landmark)에 적외선을 조사하여 반사된 정보를 통하여 로봇의 절대 위치와 회전 각도를 측정한다. 로봇은 출발점에서부터 시계 방향으로 벽을 따라 이동을 하는데 장착된 레이저 거리 센서를 이용하여 이를 가능하게 했을 뿐 아니라, 장애물까지 인식할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 표에서 보는 바와 같이 실제 레이저 센서의 측정 범위가 240°이나 본 논문에서 레이저 센서의 측정 범위는 ±90°로 국한시켜 사용하였다. 센서들로부터 받아들인 데이터는 RS-232 통신을 이용하여 전달되어 장애물 회피 및 지도 작성에 활용할 수 있도록 하였다. 이러한 데이터의 처리, 활용 등의 시스템 구성은 내셔널인스트루먼트(National Instrument)사의 랩뷰(Labview)를 이용하여 구현하였다.

실험 환경은 3.8m×3.5m 크기의 사각형 공간에 네 개의 장애물을 이용하여 구성하였다. 장애물 하나는 로봇이 장애물을 제대로 회피하는지를 파악하기 위하여 벽에 밀착시켜 구성하였고, 가운데 장애물은 로봇이 이동하면서 장애물이 포함된 환경에 대한 지도 작성이 올바르게 수행되는지를 검증하기 위하여 구성하였다. 마지막으로 삼각형 형태의 장애물을 다른 벽 면과 모서리에 부착하여 다른 형상의 장애물 또한 제대로 회피할 수 있는지에 대하여 검증하고자 구성하였다. 구성된 실험 환경은 그림 3 과 같다.

3. 벽 추종과 지도 작성

실험 환경에서 장애물과 벽에 대한 정보는 레이저 거리 센서를 활용하여 얻는다. 레이저 거리 센서는 로봇의 이동

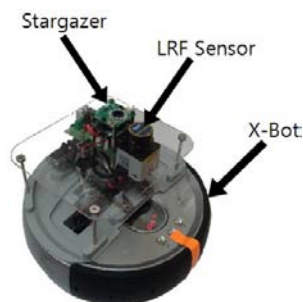


Fig. 1 Intelligent robot system

방향을 기준으로 $\pm 90^\circ$ 의 구간을 1° 단위로 스캔하여 로봇의 현 위치에서 벽과 장애물간의 거리를 측정하여 저장한 후, 직선회귀(linear regression)를 통하여 벽면과 장애물의 형상을 결정하게 된다. 로봇은 벽을 따라 이동하면서, 전체 공간 내부의 벽면과 장애물을 인식하고, 이를 1cm 단위의 셀로 나뉘진 400×400 의 2차원 공간에 표시하는 형태로 지도를 작성하였다.

주행 중의 장애물 인식 및 회피는 이동 방향 기준으로 $\pm 25^\circ$ 에 대하여 레이저 거리 센서로 측정된 후, 장애물이 로봇으로부터 일정거리(threshold)내로 들어오면 장애물로 인식하여 로봇을 정지시키고, -60° 에서의 측정 값(그림 3의 d_{-60})과 -45° 에서의 측정 값(그림 3의 d_{-45})을 -90° 에서의 측정 값(그림 3의 d_{-90})을 통하여 추정된 값과 비교하여 회전 각도를 결정하여 시계방향으로 회전시키는 방식으로 장애물을 회피하였다. 또한, 갑자기 d_{-90} 의 값이 커지면 반시계 방향으로 회전시켜 원래의 일정 거리를 유지할 수 있도록 하였다. 장애물을 인식하여 회전을 하게 되면 측정 값 d_{-45} 이 d_{-90} 로 추정된 값 \hat{d}_{-45} (식 (2))과 비교하였을 때, 작아지게 되므로 이 둘이 같아질 때까지 회전을 시키고 보다 정확한 회전을 위하여 d_{-60} 에 대한 측정 값과 추정 값 \hat{d}_{-60} 도 활용하였다.

$$\hat{d}_{-60} = \frac{d_{-90}}{\cos(-60^\circ)} \quad (1)$$

$$\hat{d}_{-45} = \frac{d_{-90}}{\cos(-45^\circ)} \quad (2)$$

벽 추종에 관련된 레이저 거리 센서의 데이터는 좌측 부분에 국한되어 있기 때문에, 이를 포함한 데이터는 장애물의 인식 및 지도 작성에 이용되었다. 샘플 시간 동안 로봇의 이동 방향을 기준으로 $\pm 90^\circ$ 구간을 1° 단위로 스캔하여 로봇의 위치에 대한 벽면과 장애물 간의 거리를 측정한다. 이 값과 위치 인식 센서인 스타게이저를 사용하여 측정된 로봇의 절대 위치 및 회전 각도를 이용하여 절대 공간 내에서의 장애물과 벽면의 위치 값을 계산할 수 있다.

로봇에 대한 장애물과 벽면의 상대 위치는 다음 식으로 구할 수 있다. 이 때, d_i 는 로봇에 장착된 레이저 거리 센서의 i° 에 대하여 장애물 및 벽면과의 측정 거리를 나타내고 있다.

$$x_i = d_i \cos \theta_i \quad (3)$$

$$y_i = d_i \sin \theta_i \quad (4)$$

스타게이저를 통해 얻은 로봇의 절대 위치 값에 구해진 상대 위치 값을 더하게 되면 장애물의 절대 공간 상에서의 위치 값을 계산할 수 있다. 그러나, 회전 각도에 따라 좌표 값을 수정해 줘야 되기 때문에, 샘플 타임마다 다음과 같이 로봇의 회전과 이동에 따라 변하는 상대 위치 값을 보

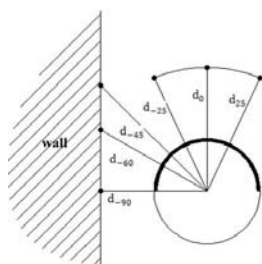


Fig. 2 Experimental environment

정해야만 한다. 보정 값을 이용하여 구한 장애물 및 벽면의 좌표 값은 식 (5)와 같이 구할 수 있다. 이 때, R_x , R_y 는 스타게이저로 측정된 로봇의 절대 위치 값이다.

$$\begin{pmatrix} Coord_{x_i} \\ Coord_{y_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_x \\ R_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \quad (5)$$

4. 실험 결과

로봇이 벽면을 따라 주행하면서 레이저 거리 센서와 위치 인식 센서인 스타게이저를 사용하여 구한 장애물 및 벽면의 위치 값은 그림 3에 나타내었다. 점선으로 그려진 것이 실험 환경에 대한 실측 지도이고, 점으로 표시된 것은 샘플 타임마다 스타게이저와 레이저 거리 센서로 측정된 장애물과 벽면의 절대 위치 값을 의미한다. 하지만, 보다 정확한 지도의 윤곽을 구하기 위하여 직선 회귀를 이용하여 측정된 값들로부터 벽면을 구하였는데, 이는 실선으로 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 실제 측정된 지도와 직선회귀를 통하여 구한 지도의 최대 오차는 5cm 였는데, 전체 지도의 크기를 고려할 때 작은 값을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 레이저 거리 센서와 위치 인식 센서인 스타게이저를 이용하여 얻어진 장애물과 벽면의 절대 위치 값을 400×400 의 셀에 채우는 형태로 지도를 작성하고자 하였다. 지도 작성을 위하여 로봇은 벽면을 따라 이동하면서 이동 방향이나 공간 내에 위치한 장애물을 인식하고, 이를 회피할 수 있도록 하였다. 이렇게 작성된 지도는 실제 환경과 비교하여 상당히 작은 오차를 나타내고 있음을 실험을 통하여 검증하였다.

후기

본 논문은 스마트하이웨이사업과 한국연구재단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. C. Nikos, "Autonomous Vehicle Navigation Utilizing Electronic Potential Fields and Fuzzy Logic," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 4, 2001.
2. T. Tsubouchi, "Nowadays trends in map generation for mobile robots," In Proc. of IEEE1 RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 848-833, 1996.
3. Komoriya. K and Oyama. E, "Position estimation of a mobile Robot using optical fiber gyro-scope(OFG)," Proceeding of the 1994 IEEE International Conference on Intelligence Robots and Systems, pp. 143-149,1994.
4. J.k.Kim, T. k.Yang, 2010, "Video and location information using the mobile robot obstacle avoidance and target tracking," 한국 정보 기술 학회 논문지 제 8권 제 1호.

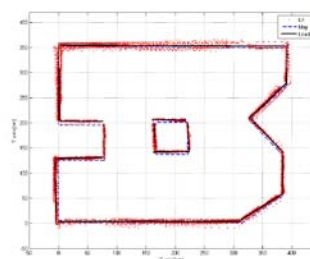


Fig. 3 Comparison of real environment and measured environment