

레이저 거리 센서를 이용한 이동로봇의 전역지도 작성

Global Map Building for Mobile Robot using Laser Range Finder

*# 박부항¹, 최지훈¹, 김종선²

^{*} B. C. Park(park0628@kau.ac.kr)¹, J. H. Choi¹, J. S. Kim²

¹ 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원, ² 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Mobile Robot, Hough Transform, Global Map, Laser Range Finder

1. 서론

자율 이동로봇은 임의의 동적인 환경에서 로봇이 성공적으로 임무를 수행하는데 있어서 방해가 되는 장애물을 회피하여 원하는 목표를 수행할 수 있는 로봇을 말한다[1]. 이동로봇이 자율적으로 행동을 하기 위해서는 환경인식, 경로계획 및 주행제어, 위치추정 및 보정 등의 기본적인 능력을 갖추어야 한다. 다른 위치로의 명령이 주어지는 경우 현재 위치로부터 목표지점으로 이동하기 위한 경로를 계획하기 위해서 자신의 위치를 판단할 수 있는 능력이 필요하다. 이를 지능 로봇 분야에서 위치추정(Localization)기술이라 하며, 주변 환경에 대하여 지도 작성(Map Building)하는 기술과 함께 연결된 기술들이 제시되고 있다[2].

위치추정에 대한 기존 연구에서 이동로봇의 사용 목적과 작업 환경에 따라 다양한 센서가 사용되고 있다. 엔코더(Encoder)는 노면의 마찰 특성으로 인해 방향각 오차를 유발할 수 있으며, 장시간 주행 시 오차 누적으로 위치 추정에 심각한 오류를 유발할 수 있다. 초음파 센서와 적외선(IR) 센서는 지향성에 대한 오차와 방대한 양의 데이터로 인한 오차가 비교적 크다. 반면, 레이저 거리 센서는 장비가 고가라는 단점이 있지만 초음파나 적외선 센서에 비해 주위 지형 또는 장애물까지의 거리를 상당히 정확하게 제공한다[3].

위치추정 방법에는 대역적 위치 추정에 적합하나 지도상의 모든 격자를 대상으로 계산을 해야 하기 때문에 오랜 계산시간과 많은 메모리량이 필요한 Markov Localization과 국소적 위치추정에 적합한 Kalman Filter 방법이 있다[4]. 또한 주로 영상 처리에서 많이 활용되는 Hough Transform은 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개변수로 표현될 수 있는 경우 그것을 검출해 내는데 좋은 효과를 보이는 방법이다[5][6].

본 논문에서는 주변 환경에 대하여 상당히 정확한 거리정보를 제공하는 레이저 거리 센서로 획득한 데이터를 이용하여 바닥과 벽의 경계가 되는 모서리를 검출하기 위해 왜곡의 영향이 없이 직선을 검출할 수 있는 Hough Transform 알고리즘을 이용하였다. 하지만 수행시간이 오래 걸리고, 많은 저장 공간이 필요하기 때문에 실시간 모서리 검출을 위해서는 계산량을 줄여 처리시간을 단축해야만 한다. 이를 위해서 레이저 거리 센서 데이터의 좌우 공간 데이터를 제외한 중간부분의 데이터만을 사용하고, 입-출력 데이터 공간을 따로 분리하여 처리시간을 단축하였다. 제안한 알고리즘에 의해 직선을 검출하고, 지도 작성을 위해서 격자 지도(Grid Map)방식과 토폴로지컬 지도(Topological Map)방식 중 격자지도(Grid Map)방식을 사용하여 지도를 보정하며 실시간 환경지도를 작성하였다.

2. Hough Transform을 이용한 모서리 검출

Hough Transform은 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개변수로 표현될 수 있는 경우 그것을 검출해 내는데 좋은 효과를 보이는 방법이다. n개의 점들로 구성된 좌표평면에서 같은 직선상에 놓여 있는 점을 발견하는 가장 단순한 방법은 모든 점으로부터 두 점을 연결하는 직선을 구하고 다시 직선과 직선을 비교하여 비슷하거나 같은 것을 직선에 나타내는 방법이다. 하지만 구해진 직선의 개수가 $n(n-1)/2 \sim n^2$ 개, 각 직선의 비교 횟수가 $n^2(n-1)/2 \sim n^3$ 번으로 계산 량이 너무 많아서 곤란하다. 이를 보완할 다른 방법은 식(1)과 같은 직선의 방정식을 이용하여 매개변수 a, b에 의해 직선의 방정식을 추출해 내는 것이다.

$$y = ax + b \tag{1}$$

$(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 를 지나는 직선의 a, b는 식(2), (3)과 같다.

$$a = \frac{y_i - y_j}{x_i - x_j} \tag{2}$$

$$b = \frac{x_i y_j - x_j y_i}{x_i - x_j} \tag{3}$$

식(2), (3)의 a, b를 이용하여 식(4)를 만족하는 (x_n, y_n) 는 $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 를 지나는 직선상에 존재한다.

$$y_n = ax_n + b \tag{4}$$

하지만, 직선이 x축 또는 y축에 가까울수록 매개변수 a, b가 무한대에 가까워지는 문제점이 있다. 이것을 해결하기 위해 식(4)의 직선의 방정식을 식(5)와 같이 바꿀 수 있다.

$$x_n \cos\theta + y_n \sin\theta = \rho \tag{5}$$

a, b 대신 원점에서 직선까지의 각도, 거리를 나타내는 θ, ρ 를 매개변수로 2차원 배열을 구성한다. 여기서 (x_n, y_n) 은 n번째 거리측정 데이터를 나타내며, 각도는 $0 \leq \theta \leq \pi$ 의 범위를 갖는다. θ 를 $0^\circ \sim 180^\circ$ 까지 1° 씩 변화시켜 대입하면 ρ 를 구할 수 있다. 발생한 횟수를 계수하는 보팅(Voting)과정을 거친 후 가장 많은 횟수가 발생한 ρ_d 와 θ_d 를 구할 수 있다.

모서리는 바닥과 벽의 경계로써 레이저 거리 센서로부터 획득한 데이터 중에서 가장 직선을 구성하는 점들을 추출하는 것이 필요하다. Δd 는 경계점들을 구하기 위해 단위 크기로 나뉘준 크기를 의미하며 가장 직선의 경계점들은 식(6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\rho_d - \Delta d \leq \rho \leq \rho_d + \Delta d \tag{6}$$

3. 실험 결과

실험은 Fig. 1과 같이 ActiveMedia사의 Pioneer 3-DX 이동로봇과 SICK사의 LMS200 레이저 거리 센서를 이용하였다. 레이저 거리 센서는 0.5° 간격으로 180° 구간의 데이터를 획득할 수 있으며, 최대 유효 측정거리 80m이며, 최대 ± 8 cm의 오차를 갖는다.



Fig. 1 Mobile robot system

이동로봇은 주행 알고리즘을 구현하는 Client PC인 Notebook PC와 명령을 받아 이동로봇에 직접 구동 명령을 내리 337

센서를 제어하는 주 제어부인 마이크로프로세서(32bit)로 구성된다. 사용자가 명령을 내리는 알고리즘은 Visual C++.NET을 통하여 이동로봇에 사용되어질 프로그램으로 작성된다.

시스템 구성은 Fig 2와 같이 장애물을 탐지하여 거리를 측정하는 레이저 거리 센서와 획득된 데이터를 처리하고 로봇제어와 모서리 검출을 위한 알고리즘을 실행하는 제어기와 로봇의 이동 정보를 제공해주는 엔코더로 구성된다.

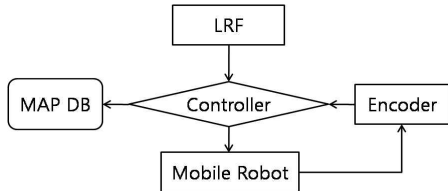


Fig. 2 Configuration of the system

Fig. 3과 같은 환경에서 이동로봇의 자율주행 실험을 하였다. 실험환경은 가로 20m, 세로 3m의 굴곡이 없는 공간에 벽, 돌출된 벽, 고정 장애물로 구성 있고, 이동로봇의 초기 위치를 보여주고 있다. 이동로봇은 벽면추종을 통해 주행을 하며, 퍼지 장애물 회피 알고리즘을 통해 갑작스런 물체의 출현이나 궤도를 잃었을 때 정지하는 기능을 가지고 있다.

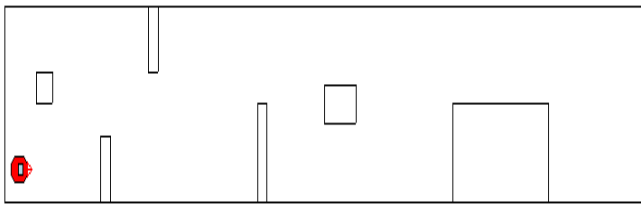


Fig. 3 Experimental environment

Fig. 4(a)-(d)는 실험환경에서 이동로봇이 이동하면서 지도를 보정하며 지도를 작성해가는 과정을 보여주고 있다.

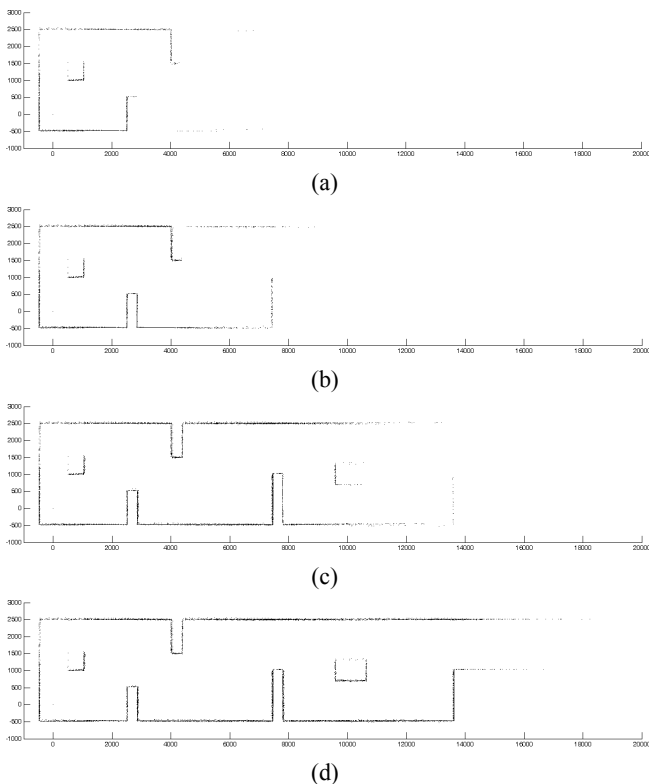


Fig. 4 Map building process

Fig. 5는 레이저 거리 센서를 이용하여 주행한 실험 결과이다.

1° 간격으로 180° 구간에서 획득한 레이저 거리 센서 데이터 중에 좌·우 20° 씩을 제외한 140° 구간의 5m이내의 데이터만 사용하여 데이터 처리 시간을 단축하였다. 최장 직선의 경계점들을 추출하기 위해 Δd 는 0.01m로 설정하였다. Fig. 5(b)는 (a)의 A부분을 확대한 그림이다. Fig. 5(b)에서 보는 바와 같이 실제 벽과 작성된 지도사이에 최대 20(mm)오차가 생겼음을 볼 수 있다.

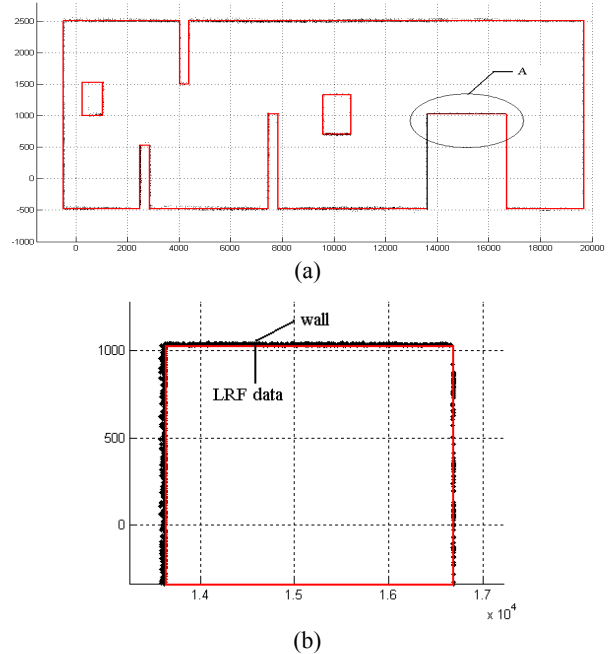


Fig. 5 Map building using a laser range finder

4. 결론

본 논문은 레이저 거리 센서를 이용하여 획득한 데이터를 Hough Transform 알고리즘에 적용하여 모서리를 검출하여 환경 정보를 전역변환하여 환경지도를 작성할 수 있었다. 최대 20(mm)의 오차는 주행 시 발생하는 노면의 마찰 특성으로 인한 방향각 오차, 장시간 주행 시 발생하는 오차 누적과 같은 엔코더 오차로 GPS나 다른 센서와의 융합으로 줄일 수 있을 것이다. 이동로봇이 활동하는 환경에 대한 전역지도가 항상 주어지는 것이 아니다. 그로 인해 로봇의 위치인식과 위치한 환경에 대한 지도를 동시에 작성하는 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구를 SLAM에 적용하면 보다 안정된 지도 작성을 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Nikos, C., "Autonomous Vehicle Navigation Utilizing Electronic Potential Fields and Fuzzy Logic," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 17, No 4, 2001
2. Siegwart, Roland., Nourbakh, Illah R., "Introduction to Autonomous Mobile Robots," The MIT press, 2004
3. Lumelsky, V., Skewis, T., "Incorporation Range Sensing in The Robot," Vol. 20, pp. 1058-1068, 1990
4. Fox, D., "Markov Localization : A Probabilistic Framework for Mobile Robot Localization and Navigation," PhD dissertation, University of Bonn, Germany, 1998
5. Duda, R. O., Hart, P. E., "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures," Communications of the ACM, Vol. 15, pp. 11-15, 1972
6. Forsberg, J., Larsson, U., Wernersson, A., "Mobile robot navigation using the rangeweighted Hough transform," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 2, pp. 18-26, March, 1995