

확률 분포 기반의 레이저 스캐너를 이용한 장애물 회피

이진섭, 권지욱, 좌동경, 홍석교
아주대학교 전자공학과

Probability Distribution-Based Object Avoidance with a Laser Scanner

Jin-Seob Lee, Ji-Wook Kwon, Dongyoung Chwa, and Suk-Kyo Hong
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

Abstract - This paper proposes a object avoidance algorithm that enables a mobile robot with laser scanner. Object detecting system has a function to detect object in front of the mobile robot by using a laser scanner. The proposed method based on probability distribution and finds local-paths to avoid collisions. Simulation results show the feasibility of the proposed method.

1. 서론

이동 로봇은 자율주행을 하기위해 각종 센서들(초음파 센서, 적외선 센서, 레이저 스캐너, 비전 시스템 등)을 사용한다.[1] 이동 로봇의 작업공간에는 미리 알고 있는 구조물들이 있고, 또한 예상하지 못했던 장애물들이 있다. 예상하지 못했던 장애물들을 탐지하고, 이를 회피하기 위하여 다양한 방법들이 제시되어 왔다. 그 중에서 레이저 스캐너는 다른 센서들에 비해 탐지 거리가 길고, 장애물과의 거리를 직접적으로 구해 낼 수 있어 장애물 탐지에 많이 사용된다. 레이저 스캐너를 이용한 장애물 탐지와 장애물 회피에 대한 다양한 방법들이 제시되어 왔고, 실내에서 뿐만 아니라 실외에서도 다양한 접근법이 제시되고 있다. 레이저 스캐너를 통해 추출한 장애물의 점들을 추출하여 그 점들 간의 거리를 계산하고, 계산한 값에 따라 많은 장애물들을 구분해 내는 방법이 제시되었고[2], 이동 중에 이동 로봇의 움직임에 따라 장애물의 중계선들을 추출함으로써, 실내 환경에서의 장애물 지도를 작성하는 방법도 제시되어 왔다.[3] 이러한 연구들은 레이저 스캐너를 이용하여 거리를 측정하고 그 거리를 효율적으로 사용하여 장애물 탐지 및 장애물 회피를 하고 있지만, 많은 장애물이 있는 곳에서는 사용하기 어렵다. 또한 레이저 스캐너의 직진성으로 인해, 물체를 효과적으로 분류하지 못하는 단점이 있다.[2] 이러한 단점을 보완하기 위하여 확률적인 방법을 사용하여 장애물 회피와 경로 생성을 하는 방법이 제시되었다.[4] 하지만 이 방법은 연산 상에 있어서 차원이 높아져, 연산 량이 많아지는 단점이 있다. 또한 좀 더 복잡한 장애물이 있을 때는 사용하기 어렵다. 본 논문에서는 레이저 스캐너로부터 얻은 정보를 이용하여, 확률적으로 이동 로봇이 이동할 수 있는 지역들을 구분하고, 목표점과의 관계를 이용하여 이동 방향을 선택하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘을 통해 로봇이 복잡한 장애물을 탐지하거나 회피할 때 일관성을 가지도록 한다.

2. 기존의 장애물 회피 알고리즘

이 장에서는 기존에 알려진 모서리 추출, 확률 분포를 사용한 장애물 탐지, 거리 측정을 통한 장애물 회피 알고리즘을 소개한다.

2.1 모서리 추출 알고리즘

장애물 회피 알고리즘 중에서 널리 알려진 알고리즘은 모서리 추출 알고리즘이다[5]. 이 알고리즘은 레이저 스캐너 및 다양한 센서를 통해 장애물의 모서리를 찾고, 그 모서리를 피해 방향을 바꾸는 방법이다. 이 방법은 장애물의 보이는 모서리를 추출하여 이동 로봇의 위치를 정확하게 알고, 목표점을 향해 각을 조절 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 장애물에서 모서리를 추출하는 동안 이동 로봇은 장애물 앞에서 정지를 하고, 장애물의 모서리에 대한 정보를 수집하므로, 연산식이 많고, 이동, 주행 시간이 오래걸리는 단점이 있다. 또 다른 모서리 추출 알고리즘으로는 초음파를 사용하여 전체 환경을 읽어 장애물을 탐지하는 방법이 있다[5]. 이 방법은 선 적용(line-fitting)방법을 사용하여 목표점을 향한 전체 경로 생성이 간단하지만, 방향성이 정확하게 나오지 않고, 주파수를 정확하게 읽을수 없는 단점이 있다.

2.2 확률분포를 사용한 장애물 탐지 알고리즘

로봇이 주행할 때 알 수 있는 전체를 확률 분포로 변환시켜 나타내고, 로봇이 확률 분포로 표시된 지도를 주행함으로써 장애물을 탐지하고 회피하는 방법이 제안되었다[4]. 로봇은 확률 분포된 지도에서 무작위로 정보를 획득하고, 이 정보를 통하여 목표점까지의 최단 경로를 생성하여 주행한다. 이 방법은 어떤 형태의 로봇에도 적용이 가능하며, 주행을 효율적으로 할 수 있다. 하지만 복잡한 환경에서는 스캐너의 해상도가 높아야 하고, 확률 분포된 지도에서 정보를 획득할 때, 연산 과정이 복잡해 지게된다. 또한 전체 지도를 하나의 가상공간으로 지정해야 하는 복잡함 때문에 좌표변환을 비롯한 연산 과정의 전체적인 차원이 높아지게 되는 단점이 있다.

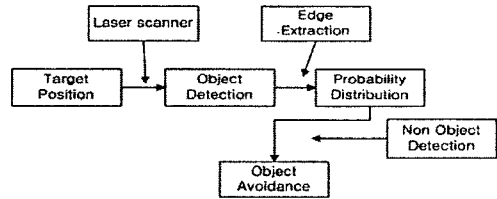
3. 제안된 알고리즘

3.1 알고리즘 개요

이 논문에서 제안하고 있는 알고리즘은 다음과 같이 크게 두 부분으로 나누어져 있다.

1. 레이저 스캐너로부터 얻은 정보를 이용하여 확률 적으로 장애물이 없는 영역을 구분한다.
2. 생성된 영역에 대한 확률적 분포와 이동 로봇의 목표점에 대한 정보를 융합하여 이동방향을 선택한다.

그림 1은 제안된 알고리즘을 나타내고 있다.



<그림 1> 제안된 알고리즘의 블록 다이어그램

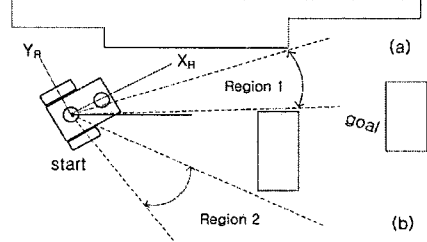
3.2 무장애물 지역에 대한 확률적 분포 알고리즘

레이저 스캐너로부터 얻은 정보로부터 장애물이 없는 영역을 표현 할 때, 빛이나 다른 외란으로 인해 장애물 정보의 오차가 존재하게 된다. 따라서 장애물이 존재하지 않은 영역을 가우시안 분포 함수 곡선을 사용하여 나타낸다. 가우시안 분포에서 나타내는 최대값은 확률적으로 장애물이 가장 없는 곳이라 예상되는 곳이다.

$$f_i(x) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right] \quad (1)$$

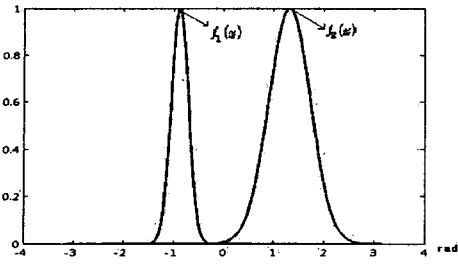
식 (1)은 가우시안 분포 함수의 식을 나타낸다. x_i 는 이동 로봇 좌표계에서 x축의 값이고, σ_i 값은 장애물이 없는 영역의 표준편차, μ_i 값은 평균값이다. 장애물이 없는 영역을 이동 로봇이 통과 할 때, (1)식을 이용하여 장애물로부터 가장 안전한 영역을 표현할 수 있다. 장애물이 다양하고 복잡한 경우, 2개 이상의 장애물이 없는 영역에 대한 확률 분포를 갖게 된다.

그림 2와 같이 이동 로봇의 진행 방향에 장애물이 있고 Region 1과 Region 2의 두 곳이 장애물이 없는 경로이다. 이동 로봇은 두 경로를 따라 (a)와 (b)의 두 방향으로 진행할 수 있다. 장애물을 정면에 두고 로봇은 (1)식을 사용하여 두 곳의 가우시안 분포를 나타낼 수 있다. Region 1은 표준편차 σ_1 , 평균값 μ_1 를 가지고, Region 2는 표준편차 σ_2 , 평균값 μ_2 를 가진다.



<그림 2> 로봇의 이동 방향과 장애물이 없는 지역

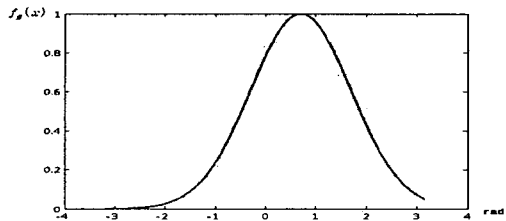
Region 1과 Region 2는 그림 3과 같은 가우시안 분포가 표시될 것이라고 예상 할 수 있다. 각각의 최대값이 되는 곳이 각각의 장애물이 없을 확률이 가장 큰 곳이다. 이동 로봇이 주행할 때, 목표점에 도달하기 까지 최단의 경로로 목표점에 도달 하는 것이 중요하다. 그림 3과 같이 두 개 이상의 장애물이 없는 영역이 생성될 때, 이동 로봇은 여러 개의 장애물이 없는 영역 중에서 한 영역을 선택하기 위하여 이동 로봇의 최종 목표점에 대한 정보를 이용한다.



〈그림 3〉 Region 1과 Region 2의 예상 가우시안 분포 그래프

$$f_g(x_g) = \frac{1}{\sigma_g \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x_g - \mu_g)^2}{2\sigma_g^2}\right] \quad (2)$$

식 (2)에서 x_i, y_i, σ_i 값은 최종 목표점에 대한 정보이다. 이동 로봇을 기준으로 하여 최종 목표점을 보았을때의 각도정보를 이용하여 가우시안 함수를 생성하게 된다. 그림 4는 식 (2)을 이용한 최종 목표점의 예상 가우시안 분포 그래프를 나타낸다.



〈그림 4〉 이동 로봇의 최종 목표점의 예상 가우시안 분포 그래프

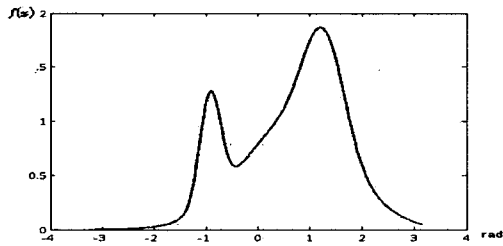
장애물이 없는 지역을 표현한 식과 이동 로봇의 최종 목표점을 표현한 식을 이용하여 비용함수를 생성한다.

$$f(x) = f_g(x_g) + \sum_{i=1}^N f_i(x_i) \quad (3)$$

(4)식에서 N값은 장애물의 개수가 된다. (4)식에서 얻은 정보중 가장 최대로 하는 값을 가지는 방향이 최종 목표점을 향하는 방향이 될 것이다.

$$\Theta_{sub} = \operatorname{argmax} \left(\sum_{i=1}^N f_i(x_i) + f(x_g) \right) \quad (4)$$

비용 함수는 그림 4와 같이 표시 될 것이고 Θ_{sub} 는 목표물의 방향을 유지하면서 장애물을 회피할 수 있다.



〈그림 4〉 비용 함수의 예상 가우시안 분포 그래프

4. 모의 실험 결과

모의 실험을 통하여 제안된 알고리즘의 효율성과 정확성을 검증한다. 모의 실험을 수행하기 위해 다음과 같은 이동 로봇을 가정한다.

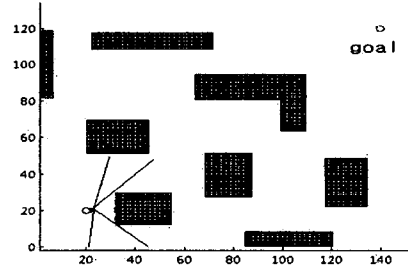
크기 : 가로 0.15m × 세로 0.2m, 레이저 스캐너 각도 : 180°,

초기위치 : (20, 20), 목표 위치 : (140, 120)

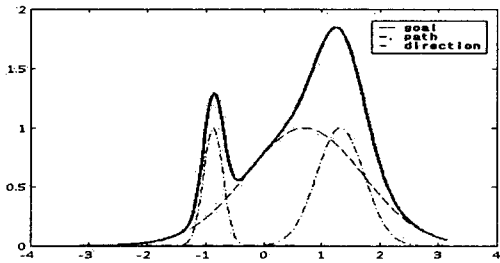
그림 5는 이동 로봇이 장애물을 만났을때의 상황을 나타낸다. 이때 레이저 스캐너로부터 생성된 정보로 장애물이 없는 영역을 확률적 표현으로 나타내면 그림 6과 같이 나타낼 수 있다. 또한 목표점 정보(그림 6의 점선)를 추가하면 그림 6의 실선과 같이 비용함수를 생성한다. 그림 7은 이 논문에서 제안하는 알고리즘을 사용하여 모의 실험한 결과를 나타낸 그림이다. 초기위치로부터 목표위치 까지 장애물을 회피하면서 이동 로봇은 그림 7과 같은 궤적을 그리면서 이동한다. 모의 실험을 통해 이동 로봇은 시작점으로부터 목표점까지 최단 경로를 형성하면서 장애물을 회피하고 있음을 알 수 있고, 장애물과의 충돌 없이 목표점까지 최단 경로를 따라 이동 로봇이 주행하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

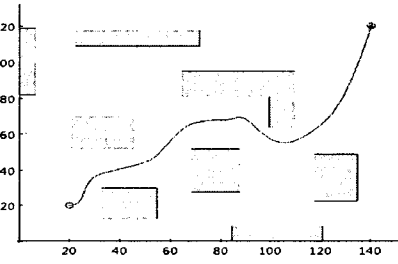
이 논문에서는 이동로봇이 장애물을 회피하고 목표점을 향해 자율주행을 할 때, 장애물이 없는 곳을 쉽게 파악하고, 목표점까지 최단경로를 생성하



〈그림 5〉 이동 중인 이동 로봇의 장애물 탐지



〈그림 6〉 장애물과 목표점의 가우시안 분포 그래프



〈그림 7〉 확률 분포를 이용한 이동 로봇의 장애물 회피

는 알고리즘을 제안하였다. 이동 로봇이 주행하면서, 로봇과 목표점과의 거리를 계산하고 각도를 연산하면서 목표점을 향해 주행을 하게 되고, 주행 중 장애물 탐지시, 가우시안 분포를 이용하여 장애물이 없는 곳을 탐지하게 된다. 여러 갈래의 길이 있을 경우 목표점의 가우시안 분포를 이용하여 최단 경로의 방향으로 주행을 하게 된다. 기존의 확률 분포를 사용한 방법에 비해 연산 식이 간단해졌고, 이동 로봇이 장애물 탐지시 연산 시간을 단축하였다. 그러나 이동 로봇은 정면의 장애물만을 탐지하는 단점이 있고 이로 인해 좌,우측에 있는 장애물은 식별 할 수 없는 단점이 있다. 이 연구는 앞으로 전체적인 장애물을 식별하고, 실시간으로 변화하는 외부환경에서도 정확하고, 안전한 경로를 생성하는 방향으로 계속되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 R01-2006-000-11373-0 지원으로 수행 되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] R. Carrelli, R. Kelly, O. H. Nasisi, C. Soria and V. Mut, "Control based on perspective lines of a non-holonomic mobile robot with camera-on-board", *International Journal of Control*, Vol. 79, pp. 362, 2006
- [2] A. Mendes, L. C. Bento and U. Nunes, "Multi-target detection and tracking with a laserscanner", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, University of Parma, Parma, Italy, June 14-17, 2004*
- [3] Z. Yan, T. Shubo, L. Lei and W. Wei, "Mobile robot indoor map building and pose tracking using laser scanning", *Proc. Int. Conference on Intelligent Mechatronics and Automation*, Chengdu, China, 2004
- [4] L. Kavraki, P. Svestka, J.C. Latombe, and M. Overmars, "Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 12, No 4, August 1996
- [5] J. Borenstein and Y. Koren, "The vector field histogram fast obstacle avoidance for mobile robots", *IEEE journal of Robotics and Automation* Vol 7. No 3. June 1991, pp278-288 $f_1(x) f_2(x)$