

단일 레이저 스캐너를 이용한 모바일 로봇의 장애물 탐색 및 분리 알고리즘

이기룡 · 좌동경 · 홍석교
아주대학교 전자공학부

Obstacle Detection and Classification Algorithm of Mobile Robots using a Single Laser Scanner

Giroung Lee · Dongkyoung Chwa · Sukkyo Hong

Department of Electronic Engineering, Ajou University, san 5 Wonchun-dong Yeongtong-gu Suwon 443-749, Korea

Abstract - This paper proposes obstacle detection and classification algorithm using a single laser scanner. The proposed algorithm searches the object singular points using a differential equation, and finds obstacle singular points shows a boundary of obstacle. And the proposed algorithm can classify object even if several obstacles overlapped. Simulation results show the feasibility of proposed algorithm using a single laser scanner, not using several laser scanners.

1. 서 론

모바일 로봇과 같은 이동로봇 시스템은 다양한 환경에서 주어진 목적지 까지 안전하게 주행하는 것을 목표로 설계된다. 이 때 주행 환경은 크게 미리 알고 있는 장애물들이나 주행 중 갑자기 탐지된 장애물 등으로 구성된다[2]. 모바일 로봇은 이러한 갑작스런 장애물을 감지하고 회피 주행하여 모바일 로봇 자신 및 로봇 주변을 지나가는 물체, 행인을 위험으로부터 보호해야 한다[5].

이러한 모바일 로봇의 회피 주행을 위해 적외선 센서나 초음파 센서, 레이저 스캐너 등 추가적인 센서를 이용하는데 특히 레이저 스캐너의 경우 다른 센서보다 높은 정밀도 및 측정 거리를 보유하고 있어 많은 분야에서 사용되고 있다.

모바일 로봇의 효율적인 회피 주행을 위해서는 로봇의 주행 방향에 있는 장애물의 위치 및 크기에 대한 정보를 분석해야 한다. 또한 고정되어 있지 않고 움직이는 장애물의 경우에도 이동 속도 및 방향을 계산하고 각각의 장애물에 고유 ID를 부여해 이들의 움직임을 추적해야 모바일 로봇이 장애물의 동선과 겹치지 않고 회피 주행 할 수 있는 경로를 생성할 수 있다. 또한 이 때 여러 개의 장애물이 겹쳐진다면 하더라도 장애물을 분리해 기존의 ID와 비교하여 추적할 수 있어야 한다.

그리고 이렇게 분리된 장애물에 대한 정보를 가지고 있으면 추후 장애물의 정보를 토대로 Self-Localization & Map-building(SLAM) 및 Detection & Tracking of Moving Obstacle (DTMO)와 같은 알고리즘을 구현하기 수월해진다[3].

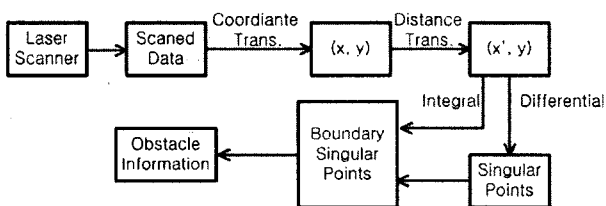
이 논문에서는 이러한 장애물 탐색 및 분리 알고리즘을 구현하기 위해 고가의 레이저 스캐너 사용을 최소화하여 시스템 제작에 들어가는 비용을 낮추었으며 또한 단일 레이저 스캐너를 사용하여 만족할만한 장애물 탐색 및 분리 알고리즘에 대한 결과를 보일 수 있음을 목적으로 한다.

2. 본 론

2.1 알고리즘 구성

이 논문에서 제시하고 있는 장애물 탐색 및 분리 알고리즘은 크게 다음과 같은 단계를 거친다.

- (1) 레이저 스캐너를 이용하여 전방 장애물에 대한 데이터 수집
- (2) (1) 에서 받은 스캔 데이터의 좌표계 변환
- (3) (2) 에서 받은 데이터의 거리 변환
- (4) 스캔 데이터의 미분 방정식을 이용한 특이점 산출
- (5) 특이점 소거를 이용한 장애물의 경계 특이점 산출
- (6) 경계 특이점을 통한 장애물에 대한 정보 분석



<Fig. 1> Algorithm block diagram

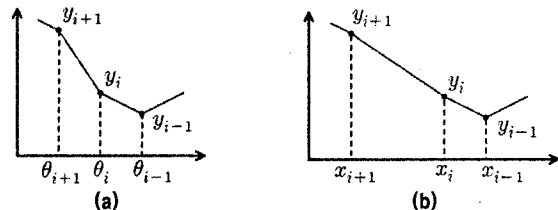
2.2 스캔데이터의 좌표계 변환 및 거리 변환

레이저 스캐너를 통해 얻은 스캔 데이터는 0°에서 180°까지 0.5° 간격으로 총 361개의 스캐너와 장애물 사이의 거리 데이터가 주기마다 연속으로 나온다. 이렇게 얻어진 스캔 데이터는 극좌표계로 표시가 되는데 이를 직각

좌표계로 변환하는 과정을 거친다. 다음으로 직각 좌표계로 변환된 데이터는 거리 변환 과정을 거친다. 좌표계 변환을 거친 스캔데이터의 x축은 θ에 대해 0°에서 180°까지 균등하게 나누어진다. 하지만 이 논문에서 제시한 알고리즘은 이 그래프의 미분 및 적분 특성을 이용하여 특이점을 산출해야 하며 특히 경계 특이점을 산출하기 위해서 특이점 중 스캐너의 에러 및 측정 오차로 인해 나타나는 특이점과 장애물의 경계로 나타나는 특이점을 구별해야 한다. 따라서 이 두 특이점의 구별을 위해 경계 특이점과 그렇지 않은 특이점 간의 적분 값의 차이를 크게 하기 위해 위와 같은 거리 변환 과정을 거친다. 위의 과정을 식으로 나타내면 아래와 같이 표현이 가능하다.

$$Data_{Dist}(i) = (x_i, y_i) = (K \times |y_{i+1} - y_i| + x_{i-1}, y_i)$$

$$i = 2, \dots, 360, K: \text{거리상수} \quad (1)$$



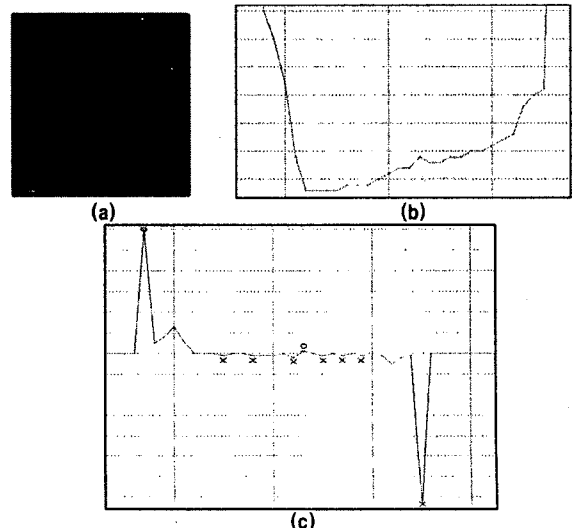
<Fig. 2> Distance trans. of scanned data

위의 <Fig. 2>는 스캔 데이터를 거리변환을 거친 과정을 보여준다.

2.3 장애물의 특이점 산출

위의 식 (1)에서 구한 $Data_{Dist}(i)$ 를 이용하여 스캔 데이터의 특이점을 찾는다. 이 논문에서 말하는 특이점이란 스캔 데이터의 미분 그래프에서 그 값의 부호가 바뀌는 지점을 말한다. 결국 특이점이란 장애물 표면에서의 요철을 말하는데 장애물의 요철 부분에서 미분 그래프의 부호가 바뀌며 특히 경계 부분에서는 그 값이 크게 차이 나는 특성을 이용한 것이다.

또한 특이점을 두 가지로 구분하였는데 미분 그래프에서의 값이 (+)에서 (-)로 바뀌는 지점의 특이점을 $Singular_L(i)$, 그 반대로 바뀌는 지점을 $Singular_H(i)$ 라고 하여 특이점의 x값을 차례로 저장하였다. 이는 장애물 경계의 시작과 끝을 나타내기 위한 것으로 단일 장애물을 스캔하였을 때 장애물의 경계는 $Singular_L(i)$ 에서 시작해 $Singular_H(i)$ 로 끝나게 되는 것을 알 수 있다. 아래의 그림은 박스형태의 장애물을 스캔하여 얻은 데이터를 통해 특이점을 산출하는 과정을 나타내었다.



<Fig. 3> Searching for the singular points

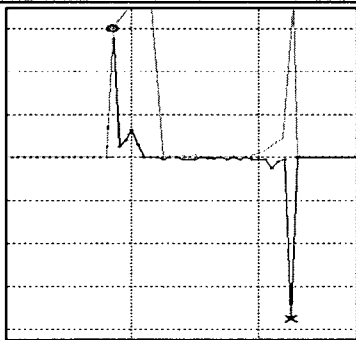
위의 <Fig. 3-b>는 <Fig. 3-a>의 장애물을 스캔하여 얻은 스캔 데이터이며 <Fig. 3-c>는 스캔 데이터를 미분한 그래프이다. 그리고 <Fig. 3-c>에서 0 부분이 $Singular_L(i)$, x 부분이 $Singular_H(i)$ 이다.

2.4 특이점 소거를 통한 장애물의 경계점 산출

위의 2.3장에서 구한 특이점은 장애물의 경계뿐만 아니라 레이저 스캐너의 측정 오차 및 외부 환경에 의한 에러에 의해 생긴 작은 요철 또한 포함하고 있다. 따라서 이 중 경계 특이점만을 제외한 나머지 특이점을 소거해야 한다. 이 때 위에서 구한 $Data_{Dist}(i)$ 의 적분 그래프를 사용하였다.

적분 그래프를 그리는 방법은 다음과 같다. 우선 x축을 따라 $|y_i|$ 의 값을 $Data_{mt}(i)$ 에 저장하다 특이점을 만나면 그 다음 적분값인 $Data_{mt}(i+1)$ 를 0으로 초기화시킨다. 이렇게 해서 얻어진 $Data_{mt}(i)$ 를 이용하여 특이점에서의 $Data_{mt}(i)$ 특정값을 넘지 않으면 특이점을 소거시키는 방법을 사용하였다.

$Singular : Singular_L, Singular_H$ 를 모두 포함한 특이점의 위치값(x) $i = 0 \sim MAX\ x$ if $(i - 1) \in Singular$ $Data_{mt}(i) = Data_{mt}(i - 1) + y_i $ else $Data_{mt}(i) = 0$	(2)
---	-----

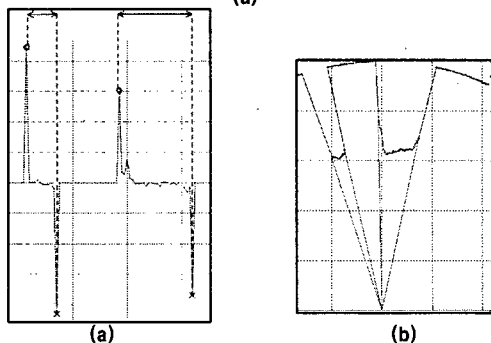
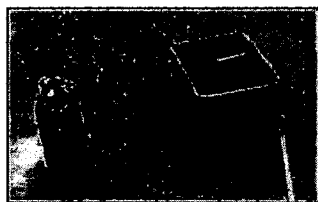


<Fig. 4> Cancellation of the singular points

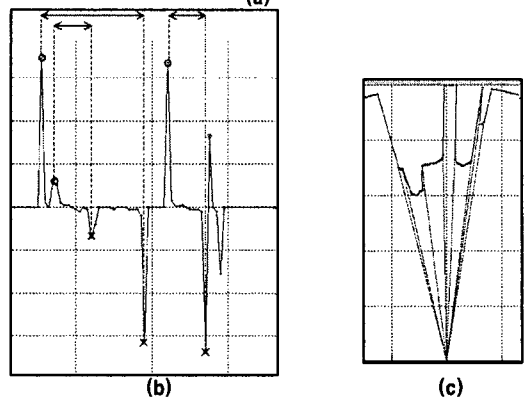
위의 <Fig. 4>에서 녹색선은 $Data_{Dist}(i)$ 에 대한 적분 그래프를 나타내고 있으며 특이점 소거를 이용하여 최종적으로 남은 두 개의 특이점만이 장애물의 경계를 나타내고 있음을 알 수 있다.

3. 실험 및 결과

이 논문에서 제시한 장애물 탐색 및 분리 알고리즘을 여러 상황에서 실험하여 그 결과를 살펴보았다.



<Fig. 5-1> Obstacle detecting and classification using a cancellation of the singular points



<Fig. 5-2> Obstacle detecting and classification using a cancellation of the singular points

위의 <Fig. 5-1>, <Fig. 5-2>에서 보는 것과 같이 임의로 배치한 장애물에 대해 이 논문이 제시하고 있는 알고리즘을 사용하여 장애물의 경계를 추출한 것을 볼 수 있다. 또한 장애물이 겹쳐 배치되어 있는 <Fig. 5-2>의 경우에도 두 개의 장애물을 분리하였음을 볼 수 있다.

4. 결 론

이 논문에서는 모바일 로봇이나 차량의 회피주행을 위해 레이저 스캐너를 통해 얻은 스캔 데이터를 이용해 전방의 장애물에 대한 탐지 및 분리 알고리즘을 제안하였다. 특히 단일 레이저 스캐너를 사용해도 만족할만한 결과를 이끌어 낼 수 있음을 보였다. 이 알고리즘을 통해 전방의 장애물에 대한 정확한 탐색이 가능해진다면 모바일로봇의 회피주행에 의한 경로 생성에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 또한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레이저 스캐너의 스캔 환경에 따라 많은 에러들이 발생하는 것을 인지하였고 이를 해결하기 위해 좀 더 다양한 환경에서의 실험이 요구된다.
2. 추후 움직이는 모바일 로봇 및 차량에 적용하기 위해 차량의 진동에 의해 생기는 스캔 데이터 에러의 보상에 대한 연구가 필요하다. 또한 장애물의 움직임을 추적하여 그 경로를 예측하는 알고리즘과의 조합이 요구된다.

[감 사]

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

[참 고 문 헌]

- [1] 박재홍, "항상된 무인차량 원격제어 시스템 설계", 한국자동차공학회 2005년도 전기·전자, ITS 부문 Symposium, pp. 113~119, 2005
- [2] 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
- [3] Kostas J. Kyriakopoulos, Nikos Skounakis, "Moving Obstacle Detection for a Skid-Steered Vehicle Endowed with a Single 2-D Laser Scanner", Proc. of the 2003 IEEE International Conf. on Robotics & Automation, 2003
- [4] Andreas Ewald, Volker Willhoeft, "Laser Scanners for Obstacle Detection in Automotive Applications", Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2000,
- [5] Kay Fuerstenberg, Volker Willhoeft, "Object Tracking and Classification using Laserscanners-Pedestrian Recognition in urban environment", 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings, 2001