

# 자율주행 시스템의 장애물 회피 알고리즘에 관한 연구

## Researches on Collision Avoidance Algorithms for Autonomous Driving System

\*박근현<sup>1</sup>, #최규종<sup>2</sup>, 오해준<sup>3</sup>, 전순웅<sup>4</sup>, 안두성<sup>5</sup>

\*G. H. Park<sup>1</sup>, #G. J. Choi(websignr@pknu.ac.kr)<sup>2</sup>, H. J. Oh<sup>3</sup>, S. Y. Jeon<sup>4</sup>, D. S. Ahn<sup>5</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 대학원 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>부산IT직업전문학교,

<sup>3</sup>부경대학교 기계자동차공학과, <sup>4</sup>(주)대원전자 기술연구소, <sup>5</sup>부경대학교 기계공학부

Key words : irregular obstacles, obstacle avoidance, trajectory, laser sensor, mobile robot

### 1. 서론

이동로봇의 주행 시 감지되는 장애물의 형상은 일반적으로 단순한 형상 보다는 복잡하고 불규칙한 형상이 대부분이다. 이것은 장애물까지의 거리를 측정하는 초음파센서(ultrasonic sensor)나 레이저 센서(laser sensor)를 이용하여 주행하는 로봇에게는 장애물의 불규칙한 형상으로 인하여 로봇의 움직임을 불안정하게 만드는 원인이 될 수 있다. 따라서 거리센서를 장착한 로봇의 안정적인(stable) 궤적을 생성하기 위해 장애물의 불규칙한 형상정보를 단순화하여 처리할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 이동로봇의 주행 시 불규칙한 형상을 가지는 장애물을 효율적으로 회피할 수 있는 궤적생성 알고리즘에 대해서 다룬다. 먼저, 장애물이 존재하지 않는 안전 영역(safety zone)을 타원형 형상으로 설정한다. 그리고 타원형의 장축(major axis)을 이용하여 로봇의 속도(velocity)를 조절하고, 단축(minor axis)을 이용하여 최소 안전반경을 설정한다. 제시한 알고리즘의 타당성은 여러 가지 시뮬레이션과 실험을 통해 생성된 궤적들을 분석하여 검증한다.

### 2. 장애물 회피 알고리즘

로봇이 다양한 형상의 장애물을 안정적(stable)으로 회피한다는 것은 상당히 어려운 문제 중에 하나이다. 인간과 같은 지능을 가지지 못한 로봇은 다양한 센서를 통해 획득된 장애물의 정보를 분석하여 이동방향을 매 순간마다 결정해야 한다. 일반적으로 로봇이 회피해야 할 장애물의 형상은 다양하고 불규칙(irregular)한 것이 대부분이다. 따라서 로봇의 이동방향을 결정하기 위해 통상적인 거리센서를 통해 획득된 장애물의 형상 정보를 직접적으로 사용하는 로봇 시스템은 본질적으로 그 움직임이 불안정할 수밖에 없을 것이다. 이것은 장애물의 형상이 불규칙할수록 그리고 로봇에 가까이 위치할수록 더 심하게 될 것이다.

본 논문에서는 레이저센서를 통해 획득된 장애물의 형상정보와 로봇의 현재 위치정보를 이용하여 타원형 형상의 안전영역(ellipse shaped safe zone)을 설정하고, 설정된 안전영역에서 로봇의 움직임은 장축과 단축을 이용하여 제어한다. 즉, 장축방향을 로봇의 이동방향으로 결정하고 그것의 길이를 이용하여 로봇의 속도를 조절한다. 이와 같은 방법은 장애물의 복잡한 형상정보를 직접적으로 이용하지 않기 때문에 로봇의 움직임에 대한 불규칙한 장애물 형상의 영향을 줄일 수 있다. 다음은 본 논문에서 제시하는 알고리즘의 각 단계를 나타낸다.

- step 1. 샘플링 각도(sampling angle)설정(20degree)
  - step 2. 레이저센서를 이용한 거리값 획득
  - step 3. 거리값 정보들의 1차 보간
  - step 4. 각 방향으로 타원형 생성
  - step 5. 목표방향의 타원형 선택
  - step 6. 장축을 이용한 이동 방향/속도 계산
- 불규칙한 형상을 가진 장애물들이 복잡하게 흩어져(scattered)

있는 환경에서 로봇의 이동방향을 생성하기 위해 장애물이 존재하지 않는 안전영역을 Fig. 1과 같이 타원형 형상을 이용하여 설정하는 방법을 사용한다. 먼저 레이저센서를 이용하여 획득한 거리값들을 1차 보간(First Order Hold)을 수행한다. 그리고 타원형의 단축(minor axis)을 임의의 값으로 일정하게 유지한 상태에서 사전에 설정한 샘플링 각(sampling angle)만큼 이동하면서 안전영역을 나타내는 타원형을 생성한다. 여기서 타원형을 생성하기 위해 타원형의 중심은 현재 로봇의 위치값으로 설정하고, 단축길이를 고정시키고 장축 방향의 길이를 장애물이 존재하지 않는 범위 내에서 최대가 되도록 생성한다. 마지막으로 생성된 타원형들 중에서 이동하고자 하는 특정 방향을 결정한다.

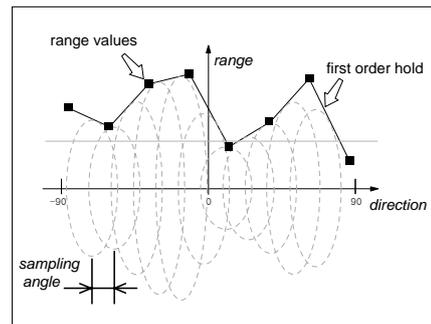


Fig. 1 Safety zone setting using elliptical shape

### 3. 시스템 구성

본 실험에서 사용된 이동 플랫폼은 ActivMedia Robotics의 P3DX를 기반으로 하며, 장착되어 있는 센서는 초음파 센서와 SICK사의 LMS200 레이저센서이다. 본 논문에서 제시한 알고리즘의 검증을 위해 사용된 센서는 장애물의 정보를 정확하게 획득하기 위해 레이저센서를 이용하였다. 로봇의 기본적인 구동은 제공되는 라이브러리 파일을 이용하였으며, 또한 로봇의 내부 상태를 모니터링(Monitoring)하기 위한 GUI (Graphic User Interface)는 랩뷰(LabView)를 사용하여 코딩하였다.

### 4. 시뮬레이션과 실험

시뮬레이션과 실험에 사용된 로봇의 구조와 환경은 최대한 동일하게 구성하였으며, 특정 목표위치로 이동이 아니라 로봇의 궤적의 안정성 여부를 평가하는데 목적이 있다.

시뮬레이션은 MobileSim(by ActivMedia Robotics)을 이용하였으며, 실험결과로서 랩뷰(LabView)로 코딩한 GUI에 수집된 로봇의 궤적을 분석하여 검증하였다. GUI에는 로봇의 궤적과 함께 레이저센서로 획득한 거리값들을 이용하여 장애물의 위치정보도 함께 나타나도록 구성되어 있다.

Fig. 2에서는 비교적 단순한 형태의 벽이 존재하는 통로를 지나가는 환경을 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 생성된 로봇의 궤적을 분석해 볼 때 전반적으로 부드러운 궤적을 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 시뮬레이션 환경을 실제 환경

과 동일하게 설정하여 실제 로봇을 가지고 실험한 결과를 오른쪽 GUI에 표시하였다. 비교적 선이 두꺼워 보이는 부분이 레이저 센서를 이용하여 감지된 장애물이며, 그 사이로 얇은 선이 실제 로봇이 이동한 궤적을 나타낸다. 시뮬레이션 결과와 유사하게 로봇의 움직임이 안정적으로 나타남을 알 수 있다.

Fig. 3에서는 Fig. 2보다 벽의 형상을 좀 더 불규칙하게 설정하여 제시한 알고리즘으로 로봇의 궤적을 생성하여 그 결과를 분석하였다. 로봇이 불규칙한 형상이 존재하는 구간을 통과할 때 생성된 궤적은 불규칙한 형상에 대한 영향을 덜 받으면서 부드러운 움직임을 보인다는 것을 알 수 있다. 또한 오른쪽 실험 결과에서도 로봇은 레이저 센서를 통해 장애물을 인식하고 인식된 장애물 정보를 이용하여 궤적을 시뮬레이션 결과와 유사하게 생성하고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 Fig. 4는 삼각형 형상의 장애물들이 복잡하게 흩어져(scattered) 있는 환경을 가정하여 시뮬레이션을 수행 하였다. 로봇의 궤적이 불안정한 움직임을 보이는 구간들이 부분적으로 존재하지만 대체적으로 불규칙한 장애물의 형상에 크게 영향을 받지 않았다는 것을 알 수 있다. 또한 실험결과도 시뮬레이션 결과와 유사하게 나타남을 알 수 있다.

본 논문에서 제시한 알고리즘을 검증하기 위해 세 가지 시뮬레이션과 실험을 수행하였으며, 그 결과 불규칙한 장애물의 형상에 따라 로봇의 움직임이 다소 불안정해 보이는 구간이 부분적으로 존재한다는 것을 알 수 있었다. 그러나 적용된 알고리즘의 단순성을 감안하고, 실제 시스템에 적용하여 실험한 결과도 시뮬레이션과 유사하다는 것을 볼 때 상당히 만족스러운 결과라고 할 수 있다.

**5. 결론**

본 논문에서는 불규칙한 형상의 장애물들이 존재하는 환경 내에서 로봇이 장애물을 안정적으로 회피할 수 있는 궤적을 생성하는 알고리즘을 제시하였다. 그리고 제시된 알고리즘에 대한 시뮬레이션 및 실험의 목적은 불규칙한 형상의 장애물들이 흩어져있는 환경조건에서 로봇이 얼마나 부드럽고(smooth) 안정적(stable)으로 회피동작을 수행하는 지를 확인하는 것이다.

앞에서 설명한 것과 같이 알고리즘은 비교적 단순하며, 레이저 센서를 통해 획득한 거리값을 사용하여 타원형 형상의 안전영역(safety zone)을 설정하는 방법을 이용하였다. 알고리즘 검증을 위하여 세 가지 시뮬레이션과 실험을 수행하였으며, 생성된 로봇의 궤적을 분석하여 그 타당성을 검증하였다. 비록 생성된 궤적이 부분적으로 불안정해 보이는 구간들이 존재하지만 알고리즘 구현의 단순성을 감안할 때 실제 시스템에 적용 가능성이 높다고 평가할 수 있다.

**후기**

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

**참고문헌**

1. Toshio fukuda and Naoyuki Kubota, "An Intelligent Robotic System Based on a Fuzzy Approach", Proceedings of the IEEE, vol. 87, pp. 1448-1470, Sept. 1999.
2. S. H. Park and B. H. Lee, "Practical Environment Modeling Based on a Heuristic Sensor Fusion Method", Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 200-205, April, 2004.

3. Alessandro Correa Victorino, Patrick Rives and Jean-Jacques Borrelly, "Mobile Robot Navigation Using a Sensor-Based Control Strategy", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea, vol. 3, pp. 2753-2758, May, 2001.
4. Zhao Feng-ji, Guo Hai-jiao and Kenichi Abe, "A Mobile Robot Localization Using Ultrasonic Sensors in Indoor Environment", IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pp. 52-57, 1997.
5. Zou Yi, Ho Yeong Khing, Chua Chin Seng, and Zhou Xiao Wei, "Multi-ultrasonic Sonic Fusion for Mobile Robots", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, pp. 387-391, October 3-5, 2000.
6. Jennings, C., Murray, D., Little, J.J., "Cooperative robot localization with vision-based mapping", Robotics and Automation, Vol. 4, pp. 2659-2665, 10-15 May 1999.
7. Howie C., Ilhan K. and Joel B., "Mobile Robot Navigation: Issue in Implementating the Generalized Voronoi Graph in the Plane", Proceedings of the 1996 IEEE/SICE/RSJ International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems. pp. 241-248, Dec. 1996.
8. Horowitz, Sahni and Anderson-Freed, "Fundamentals of Data Structures in C", Computer science press, 1992.
9. Laurene V. Fausett "Applied numerical analysis using Matlab", Prentice hall, 1999.
10. K. R. S. Kodagoda, W. S. Wijesoma and E. K. Teoh, "Fuzzy Speed and Steering Control of an AGV", IEEE Transaction on Control Systems Technology, vol. 10, pp. 112-120, Jan. 2002.
11. J.-S. R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, Neuro-Fuzzy AND Soft-Computing, Prentice hall., 1997.

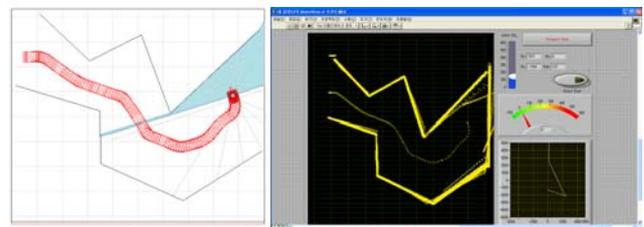


Fig. 2 Simple shaped walls (simulation and implementation)

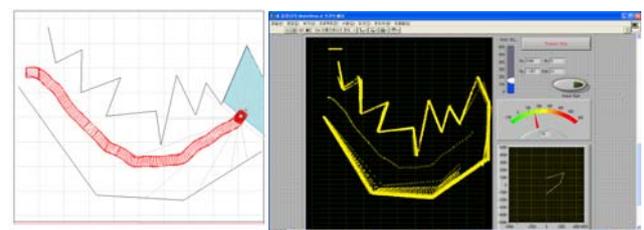


Fig. 3 Complex shaped walls (simulation and implementation)

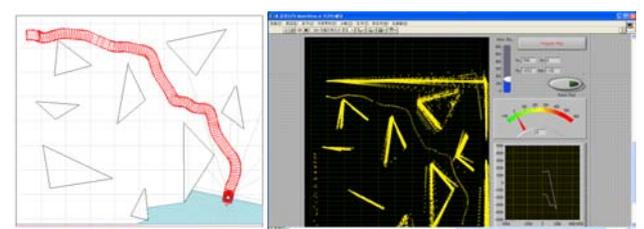


Fig. 4 Scattering triangular obstacles (simulation and implementation)