

실내외 자율주행 모바일 로봇에 적합한 경로 계획 알고리즘 성능 비교를 위한 테스트 플랫폼 개발

김승민*, 송영은*
호서대*

Development of Test Platform to Compare the Performance of Path Planning Algorithms for Indoor-Outdoor Autonomous Mobile Robot

Seung-Min Kim*, Young-Eun Song*
Hoseo University*

Abstract - 최근 자율주행 기술이 상용화되고 상업적인 규모 또한 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 우리는 로커-보기 기반의 새로운 자율주행 모바일 로봇 시스템을 개발했다. 이러한 특징은 인건비 절감과 시간의 효율성 향상을 가져왔다. 본 논문에서는 현재 사용되는 경로 계획 알고리즘인 A*, Dijkstra, RRT*, CCH의 경로 계획 알고리즘을 실내외 자율주행 모바일 로봇에 적용하여 주행 시 성능을 비교 및 분석하기 위한 테스트 플랫폼을 만들었고 그 결과로서 실내외 주행을 위한 로커-보기 기반의 모바일 로봇에 적합한 경로 계획 알고리즘에 대한 방향성을 제시하고자 한다.

1. 서 론

자율주행 기술의 발달은 자율주행과 관련된 여러 형태의 서비스가 발전할 수 있도록 했다. 그중에서도 배송 및 물류 서비스를 위해 하드웨어부터 소프트웨어까지 지속적인 연구 개발이 이루어지고 있다. 여러 기업이 연구 개발을 위해 노력하고 있고 일부 서비스는 상용화 단계에 있다.

실내외와 실외 각각의 환경에서의 주행을 위한 연구는 선행되고 있지만, 실내외 환경을 동시에 주행할 수 있는 형태의 연구는 없었다. 실내외 환경을 동시에 주행할 수 있는 모바일 로봇은 주행 범위의 확장으로 이어지고 인건비, 시간 등 서비스에 필요한 다양한 비용을 줄일 수 있다. 그러나 평평한 지반의 실내 환경과 달리 실외환경은 노면의 경사, 장애물 회피와 같은 문제들로 인해 모바일 로봇이 주행하기에 어려움이 있다. 따라서 우리는 로커-보기 기반의 실내외 자율주행용 모바일 로봇을 개발했다.

로커-보기 기반의 하드웨어를 제작한 후 A*, Dijkstra, RRT*, CCH 네 가지의 경로 계획 알고리즘을 실내외 자율주행 모바일 로봇에 적용한 후 주행 테스트를 통해 적합한 알고리즘이 무엇인지 비교 및 분석해보았다 [1]. A* 알고리즘은 가장 보편적으로 알려진 경로 계획 알고리즘으로 휴리스틱 함수와 함께 사용된다. 그러나 A* 알고리즘은 최적 경로 탐색을 위해 많은 양의 컴퓨터 연산이 필요하다는 단점이 있다[2]. Dijkstra 알고리즘은 시작 지점에서 목표지점까지를 경유하는 모든 노드를 탐색하는 방법으로 출발 노드를 기준으로 각 노드를 지나는 가중치가 최소가 되도록 계속해서 갱신하는 알고리즘이다[3]. RRT* 알고리즘은 트리의 재구성이 가능하여 연산의 수가 증가할수록 최적 경로가 짧아진다는 특징이 있다. 반대로 이러한 샘플링 기반의 경로 계획 알고리즘은 샘플링 수가 적으면 최적 경로가 정확하지 않을 수 있다. 또한 실외에서는 사용이 어렵다는 특징이 있다 [4]. CCH 알고리즘이란 전처리 과정을 통해 컴퓨터의 연산 시간을 줄이기 위한 알고리즘이다. 간선의 가중치를 적절히 선택할 수 있는 특징이 있고 실내외 주행에 가장 적합한 알고리즘으로 보인다 [5].

각각의 경로 계획 알고리즘이 지니는 특징을 이해하고 실내외 자율주행에 적합한 알고리즘을 확인한다면 배송 및 물류 서비스에서 실내외 자율주행 모바일 로봇이 지니는 의미가 클 것으로 예상된다.

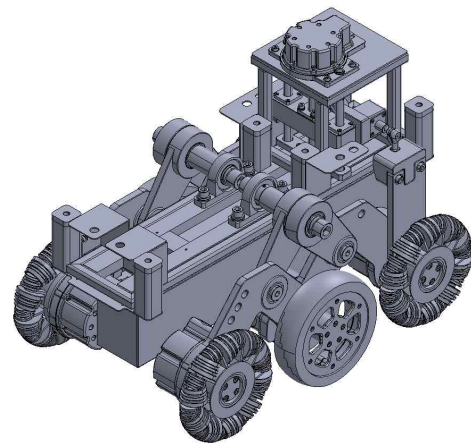
2. 본 론

2.1 실내외 모바일 로봇의 하드웨어 플랫폼

로커-보기를 변형시킨 듀얼 로커-보기 자율주행 로봇을 개발하여 <그림 1> 기구학 해석과 <그림 2> 와 같이 주행 테스트를 진행하였다. 로커-보기는 나사에서 개발한 화성 탐사용 로봇 “로버”의 서스펜션이다. 화성의 험한 지형을 탐사하기 적합하게 설계됐으며 차동기어와 함께 각각의 바퀴가 지면에 닿아 움직이는 형태이다 [6].

로커-보기 서스펜션 구조로 실내외의 주행 시 문제가 되는 낮은 높이의 턱과 경사도를 주행할 수 있게 되었으며 이는 주행 범위의 확장으로 이어졌다. 앞과 뒤의 바퀴는 옴니 휠을 사용하고 옴니 휠 바퀴에는 일반적인 타이어 대신 여러 개의 바퀴가 있어 로봇의 회전 이동을 돕는다. 또한 각 바퀴에는 인휠 모터가 들어 있다.

로봇은 약 50mm 안팎의 단차를 극복할 수 있으며 로봇의 페이로드는 약 60kg이다. 이와 같은 성능을 가지고 경로 계획 알고리즘과 함께 주행 테스트를 진행하여 실제 환경에서의 성능을 비교해보고 실내외 자율주행에 더 적합한 알고리즘을 찾아보고자 한다.



<그림 1> 듀얼 로커-보기 메커니즘



<그림 2> 실내외 자율 주행 로봇 단차 극복 테스트

2.2 경로 계획 알고리즘

모바일 로봇은 안정적인 주행을 하기 위해 사전에 입력된 지도 정보를 바탕으로 주행한다. 라이다 센서를 이용하여 제작된 이 지도는 “HD 맵”으로 불리며 로봇의 정확한 위치추정을 위해 사용된다. 경로 계획 알고리즘은 이 지도 위에 로봇이 주행할 길을 알려주는 알고리즘이다. 경로 계획 알고리즘은 시작 지점과 도착 지점이 주어질 때 교통의 혼잡한 정도, 도로의 노면 상태, 로봇의 회전 이동 수 등을 판단하여 이동 시 가장 적은 시간이 걸리도록 노드들을 이어 준다.

적합한 경로 계획 알고리즘을 찾기 위한 기준 <표 1> 으로 연산에 필요한 메모리, 환경 정보에 대한 반응성, 탐색 시간을 비교하였다. 연산에 필요한 메모리가 커질수록 연산 시간이 늘어나며 알고리즘 설계가 복잡한 것을 의미한다. 이는 로봇이 환경 정보에 대해 빠르게 대응하지 못하는 원인이 될 수 있다. 환경 정보에 대한 반응성이란 모바일 로봇이 주행 중에 실시간으로 변화하는 환경에 얼마나 빠르게 대응할 수 있는지를 의미한다. 실시간 주행 중에는 예상하지 못한 장애물이 튀어나오거나 하는 등의 문제로 빠르게 반응하는 것이 중요하다. 탐색 시간은 시작 지점부터 끝 지점까지의 경로를 계획하는 시간을 의미한다. 빠른 탐색 시간은 주행의 시작이 가능함을 의미하므로 로봇의 전체 주행 시간 감소를 위해 필요하다.

<표 1> 적합한 경로 계획 알고리즘을 판단하는 기준

분류	판단 기준	세부 사항
1	연산에 필요한 메모리	전처리에 필요한 메모리, 경로 계획 과정 중 메모리
2	환경에 대한 반응성	지면의 경사도, 장애물 회피 능력, 주행 안정성 (진동), 노면의 상태
3	탐색 시간	실내에서의 탐색 시간, 실외에서의 탐색 시간

3. 결 론

실내와 달리 실외는 이동 경로에 있는 주행 조건(경사, 바닥 재질, 굴곡 등)이 연속해서 다르게 이어지고, 이는 주행 속도에도 직접적인 영향을 준다. 이러한 부분이 종합적으로 고려된 경로 계획 알고리즘 연구를 통해, 실내외 모바일 로봇에 적합한 자율주행 연구가 요구된다. 본 연구는 실내외 모바일 로봇에 경로 계획 알고리즘들을 적용한 후 주행 테스트 결과를 통해 적합한 알고리즘이 무엇인지 알아보기 위한 테스트 플랫폼 연구이며 실제 주행 테스트를 위해 중요한 의미를 지닌다.

감사의 글

본 과제는 2022년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2021RIS-004)

[참 고 문 헌]

- [1] B.K. Patle, G.Babu L, A. Pandey, D.R.K. Parhi, A. Jagadeesh, “A review: On path planning strategies for navigation of mobile robot”, Defence Technology, 15, 597-600, 2019
- [2] F. Duchoň, A. Babinec, M. Kajan, P. Beňo, M. Florek, T. Fico, L. Jurišica, “Path Planning with Modified a Star Algorithm for a Mobile Robot”, Procedia Engineering, 96, 59-69, 2014
- [3] J.A. Bondy, U.S.R. Murty, “Graph Theory with Applications”, New York: Elsevier, pp. 17-24, 1976
- [4] S. Karaman, E. Frazzoli, “Sampling-based algorithms for optimal motion planning”, The International Journal of Robotics Research, 30, 846-894, 2011
- [5] J. Dibbelt, B. Strasser, D. Wagner, “Customizable contraction hierarchies”, ACM Journal of Experimental Algorithmics, 21, pp. 4-23, 2016
- [6] B.D. Harrington, C. Voorhees, “The challenges of designing the rocker-bogie suspension for the mars exploration rover”, 37th Aerospace Mechanism Symposium, pp. 185-196, 2004.