

경로 비교를 통한 ROS 기반 경로 계획 알고리즘 최적화

남승우, 유경민, 박재원, 백의준, *김명섭

고려대학교

{nam131119, rudals2710, 2018270614, pb1069, tmskim}@korea.ac.kr

ROS-Based Path Planning Algorithm Optimization through Path Comparison

Seung-Woo Nam, Gyeong-Min Yu, Jae-Won Park, Ui-Jun Baek, Myung-Sup Kim*

Korea Univ.

요약

자율 주행 로봇은 서비스, 군사 등 다양한 분야에서 사용되고 있으며 현재 많은 연구에서 더 빠르고 정확한 위치 추정, 더 빠르고 효율적인 경로를 만들어내기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. 에이전트는 센서 장비를 사용하여 주변 환경을 인식하고 인식된 환경을 토대로 자율 주행을 진행한다. 자율 주행 중 센서에 노이즈[1]가 발생하게 되면 경로 계획이 최적해에 도달하지 못할 수 있고, 이는 비효율적인 경로를 생성하게 된다. 본 연구에서는 로봇이 만들어낸 이전 경로와의 비교 기법을 통해 더 효율적인 경로를 채택하여 사용하는 알고리즘을 구현하여 ROS 환경에서 실험을 진행하였다. 실험을 진행한 결과, 단일 알고리즘을 사용하는 것보다 더욱 효율적인 이동을 보여주었고, 이는 목적지까지 더 빠르게 이동하는 결과를 도출하였다.

1. 서론

자율 주행 로봇의 발전은 현대 기술 혁신의 전면에 중요한 역할을 수행하고 있다. 로봇은 다양한 분야에서 필수적인 역할을 수행하며, 서비스 및 군사 분야에서 중요성이 증가하고 있다. 현재 로봇이 더욱 빠르고 정확하게 위치를 추정하고, 최적의 경로를 결정할 수 있는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 자율 주행 로봇이 효율적으로 경로를 계획할 수 있는지에 대한 기술을 탐구한다.

경로 계획은 로봇이 주변 환경을 인식하여 최적의 경로를 계획하는 것이다. 경로 계획 기술은 로봇이 목적지까지 효율적이고 안전하게 이동하기 위해서는 필수적이다. 이때 에이전트의 성능은 주변 환경을 인식하고 이해하는 센서 기술에 크게 의존한다. 하지만 센서에서 발생하는 노이즈는 때때로 경로 계획의 최적화를 방해할 수 있다. 이 문제는 로봇이 비효율적인 경로를 선택하게 하여 임무 수행 시간과 에너지 소모를 증가시킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 로봇이 생성한 이전 경로와 현재 경로를 비교 분석하는 새로운 비교 기법을 제안하고 이를 실험적으로 검증한다.

본 논문에서 제안하는 경로 비교 기법은 센서 노이즈와 기타 불확실성에도 불구하고, 더욱 정확하고 효율적인 경로 결정을 가능하게 한다. 이 알고리즘은 이전에 수집된 데이터와 현재 데이터를 분석하여 최적의 경로를 식별하고 이를 통해 로봇의 전반적인 효율성을 향상시키는 데 중점을 둔다. 실험 결과는 이 방법이 기존 단일 경로 계획 방식에 비해 개선된 성능을 보여준다.

II. ROS Path Planning

본 논문에서의 자율 주행 시스템을 실험하기 위해 ROS2(Robot Operating System) 기반으로 구축하였다. ROS는 로봇 소프트웨어 개발을 위한 유연하고 강력한 프레임워크이며 다양한 기능을 제공한다.

자율 주행 환경을 구축하기 위해서, 시뮬레이션 환경을 구축할 수 있는 Gazebo Simulator를 사용하였다. Gazebo Simulator는 로봇공학 연구와 개발을 위한 강력한 3D 시뮬레이션 플랫폼이다. 이 시뮬레이터는 복잡한 실내 및 실외 환경에서 로봇의 설계, 테스트, 개조를 수행할 수 있으며 고

본 논문은 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력 기반 지역혁신 사업(2021RIS-004)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0024177, 2023년 지역혁신클러스터육성)을 받아 수행된 연구임.

도의 확장성과 모듈화를 지원한다. 이 시뮬레이터를 통해 로봇이 주행할 환경을 구축하고, 주행 환경에 로봇을 불러와서 환경을 구축하였다.

환경을 구축한 뒤, SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)과 Navigation을 사용하여 구역을 주행하였다. SLAM은 로봇이 전체 주행 환경을 인식하기 위해 센서를 통해 맵을 그려내는 기술이다. SLAM을 통해 그려낸 맵은 pgm 형식 파일이며 파일 안에는 헤더 정보(맵 크기, 픽셀 최대값)와 픽셀 데이터(맵 정보)로 구성되어 있다. 픽셀 값은 0 ~ 255 사이로 값이 작을수록 장애물에 가깝다. Navigation2는 주행 환경에서 자율적으로 길을 찾고 이동하는 데 필요한 기능이다. Navigation2 안에는 nav2 costmap 2d, nav2 navfn planner 등 다양한 기능이 존재하는데, 그 중 nav2 costmap 2d는 2차원 맵과 센서 정보를 사용하여 2차원 비용 지도(costmap)[3]를 만들어내는 패키지이다. 비용 지도는 장애물에 따라 값이 설정되며 값이 클수록 장애물이 존재할 확률이 크다는 것을 의미한다. 그림 1은 비용 지도 값을 시각화한 사진이다. nav2 navfn planner는 ROS2에서 사용하는 경로 계획을 위한 플래너이다. 경로 계획 시 Dijkstra, A* 알고리즘 등을 사용하며 시작 지점과 목적지를 연결하는 최적의 경로를 만들어낸다. 경로는 좌표의 정보가 담긴 Pose 객체들로 이루어진 시퀀스이다.

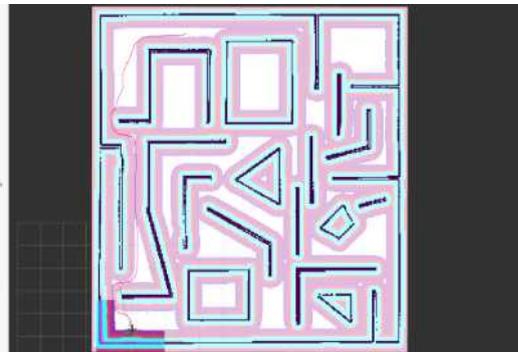


그림 1. 비용 지도 값을 2차원 맵에 시각화한 모습

III. 경로 비교 기법

경로 계획 알고리즘은 비용 지도를 활용하여 최적의 경로를 계획한다. 비용 지도는 2차원 맵과 로봇의 센서 정보를 기반으로 2차원 배열로 생성된다.

배열 안에는 장애물이 있을 확률에 대한 정보가 들어가게 되며 이러한 비용 지도를 사용하여 경로를 계획한다.

비용 지도는 2차원 맵과 센서 정보를 기반으로 만들어지게 되는데, 만약 센서에 노이즈가 발생하면 비용 지도가 실제와 다르게 만들어질 수 있다. 또한 실제 환경인 3차원을 2차원으로 그려낸 맵을 사용하기 때문에 정확도는 떨어지게 되고, 이는 경로 계획 최적화에 방해할 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 경로 비교 기법 두 가지를 경로 계획 알고리즘에 추가하여 경로 최적화 기법을 제안한다.

1) 경로 길이 비교

navigation2를 사용하여 경로 계획을 진행할 때 로봇은 주기적으로 비용 지도를 만들고 이를 통해 경로 계획을 진행한다. 주기적으로 비용 지도를 만들고 경로 계획을 하기 때문에 매번 전역 최적해에 수렴하지 않을 수 있으며 지역 최적해에 수렴할 수도 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 경로를 새로 만들 때, 이전 경로보다 길이가 클 경우 이전 경로가 더 효율적이라고 판단하고 새 경로는 사용하지 않고 이전 경로를 사용한다.

2) 비용 지도를 통한 경로 품질 측정

선행된 1) 방법론의 경우 동적 장애물로 인하여 만들어진 새 경로는 고려하지 않는 단점이 존재한다. 이러한 문제점을 로봇이 바뀐 전역 환경이나 동적 장애물에 대해 고려하지 않기 때문에 심각한 문제를 초래할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 비용 지도를 통한 경로 품질 비교를 진행한다. 이전 경로와 새로 만들어진 비용 지도를 사용하여 이전 경로의 품질을 측정한다. 이전 경로가 현재 비용 지도에서 장애물을 지나가는 경로라면 이는 로봇이 이동할 수 없는 경로이므로 사용하지 않고 현재 경로를 사용한다. 그림 2는 경로 품질 측정의 슈도 코드이다.

Algorithm 1 Path Quality Comparison Algorithm

```

if len(pre_path) < len(cur_path):
    for x, y in pre_path:
        if cur_costmap[x][y] > obstacle:
            return cur_path
    return pre_path
else:
    return cur_path

```

그림 2. 경로 품질 측정의 슈도 코드

IV. 실험 결과

제안한 실험 환경을 구축하기 위해 ubuntu 20.04에 ROS2 foxy 버전을 설치하고 Gazebo 시뮬레이터를 활용하여 1450 x 1325 (cm) 크기의 3차원 맵을 구성하였다. 구성된 맵 위에 터틀봇을 불러오고 SLAM을 사용하여 2차원 맵을 작성하여 저장하였다. 그 후 navigation2 패키지를 사용하여 기존 알고리즘, 제안한 알고리즘 각각 로봇의 최대 속도를 0.26 m/s 로 설정하고 목적지를 설정한 후 경로 계획을 진행하고 이동 시간을 측정하였다. 로봇은 이동할 때 1초마다 새로운 경로를 계획한다. 출발지는 그림 1에서 맵의 왼쪽 아래의 로봇 모양이 출발 위치이고 목적지는 그림 내 경로의 끝부분이다. 표1에 각 알고리즘 별 실험 결과를 정리하였다.

실험은 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘을 각각 10번씩 테스트를 진행하고 각 테스트의 이동 시간과 평균, 편차를 정리하였다. 기존 알고리즘은 경로 이동 시 주기적으로 만들어내는 경로가 이전 경로보다 높게 나온 횟수, 즉 이전 경로보다 비효율적인 경로를 만들어낸 횟수는 평균 17번으로

| Attempt | Previous Algor | Proposal Algor |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| | Time(sec) | |
| 1 | 68.65 | 69.81 |
| 2 | 71.02 | 69.10 |
| 3 | 68.92 | 68.41 |
| 4 | 68.89 | 67.67 |
| 5 | 70.01 | 68.73 |
| 6 | 68.57 | 68.76 |
| 7 | 73.56 | 69.26 |
| 8 | 69.20 | 68.43 |
| 9 | 68.49 | 67.97 |
| 10 | 68.41 | 68.83 |
| Ave (Deviation) | 69.572 (1.619) | 68.697 (0.622) |

표 1. 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘 주행 시간 비교

도출되었다. 평균 이동 시간이 약 70초이며 이는 약 4초에 한 번씩 이전 경로보다 비효율적인 경로가 계획되어 사용되는 것으로 볼 수 있다. 제안한 알고리즘은 시간이 지남에 따라 점진적으로 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, 기존 알고리즘은 빈번히 경로가 줄었다가 다시 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

기존 알고리즘의 경우 시간이 평균보다 약 4초 더 길게 시간을 소요한 시도도 존재했으며 편차를 확인했을 때 기존 알고리즘의 주행 시간 일관성이 제안한 알고리즘보다 낮다. 또한 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 평균 시간 차이는 0.875초이며 로봇의 주행 거리가 늘어날수록 시간 차이도 더욱 늘어날 것으로 예상된다.

V. 결론

본 논문에서는 자율 주행 로봇의 경로 계획 최적화를 위한 새로운 알고리즘을 제안하고, 이를 ROS2와 Gazebo 시뮬레이션 환경에서 실험적으로 검증하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 단순 경로 계획 방식을 개선하여, 이전 경로와 새로 계획된 경로의 비교를 통해 더욱 효율적인 이동 경로를 선택할 수 있는 경로 최적화 기법을 도입하였다. 실험 결과, 제안한 알고리즘은 경로 길이가 기존 알고리즘에 비해 점진적으로 감소하는 경향을 보이며, 로봇의 주행 시간 또한 기존 알고리즘에 비해 단축되는 효과를 확인할 수 있었다.

추후 연구에서는 경로 계획 알고리즘의 처리 속도와 효율성을 높이기 위한 방안을 모색하고, 경로의 품질 평가를 더 세부적으로 분류하고 효과적인 품질 평가 체계를 제안해보고자 한다. 또한 실제 하드웨어에서의 적용 가능성을 탐구하여 실용적인 로봇 응용 분야로 확장하는 것이 중요할 것이다.

참고 문헌

- [1] PARK, Hong-Sun; CHOI, Joon-Ho. Signal Compensation of LiDAR Sensors and Noise Filtering. *Journal of Sensor Science and Technology*, 2019, 28.5: 334-339.
- [2] MARTÍN, Francisco, et al. Plansys2: A planning system framework for ros2. In: *2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE, 2021. p. 9742-9749.
- [3] GATESICHAPAKORN, Sukkpranhachai, et al. ROS-based mobile robot pose planning for a good view of an onboard camera using costmap. In: *2019 10th International Conference of Information and Communication Technology for Embedded Systems (IC-ICTES)*. IEEE, 2019. p. 1-6.