

Lidar 센서를 이용한 개선된 RRT기반 UAV의 경로계획 기법 제안

김훈희, 신수용

금오공과대학교

sdgo2363@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

Proposed Path Planning for Improved RRT-Based UAVs Using Lidar Sensors

Kim Hoon Hee, Shin Soo Young*

Department of IT Convergence Engineering Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 Lidar를 사용한 개선된 RRT기반의 UAV 경로 계획 기법을 제안한다. 제안된 RRT는 P-DRRT*로써 DRRT*(Dynamic-Rapidly Random Tree)와 APF(Artificial Potential Field)를 결합한 방식으로 DRRT*의 동적 장애물 회피 및 경로 재생성에 대한 장점과 APF의 목적지를 향한 방향성을 추가하여 UAV의 경로 계획에 적용할 수 있도록 한다. 주변 환경을 감지하기위해서 Lidar센서(Rplidar_S1)를 사용하였고 경로 및 지도를 시각화하기 위해서 빠른 탐색에 유리한 Hector Slam을 사용한다.

I. 서 론

최근 UAM(Urban Air Mobility)의 사업과 무인 항공체에 대한 많은 관심으로 UAV에 대한 연구가 활발해지고 있다. UAV는 UAM과 무인 항공기처럼 첨단 ICT의 집약체라고 할 수 있다. 그 만큼 범죄 감시, 화재 진압, 농작물 방제, 운송, 탐색, 무기까지 활용 범위가 넓다.[1] UAV가 다양한 산업에 사용이 되면서 UAV 자체의 장애물 회피, 경로 계획은 필수가 되었다. 본 논문에서는 경로 계획 알고리즘 중에서 샘플링 기반 RRT를 보완한 알고리즘을 제안하고 Lidar 센서를 이용한 UAV의 자율비행에 적용해본다. 개선된 RRT는 P-DRRT*로써 인공 전위장을 이용한 RRT이다. 목표 지점에 대한 Attractive Potential Field를 사용한 빠른 목적지 도달과 장애물에 대한 Repulsive Potential Field를 사용한 안전한 장애물 회피, DRRT*의 동적 환경에서의 장애물이 없는 경로와 효과적인 경로 재생성이 알고리즘의 핵심이다.

II. 본 론

본론에서는 장애물 회피 및 경로 계획을 위한 P-DRRT* 알고리즘에 기초가 되는 APF, RRT*, DRRT* 알고리즘에 대해 설명하고 UAV의 새로운 경로 탐색 기법을 제안한다. 먼저 기본적인 시스템 구성으로 UAV는 Bebop2를 사용하고 주변의 환경을 감지하기 위해서 2D Lidar Sensor인 Rplidar_S1 제품을 사용하며, 경로 및 지도를 시각화하기 위해서 비교적 연산이 빠른 Hector Slam을 사용한다.

1. P-DRRT* Algorithm

P-DRRT* 알고리즘은 APF(Artificial Potential Field)와 DRRT*(Dynamic Rapidly Random Tree)의 결합이다. DRRT*는 RRT*가 개선된 알고리즘으로 동적 환경에서 장애물이 없는 RRT 경로를 생성

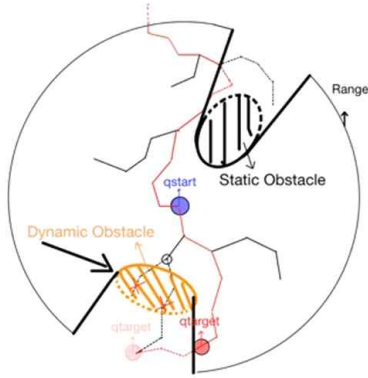
하고 APF는 인공 전위장 Attractive Potential과 Repulsive Potential을 이용하여 장애물 회피와 목표 지점에 대한 방향성을 제시한다.

1-1. RRT* algorithm

RRT 알고리즘은 공간 내 무작위한 점들을 이어 노드 사이에 장애물이 없으면 경로에 추가하지 않는 방식으로 장애물이 없는 경로를 만든다. RRT*는 RRT의 무작위적인 경로 생성에서 최적성 문제를 보완하기 위해 개선된 알고리즘으로 Rewire의 개념이 추가된 것이다. Rewire는 기존에 생성된 RRT경로에 비효율적인 문제를 고려하여 경로를 재생성하는 것이다. Rewire를 통해 새로 갱신된 점들을 이어 목적지에 보다 최적화된 경로를 생성한다.[2]

1-2. DRRT* algorithm

DRRT* 알고리즘은 초기에 RRT*와 같은 방식으로 생성되고 장애물에 의해 영향을 받은 노드에 대해서 무효화 과정을 거치고 최근 영향을 받은 노드 근처에서 재생성이 이루어진다. [그림 1]은 DRRT*의 생성 과정을 나타낸 그림이다. UAV는 qstart에서 시작하여 초기 생성된 RRT경로를 따라 센서 범위의 끝에서 감지된 qtarget까지 움직이는 경로 계획을 세운다. 정적 장애물만 구성된 공간에서는 RRT*만으로 경로를 구성하여 움직일 수 있다. 그러나 동적 장애물이 포함된 구성 공간에서는 기존의 RRT* 알고리즘으로는 장애물이 없는 경로를 생성할 수 없기 때문에 장애물에 의해 가려진 무효한 경로를 수정하여 재생성해야 한다. UAV가 경로를 따라 움직이면 Lidar로 얻어진 정보에 의해 주변 환경이 변하게 되고 미리 생성되었던 경로 사이에 장애물이 등장하면 장애물에 의해 영향을 받은 경로가 무효화되며 최근 영향을 받았던 경로 근처에서 경로를



[그림 1] DRRT*의 경로 계획

Lidar센서의 Range와 UAV의 초기 위치, 정적 장애물, 동적 장애물, 경로를 나타낸다.

수정 및 재생성하여 바뀐 Range 끝의 qtarget으로 갈 수 있도록 경로가 생성된다. 기존의 RRT*보다 재계산의 연산을 줄이고 동적 환경에서 장애물이 없는 경로 생성이 가능하다.[3]

1-3. APF algorithm

A. Attractive Potential Field

Attractive Potential은 [그림 2]와 같이 출발지점 a와 도착지점 b 사이에 가상의 Field를 형성하여 UAV의 목표 지점을 향한 방향성을 제시해준다. 거리가 줄어들수록 이 값은 0에 가까워진다. [그림 3]은 RRT*(좌)와 P-RRT*(우)의 차이점을 보여준다. 목적지를 찾아 사방으로 퍼지는 RRT*와는 다르게 P-RRT*는 목적지를 향한 방향성이 있어서 빠른 도달이 가능하다. 중력 전위장은 식(1), UAV에 가해지는 힘은 식(2)와 같이 표현된다.[4]

$$x) = a_0 |X - X_h|^m \quad (1)$$

$$F_a(X) = -U_a(X) \quad (2)$$

B. Repulsive Potential Field

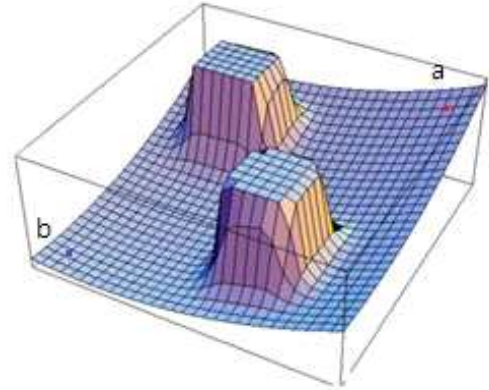
Repulsive Potential Field는 Attractive Potential Field와 반대로 휘어진 형태의 Field를 말한다. 이는 UAV와 장애물 사이에 형성되어 장애물을 자연스럽게 회피할 수 있도록 한다. UAV와 장애물 사이의 거리가 멀어질수록 이 값은 0에 가까워진다. 장애물에 대한 반발 전위장은 식(3), 반발력은 식(4)와 같이 표현된다.

$$U_o(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} K_0 \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right]^2, & d < d_0 \\ 0, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (3)$$

$$F_o(x) = -U_o(X) \quad (4)$$

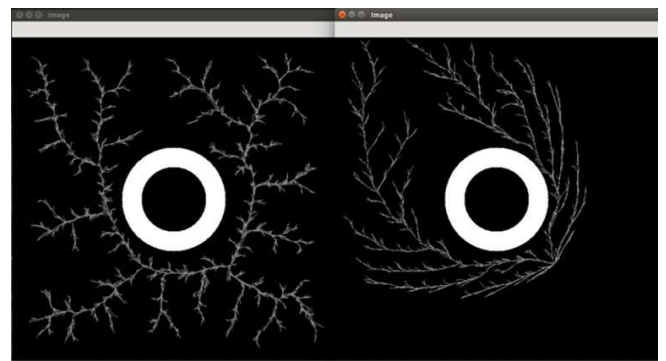
III. 결론

본 논문에서는 개선된 RRT를 이용하여 UAV의 새로운 경로 계획 기법을 제안한다. DRRT*의 장점과 APF의 장점을 결합하여 기존의 DRRT*의 무작위한 생성보다 목적지를 향한 경로 계획이 가능하다. 이 알고리즘을 UAV에 적용하여 동적 환경에서의 장애물 회피 비행이 가능하지만



[그림2] APF의 Attractive와 Repulsive potential field

a와 b사이의 Attractive potential field와 두 개의 장애물을 나타내는 Repulsive potential field



[그림3] RRT*(좌)와 P-RRT*(우)의 비교

P-RRT*의 목적지를 향한 방향성을 가진 경로 계획을 보여준다.

현재는 2D 경로 계획 알고리즘으로 UAV의 2차원적인 움직임에만 적용이 가능하다. 따라서 향후 계획으로 2D 경로 계획 알고리즘을 3차원으로 확장하여 상하 장애물 회피가 고려된 경로 계획을 완성한다.

ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT연구센터) 사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2021-2020-0-01612)”

참고문헌

- [1] Quan, Lun, et al. "Survey of UAV motion planning", IET Cyber-systems and Robotics 2.1, pp. 14-21, 2020
- [2] Noreen, Iram, Amna Khan, and Zulfiqar Habib. "A comparison of RRT, RRT* and RRT*-smart path planning algorithms." International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS) 16(10):20, 2016
- [3] Liang Lu, Chengxing Zong, Xinyu Lei, Bozhi Chen and Ping Zhao "Fixed-Wing UAV Path Planning in a Dynamic Environment via Dynamic", Mechanism and Machine Science, pp. 271-282, 2017
- [4] Sang, Hongqiang, et al. "The hybrid path planning algorithm based on improved A* and artificial potential field for unmanned surface vehicle formations." Ocean Engineering 223:108709, 2021