

ESCL Lab LIG Project - 충돌회피

전세영

June 3, 2021

1 필요성

LIG과제를 수행함에 있어서, UAV간 충돌을 방지할 충돌회피 알고리즘 필요.

2 조건

1. 인접 UAV가 존재할 경우 충돌 위험성을 스스로 판단하고, 회피하는 알고리즘이어야 함.
2. 적정 수준의 조건에서는 이론적으로 확실한 회피를 보장해야 함.
3. 고정익과 회전익 모두에 적용될 수 있는 알고리즘이어야 함.
4. UAV기체의 Spec(최소 회전반경 ρ , Cruise velocity v_0)가 반영되어야 함
5. 가능한 단순하고, 최소한의 변화로 회피하여야 함.
6. 회피상황 발생시, 좌측에 있는 UAV가 우측의 UAV를 우향 회피하여야 함.
7. 회피이후 본래의 MISSION경로로 복귀하여 MISSION 재수행.

3 기존 리서치 조사

"A Fast Obstacle Collision Avoidance Algorithm for Fixed Wing UAS" - Zijie Lin, Lina Castano, and Huan Xu Member, IEEE

인접 UAV와 나 사이의 상대 속도, 상대 위치를 활용하여 충돌여부를 파악, 회피정도를 결정하는 알고리즘.

- 등속 조건에서 각도만 꺾어 수행하는 알고리즘.
- 위험 감지 시, 회피 시작시간까지 대기. 이후 최대 한도로 각도를 꺾어 회피.
- 돌려야 할 각 θ 를 결정.
- 정지 물체의 회피를 이론적으로 보장.
- 사실상 최단거리가까운 회피를 보장.

- 현행의 여타 최적화 알고리즘(A* 등)에 비해 컴퓨팅시간 90% 절약. potential field 알고리즘에 비해 66% 절약.

이상 위의 특징들이 이번 LIG과제의 조건과 가깝기 때문에 본 논문의 연구를 시작점으로 과제상황 해결을 시켰습니다. 이상 위 논문의 알고리즘을 Fastest Geometry Avoidance(FGA)로 부릅니다.

4 연구 적용

4.1 MATLAB 원시코드 작성

[사진 or 코드]

4.2 ROS/Gazebo 이용하여 원시코드작성 및 SITL 수행

[사진 or 코드]

FGA알고리즘에 미흡한 부분들을 개선하고, LIG 과제 상황에 맞게 조정하였습니다.

4.2.1 LIG과제상황에 맞게 조정해야할 부분 및 추가적으로 고려가 필요한 사항

- FGA알고리즘의 가정은 좌/우 회피가 가능하나, 이번 LIG과제에서는 국제 기준에 따라 우향회피만하여 피해야 하기 때문에 기존의 방식을 그대로 적용하면 회피보장이 깨집니다. 우향회피만 가능한 상황을, 알고리즘에 다시 반영해 회피를 보장하도록 조정해야 함.
- 회피와는 별개이나, 7번조건을 만족하기 위해, 회피이후 추가적으로 MIS-SION선상으로 복귀하는 알고리즘 개발 필요.

4.2.2 FGA알고리즘의 문제점

1. FGA 알고리즘은 상대좌표계에서 등속, 원형궤적으로 회피를 합니다. 따라서 실제 좌표계 상에서는 원형궤적으로 회피하지 않으나, 마치 그러한 것처럼 가정하여 논리가 전개되었습니다. 이 때문에, 속도를 가진 장애물에 대해서 회피를 보장하지 못하는 문제가 발생합니다.
 - 실제 기체의 spec은 실제 좌표계 상에서 의미가 있는 것이기 때문에, 회피 성능이 떨어지고, 가정에 어긋나는 상황들이 생김. 이에 따라 정지 물체의 회피는 100% 보장하나, 등속으로 이동하는 물체에 대해 회피를 보장하지 못 함.
2. 상대좌표계에서 등속이기때문에, 상대좌표계상에서 속도벡터가 회전하면, 절대좌표계상에서 속도의 크기가 변함. (등속 가정에 어긋나는 부분)
3. 실제 속도의 방향이 변함에 따라 상대속도의 크기가 변하는데, 이에 대한 고려가 없음.

이상 위와 같은 문제들로 인해 동적인 장애물에 대해 사실상 회피를 보장하지 않는다는 문제를 발견하였고, 등속 운동으로 회피하지 않는 문제가 있었음.
(사실상 정적 물체에 대해 유효한 알고리즘)

4.3 문제점 개선

1. 실제 좌표계에서 원형궤적으로 회피하게끔 개선. 이에 따라 회피조건과 실제spec과 잘 맞음.
2. 절대좌표계에서 등속이게끔 하였음. 따라서 상대좌표계에서 회전에따라 상대속도의 크기는 변하나, 절대속도의 크기는 일정. (가정을 충족)
3. 회전에 따라 상대 속도의 크기가 변하기때문에, 늦은 회피가 발생할 수 있다는 잠재적 문제가 있음. 이 문제는 미리 어느정도 상대속도회전에따른 크기 변화를 계산하여 가장 큰 값을 사용하는 방식으로 문제 해결.

4.4 회피와는 별개로 추가한 알고리즘 (MISSION 경로선상으로의 복귀)

- 6번 조건을 충족시키기 위해 Waypoint로 최대한 빠르고 안전하게 도달하게끔 하기 위한 알고리즘을 추가로 개발하였음.
- MISSION경로선상에서 ρ 이상 떨어진 경우, 최단거리점을 향해 수직으로 이동하고, ρ 이내로 접근시, 점차적으로 MISSION경로선상으로 방향을 회전
- P-Control 적용하였음.(INPUT : 수직거리/ ρ , OUTPUT : 경로선상에 수직 한 방향속도.)

5 성과

2개의 동적인 uav가 90도각도로 접근하여 충돌예정일때, (고정익간,회전익간, 고정익/회전익간 충돌 각각) 고정익의 $V_0=10.0$ [m/s], 회전익의 $V_0=5.0$ [m/s] 적용하고, 회피보장거리 $d_m = 10.0$ [m]로 ROS/Gazebo SITL 수행. 결과 2개의 동적인 UAV충돌에 대해서 의도된 회피기동을 정상적으로 수행하고, 9.7 [m]이내로 접근하는 경우는 없었음. 이후 MISSION 경로선상으로 복귀.

[회피그래프 or 영상]

- FGA 논문에서 보장하지 않던 동적인 장애물까지에대해서도 회피를 보장하게끔 확대.
- 등속운동하는 장애물에 대해서도 회피를 이론적으로 보장.
- 회피 이후 MISSION경로선상 복귀. 복귀 시 통상 1회의 overshoot만으로 MISSION선상으로 복귀.
- 가능한 단순하고, 최소한의 움직임으로 구현하였기 때문에, 조금 복잡한 상황에서도 부분적 회피를 기대할 수 있음. 회피대상이 등속이 아닌, 회전 중인 경우에도 부분적으로 회피가 가능함. 이는 3개 동시 충돌 및 동시회피와 같은

상황에서 회피대상이 회전하는 경우가 발생하는데, 이 경우에도 10m내부인 7.6m수준까지만 접근하는 수준으로 회피.

6 Reference

- Lin, Zijie, et al. "Fast 3d collision avoidance algorithm for fixed wing uas." Journal of Intelligent & Robotic Systems 97.3 (2020): 577-604