

영상기반 드론 인지를 통한 편대비행 및 장애물 회피 알고리즘 개발

장지호¹, 이선일¹, 이현범^{1*}

¹경북대학교

twa04047@naver.com, lseon0392@gmail.com, *hbeomlee@knu.ac.kr

Drone Formation Flight and Obstacle Avoidance Algorithm using on Vision-Based Drone Detection

Ji-Ho Jang¹, Seon-il Lee¹, Hyeonbeom Lee^{1*}

¹Kyungpook National University, Korea

요약

본 논문은 숲이나 고층 빌딩 옆 등 GPS 수신에 어려운 환경에서 영상 기반으로 드론의 위치를 추정하여 편대비행을 하는 장애물 회피 알고리즘을 제안한다. 리더 드론은 LiDAR 센서를 사용하여 장애물을 피해 안전한 경로를 생성 및 주행한다. 팔로워 드론은 깊이카메라를 사용하여 주행하는 리더 드론을 대상으로 객체 인식 및 추적한 뒤, 자신의 목표지점을 찾는다. 이후 저주파 통과 필터를 적용하여 부드러운 경로를 생성한다. 이 연구는 통신이 힘든 환경에서는 물론, 장애물 회피 주행을 위해 모든 드론이 고가의 센서와 컴퓨터를 필요로 하지 않아 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

I. 서론

최근, 여러 대의 드론이 대형을 맞추어 주행하는 연구[1]가 지속되고 있다. 드론 편대 비행이라 불리는 연구는 무게가 무거운 물체를 옮기기 위한 협업 운송[2], 효율적인 지역 탐사 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 대부분의 군집 드론은 GPS 등 통신을 이용하여 현재 좌표와 경로를 공유하여 주행한다. 하지만 통신은 도심의 빌딩 옆이나 숲에서 오차가 심해져 제 기능을 못할 수가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문은 통신이 없는 삼각편대 비행 방법을 제시한다.

II. 본론

본 논문에서는 3대의 드론이 서로간의 통신 없이 삼각 대형을 유지하며 장애물을 회피하는 시뮬레이션 기반 연구를 소개한다. 본 연구는 다음과 같은 단계로 실행된다.

1) 시뮬레이션 환경

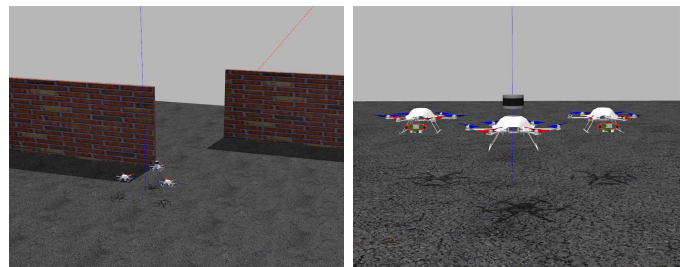
시뮬레이션 환경으로는 Ubuntu 18.04 OS에서 ROS Melodic를 사용한다. 드론 시뮬레이션 툴은 RotorS Simulator[3]를 사용한다.

2) 리더 드론의 경로생성

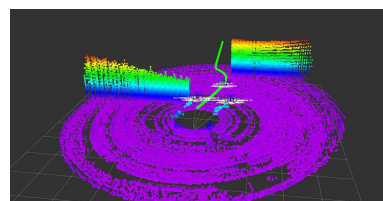
선두에 있는 리더 드론은 LiDAR를 기반으로 SLAM을 수행한다. 드론 상단에 Velodyne LiDAR VLP-16을 탑재한 후 포인트 클라우드 데이터를 사용하여 지도를 작성한다. 그 후 FCL을 활용하여 따라오는 팔로워 드론의 반경까지 고려했고, RRT* 기반의 경로생성 알고리즘을 사용하여 장애물을 회피하며 주행한다. 여기서 사용된 경로계획법으로는 OMPL(Open Motion Planning Library)[4]이 적용되었다.

3) 리더 드론 탐색 및 추적

리더 드론이 주행하는 동안 뒤에서 따라가는 드론은 팔로워 드론이라



[Fig. 1] (a) GAZEBO 시뮬레이션에서 확인한 실제 주행 환경 (b) VLP-16을 탑재한 리더 드론과 VI-Sensor를 탑재한 팔로워 드론

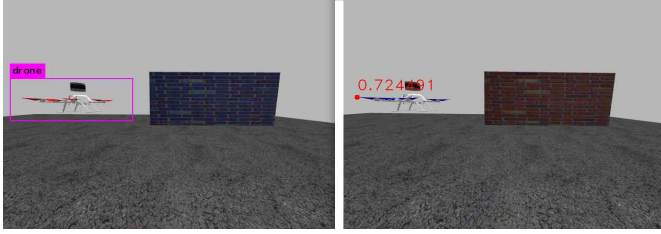


[Fig. 2] Rviz에서 확인한 LiDAR의 포인트 클라우드와 RRT*를 통해 생성된 경로

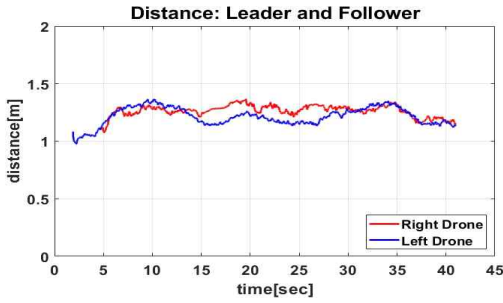
불린다. 팔로워 드론 전방에 깊이카메라인 VI-Sensor를 탑재한다. 리더 드론을 탐색 및 추적을 수행하기 위해 darknet_ros package[5]를 사용한다. 해당 패키지는 드론에 대한 학습가중치가 없기 때문에 YOLO v4로 드론만을 학습시킨 가중치를 사용해 리더 드론을 인식하여 bounding box를 생성한다.

4) 팔로워 드론의 목표좌표 추정

이어서 팔로워 드론의 목표좌표를 찾기 위한 방법을 소개한다. 우선 팔로워 드론을 원점으로 한 리더 드론의 상대 좌표를 찾는다. 리더 드론은 크기가 작고 중간에 비어있는 부분이 많기 때문에 bounding box의 중앙 좌표를 이용할 경우 깊이 정보를 추출할 때 잡음이 심해진다. 이를



[Fig. 3] (a) YOLO v4를 사용하여 리더 드론을 인식하고, Bounding Box를 생성 (b) Bounding Box 내에서 깊이의 최솟값에 해당하는 픽셀 좌표 지점



[Fig. 4] 리더 드론과 팔로워 드론 사이 거리를 나타낸 그래프

해결하기 위해 bounding box 내에서 깊이의 최솟값을 구한다.

이어 깊이의 최솟값에 해당하는 픽셀 좌표를 찾는다. 픽셀 좌표를 3차원 카메라 좌표계로 변환하는 식은 다음과 같다.

$$X^C = Z^C \times \frac{x - p_x}{f_x} \quad Y^C = Z^C \times \frac{y - p_y}{f_y} \quad (1)$$

X^C, Y^C 는 카메라 좌표계의 값에 해당하며, Z^C 는 카메라 좌표계의 깊이 정보, x, y 는 픽셀값, f_x, f_y 는 카메라의 초점거리, p_x, p_y 는 카메라의 중심 좌표를 뜻한다. 그 후 카메라 좌표계를 관성좌표계로 변환한다. 식은 다음과 같다.

$$[X^I \ Y^I \ Z^I]^T = R[X^C \ Y^C \ Z^C]^T \quad (2)$$

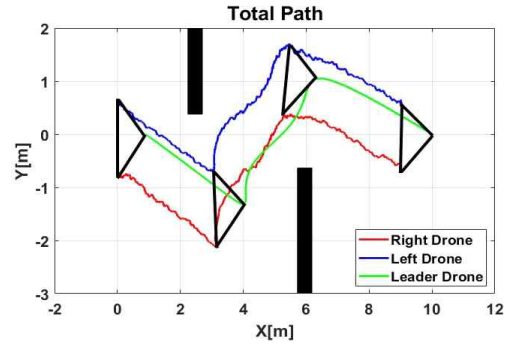
X^I, Y^I, Z^I 는 관성좌표계로 변환한 리더 드론의 상대좌표값, R 은 회전 행렬이다. 리더 드론의 상대좌표에 팔로워 드론의 절대좌표를 더하여 리더 드론의 절대좌표를 구한다. 그 후 삼각 대형을 형성하기 위한 팔로워 드론의 좌표를 구하기 위해 각 좌표값에 일정 상수를 더한다. 이 좌표를 팔로워 드론에 목표지점으로 보내어 삼각 대형을 유지한다. 이를 통해 [Fig. 4]에서 리더 드론과 팔로워 드론의 거리가 약 1.25m로 유지되는 것을 확인할 수 있다. 또한 [Fig. 5]에서 삼각대형이 유지된 채로 장애물을 피해가는 것을 확인할 수 있다.

5) 저주파 통과 필터

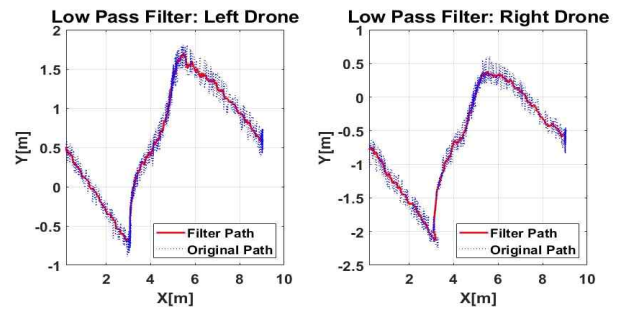
드론이 주행할 때 불안정한 흔들림으로 인해 bounding box에서 추출한 point 좌표는 잡음이 심해진다. [Fig. 6]의 파란색 그래프가 기존에 생성되었던 팔로워 드론의 경로다. 잡음을 줄이고 부드러운 경로를 생성하기 위해 저주파 통과 필터를 적용한다. 계산된 값을 다시 팔로워 드론에 목표지점으로 보내면 [Fig. 6]의 빨간색 그래프와 같이 부드러운 경로를 생성하며 주행할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 통신 없이 깊이카메라 기반으로 리더 드론의 위치를 추정하여 안전하게 장애물을 피하는 삼각편대 비행을 소개하였다. 통신이 불가능한 환경에서 활용되는 것은 물론이며, 장애물 회피 주행을 위해 모든



[Fig. 5] 장애물을 회피해 주행하는 3대의 드론 주행 경로로, 삼각 대형을 유지하고 있다.



[Fig. 6] 파란색 점선은 저주파 통과 필터를 적용하기 전 팔로워 드론의 목표좌표, 빨간색 실선은 저주파 통과 필터를 적용한 후 팔로워 드론의 목표좌표

드론에 고가의 센서와 컴퓨터를 탑재할 필요가 없어 상업용으로 활용될 가능성도 높다. 이러한 연구는 향후 물류창고 내 물류운반, 동굴과 같은 환경에서의 탐사 등 다양한 분야에 응용될 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2021R1A6A1A03043144)

참 고 문 헌

- [1] F. Schilling, F. Schiano, and D. Floreano, "Vision-based Drone Flocking in Outdoor Environments," IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), vol. 6, no. 2, pp. 2954-2961, 2021.
- [2] H. Lee, H. Kim, W. Kim and H. J. Kim, "An Integrated Framework for Cooperative Aerial Manipulators in Unknown Environments," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3, no. 3, pp. 2307-2314, July 2018.
- [3] F. Furrer, M. Burri, M. Achtelik, & R. Siegwart, "RotorS - A modular gazebo MAV simulator framework." In Robot operating system (ROS) (pp. 595-625). Springer, Cham, 2016.
- [4] I. A. Sucas, M. Moll and L. E. Kavraki, "The Open Motion Planning Library," in IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 19, no. 4, pp. 72-82, Dec. 2012.
- [5] M. Bjelonic. "YOLO ROS: Real-time object detection for ROS." leggedrobotics, 2018.