

# 장애물 탐지와 회피를 통한 드론의 안전한 착륙 지점 결정 기법

김언지, 한상의

세명대학교

kki0922@semyung.ac.kr, sihan@semyung.ac.kr

## Safe Landing Zone Determination for Drone by Obstacle Detection and Avoidance

Unji Kim, Sang Ik Han

Semyung Univ.

### 요약

본 논문은 드론의 착륙을 위한 특정 마커가 없는 착륙지의 환경에서 장애물 탐지와 회피를 통한 드론의 효율적이고 안전한 착륙 지점 결정 방법을 제시한다. 드론은 스테레오 카메라를 사용하여 장애물을 탐지, 회피하며 현재 드론의 위치에서 가장 가까운 안전한 착륙 지점을 식별한다. 드론의 현재 위치에서 착륙할 수 없으면 드론 착륙 가능지역을 도출하고 탐지 장애물 영역 기반 신뢰도 점수를 계산하여 드론 착륙 가능 지점을 결정한다. 제안 기법의 활용 가능성을 확인하기 위해 드론에서 촬영한 영상을 기반으로 시뮬레이션을 통해 성능을 검증한다. 본 연구 결과를 통해 긴급 구조, 물류 배송, 환경 모니터링 등 자율 비행 드론의 상용화에 필요한 자율 드론 착륙 기술의 확대에 이바지하기를 기대한다.

### I. 서론

드론 기술의 발전은 다양한 산업 분야에서 혁신적인 변화를 이끌고 있으나, 자율 비행 드론의 상용화와 산업 확대를 위해서는 드론의 착륙을 위한 특정 마커가 없는 착륙지의 환경에서 드론의 자율적인 착륙 기술이 중요하다. 대부분의 자율 비행 드론 시스템은 특정 착륙 마커를 인식해 착륙하는 방식을 택하고 있는데, 배송 드론처럼 착륙지의 환경을 알지 못하는 지역에서 착륙이 필요한 드론의 활용성에 제한을 가져온다.

본 논문에서는 장애물 탐지와 회피, 착륙 가능지역 탐색을 통해 드론 착륙을 위한 특정 마커가 없는 환경에서도 드론의 효율적이고 안전한 착륙이 가능한 방법을 제안하고, 드론에서 촬영한 영상을 시뮬레이션에 이용해 제안 기법의 활용 가능성을 검증해본다. 장애물 탐지를 위하여 YOLOv3를 활용하며, 착륙 예정지의 드론 착륙 반경 내에 장애물이 탐지되어 착륙할 수 없으면 착륙 가능지역 도출을 위해 영역별 신뢰도 점수를 바탕으로 드론 착륙 가능성이 큰 지역을 선정한다[1]. 드론 착륙 가능지역을 도출한 후 현재 드론의 위치에서 가장 가까운 위치를 최적 드론 착륙 지점으로 결정한다. 제안 기법의 활용 가능성 검증을 위하여 실제 드론에 스테레오 카메라를 탑재하여 영상을 취득하였으며, 안전 드론 착륙 지점 도출 실험을 진행하였다.

제안한 장애물 탐지와 회피를 통한 드론의 안전한 착륙 지점 결정 방법은 사전에 착륙지의 환경 정보나 특정 마커가 필요하지 않기 때문에 착륙지의 정보가 없는 다양한 환경에서 장애물을 신속하게 탐지하고 분류할 수 있다[2]. 이로 인해 드론의 임무 수행을 보다 안전하고 효율적으로 수행할 수 있으며 드론의 자율 착륙 기술을 실현하고 자율 비행 드론의 상용화에 이바지하기를 기대한다.

### II. 장애물 탐지와 착륙 가능지역 탐색

본 연구에서 제안하는 드론의 안전한 착륙 지점 결정 기법은 그림 1과 같은 과정으로 진행된다. 우선, 드론에 탑재된 스테레오 카메라로 얻은 영상에서 YOLOv3 알고리즘을 통해 객체를 인식하여 착륙지 내 장애물로 정

의한다. 탐지된 장애물이 있는 영역을 드론 착륙 불가지역(Unsafe Landing Zone, ULZ)으로 판단하고, 드론의 안전 운용 반경이 드론 착륙 불가지역 내에 있거나 겹치면 드론이 현 위치에서 착륙이 어렵다고 판단한다. 여기서 드론의 현재 위치는 스테레오 카메라 영상의 정중앙 점을 의미하며, 드론의 안전 운용 반경은 드론의 축간거리, 안전상 최소한의 필요 거리를 포함한다[3]. 드론 착륙 불가지역을 기반으로 드론 착륙 가능지역을 도출하고 해당 지역의 장애물 탐지를 통해 착륙 가능 여부를 판단한다. 이 과정을 반복하여 안전 착륙 지점을 찾게 된다.

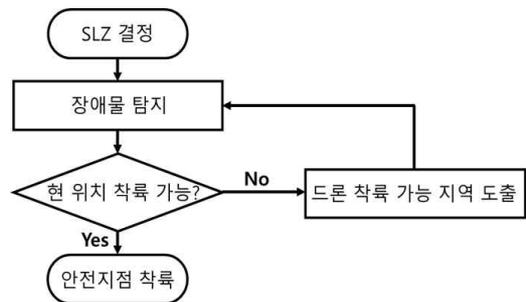


그림 1 안전 착륙 영역 결정 알고리즘

제안 기법의 검증을 위해 드론에 탑재된 스테레오 카메라로 항공 영상을 취득하여 시뮬레이션에 사용하였으며, 드론에 탑재된 스테레오 카메라의 성능 한계로 영상은 지상으로부터 7m 지점에서 촬영되었다. 그림 2는 장애물 탐지 후 현재 위치에서 착륙 가능 여부를 판단하는 단계를 나타내는데, 붉은 박스는 YOLOv3로 인식한 장애물을 나타내며 투명한 노란색 영역은 탐지된 장애물과 최소 안전거리 기반으로 드론 착륙 불가지역을 표시한 것이다. 붉은 점으로 표시된 드론의 현재 위치에서 연두색 원으로 표현된 드론의 안전 운용 반경과 드론 착륙 불가지역 내 장애물과 겹치는 것을 볼 수 있으며, 이는 드론이 착륙하는 과정에서 건물과 충돌할 위험이 있으므로 다른 착륙 지점을 찾아야 한다.

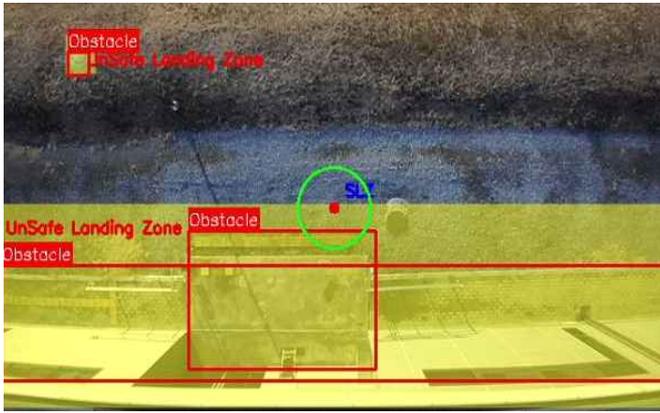


그림 2 장애물 탐지와 UnSafe Landing Zone 도출

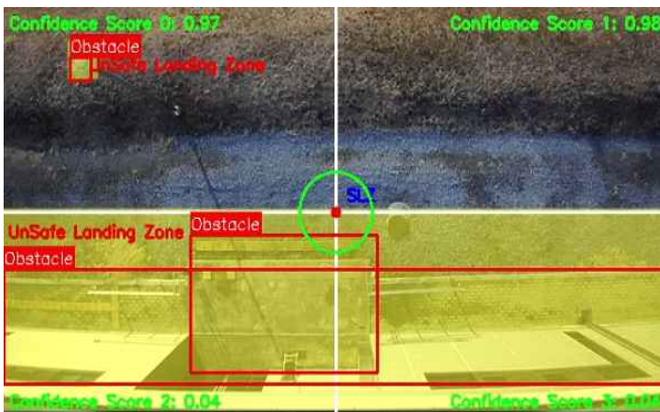


그림 3 영역 분할과 신뢰도 점수

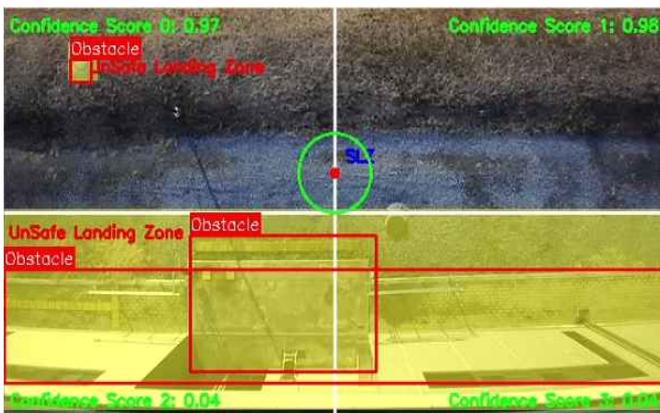


그림 4 신뢰도 점수 기반 안전한 착륙 지점 선정

드론 착륙 가능지역 탐색을 위해 신뢰도 점수(Coherence Score)를 이용하는 방법을 제시한다[4]. 그림 3에서 나타낸 것과 같이 그림 2의 영상을 4개 영역(영역 0, 1, 2, 3)으로 나누어 각 영역이 포함하는 장애물 영역을 계산하고 장애물이 없을수록 해당 영역을 신뢰도 점수는 1에 가깝게 측정된다. 장애물이 없는 영역에 드론 착륙 가능지역이 존재할 확률이 높으므로 신뢰도 점수가 높은 영역부터 드론 착륙 가능지역으로 가정하여 탐색을 시작한다. 해당 영역에서 드론 착륙 가능 지점을 찾으면 인접 장애물 존재 여부를 탐지하고 장애물이 없다고 판단되면 해당 지점을 드론의 안전한 착륙 지점(Safe Landing Zone, SLZ)이라고 결정한다. 그림 3에서 장애물이 영역 2와 3에서 많이 탐지되었으며 이로 인해 영역 2와 3의 신뢰도 점수가 0.04로 낮은 것을 볼 수 있다. 영역 0과 1에서 장애물이 거의 탐지

되지 않았으므로 신뢰도 점수는 두 영역 모두 0.97 이상으로 그림 3의 드론 위치가 그림 4에서 영역 0과 1 사이의 안전한 위치로 안전 착륙 지점이 결정된 것을 확인할 수 있다.

그림 4에서 안전 착륙 지점 도출 시 고려해야 할 점이 기존의 착륙 예정지와 가장 가까운 곳을 선정해야 한다는 점이다. 이를 위해 안전 착륙 지점 탐지는 영상에서 현재 드론의 위치를 나타내는 중앙점을 기준으로 가장 가까운 최적의 착륙 지점을 탐색하고, 현재 영상 내 드론의 운용 반경을 만족하는 적절한 안전 영역을 탐지하지 못할 시에는 드론의 고도 상승을 통한 장애물 탐지 후 장애물이 적은 지역으로 드론을 1차 이동 후 그림 1의 과정을 반복하여 그림 4와 같은 안전 착륙 지점을 도출할 수 있다.

### III. 결론

본 연구는 드론 착륙지에서 특정 마커가 없는 경우에도 장애물 탐지와 회피를 통해 드론 착륙 가능 여부 판단과 새로운 드론 착륙 지점을 도출하는 기법을 제안하였으며, 실제 드론 영상을 통해 제안 기법의 가능성을 검증하였다. 드론의 자율 착륙 기술을 위해 제한한 기법은 드론에 탑재된 스테레오 카메라에서 얻어지는 영상에 YOLOv3 알고리즘을 이용하여 장애물을 탐지하고 드론의 안전 운영 반경 내 장애물이 없을 시 착륙한다. 장애물이 탐지되었을 시 탐지 장애물을 기반으로 드론 착륙 불가지역을 도출하고 영상을 4개 영역으로 나누어 장애물 영역 기반으로 신뢰도 점수를 계산한다. 마지막으로 신뢰도 점수가 가장 높은 지역에 드론 착륙 예정 지점과 가장 가까운 지점을 새로운 드론 착륙 지점으로 결정한다.

본 논문에서 제안 기법의 가능성을 실험적으로 검증하였으며, 성능 개선을 위하여 후속 연구로 YOLOv3에 장애물 클래스를 더 추가하여 착륙 예정지에서 더 정확한 장애물 탐지와 착륙 불가지역 도출이 필요하다. 성능 개선을 통해 실제 드론에 탑재하여 필드 테스트 진행 후 자율 비행 드론의 자율 착륙 기법으로 적합한지 향후 연구를 확대할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

This paper was supported by Semyung University's University Innovation Support Project in 2023.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," in 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016 pp. 779-788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91
- [2] L. Gabriel, A. Dias, A. Martins, and J. Almeida. "Emergency Landing Spot Detection Algorithm for Unmanned Aerial Vehicles" Remote Sensing 13, no. 10: 1930. <https://doi.org/10.3390/rs13101930>
- [3] Kubitz, "Safe-UAV-Landing" GitHub repository, [Online]. Available: <https://github.com/kubitz/Safe-UAV-Landing>. [Accessed: 20-12-2023].
- [4] L. Yang, C. Wang, L. Wang. "Autonomous UAVs Landing Site Selection from Point Cloud in Unknown Environments" ISA Transactions, Vol. 130, 2022, pp. 610-628, ISSN 0019-0578, <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2022.04.005>.