

이미지 타일링 기법을 적용한 무인 항공기 정밀 자율 착륙 시스템에 관한 연구

우준혁, 신수용

국립금오공과대학교

woojun7244@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

A Research on the Precision Autonomous Landing System of UAV Using Image Tiling

Woo Jun Hyuk, Shin Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

요약

최근 무인 항공기의 자율 비행에 관한 연구가 빠르게 진행되면서 무인 항공기가 다양하게 활용되고 있다. 하지만 무인 항공기의 사용 빈도가 늘어난 만큼 무인 항공기의 사고율도 늘어나고 있다. 무인 항공기 사고는 착륙할 때 발생하는 경우가 20%로 현재까지 연구되는 자율 착륙 기술의 정밀도는 한계가 있다. 본 논문에서는 무인 항공기 착륙 사고를 방지하기 위해서 타일링 기법을 적용하여 더욱 정밀하고 안전한 자율 착륙 시스템을 제안한다. 자율 착륙 시스템은 카메라를 기반으로 한 이미지를 여러 영역으로 분할 후 관심 분야를 처리하는 기법인 이미지 타일링을 적용해 랜딩 패드의 인식 정확도를 높일 수 있다.

I. 서론

최근 무인 항공 기술이 빠르게 개발되면서 무인 항공기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 농업, 군사 분야, 의료 분야 등 다양하게 활용되고 있다[1]. 하지만 무인 항공기 기술이 많이 발전하고 있음에도 불구하고 사람들은 정밀하지 못한 무인 항공기 비행으로 인한 재산, 인명피해가 발생하는 것을 우려하고 있다. 2019년에 영국에서 조사한 UAV 사고 조사에 따르면 UAV 착륙 단계에서 발생하는 사고가 이륙 단계에서 발생하는 사고보다 더 자주 발생했다[2]. 착륙 사고를 줄이기 위해서 초기에는 GPS 기반으로 UAV 자율 착륙을 연구했다. 하지만 GPS는 도심에서 사용이 어렵고 약 3m 정도의 오차도 가지고 있어 자율 착륙 정밀도에 한계가 있다 [3].

이러한 문제를 해결하기 위해서 카메라를 활용한 이미지 처리를 기반으로 자율 착륙하는 연구도 진행되었다[4]. 일반적으로 이미지 처리 기반의 자율 착륙을 위해 특정 마커와 이를 인식하기 위한 딥러닝을 사용한다. 최근에는 Aruco Marker를 감지해서 가상 좌표를 생성하고 이를 기반으로 자율 착륙하는 연구가 진행되고 있다[5]. Aruco Marker를 사용하면 자세한 가상 좌표 정보를 인식할 수 있어 자율 착륙 정확도를 높일 수 있다. 하지만 이미지 처리만으로 자율 착륙하는 방법은 인식할 마커 크기에 영향을 받는다는 단점이 있다. 예를 들면 무인 항공기의 고도가 높아질수록 인식해야 할 마커가 작아져 인식하지 못하면 자율 착륙이 불가능하다.

본 논문에서는 작은 크기의 착륙 마커를 인식하지 못하는 문제를 해결하기 위해서 타일링 기법을 활용한다. 본 논문에서 제안하는 시스템 모델은 그림 1과 같이 20m 이상 높이에 있는 UAV가 랜딩 패드를 인식하고 자율 착륙한다. 본 논문의 테스트는 Gazebo 시뮬레이터로 진행되었으며 드론 아래에 부착된 일반적인 RGB 카메라 기반의 이미지에 타일링 기법을 적용하여 작은 크기의 랜딩 패드 인식 정확도를 측정한다. 타일링 기법은 전체 이미지를 한 번에 처리하지 않고 그림 1과 같이 여러 개의 작은 Tile로 나눠서 처리하는 기법이다[6]. 한 이미지를 여러 개로 나눠서 인식하기 때문에 조그만 물체 인식 정확도를 올릴 수 있어 작은 크기의 물체를 인식하지 못하는 단점을 보완할 수 있다.

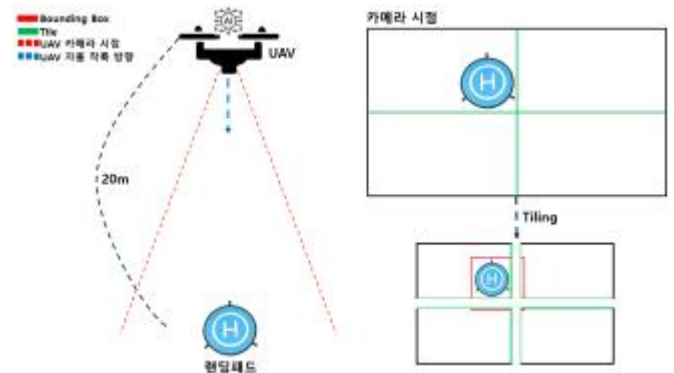


그림 1 시스템 모델

II. 본론

2.1 제안하는 시스템

본 논문에서는 타일링 기법을 적용한 무인 항공기 자율 착륙 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템에서는 20m 이상의 높이에서 타일링 기반의 딥러닝을 사용해 랜딩 패드를 인식하여 5cm 안의 오차로 자율 착륙하는 것이 최종 목표이다. 제안하는 시스템에선 먼저 타일링 기법을 사용해 한 이미지를 2개로 분할하고 각 분할된 이미지에 딥러닝을 적용해 물체를 인식한다. 그 후, 분할된 이미지를 병합하고 다시 딥러닝을 사용한다. 분할된 이미지의 결과와 병합된 이미지의 결과를 합치고 사전에 입력된 Intersection over Union (IoU) 값 이하의 바운딩 박스는 삭제한다. IoU란 여러 영역에서 생성된 바운딩 박스 중 겹치는 정도를 평가하는 지표이다 [7]. 이후, 일정 IoU값 이상의 바운딩 박스만 추출해 최종 인식 결과를 나타낸다. 무인 항공기는 최종 인식된 바운딩 박스의 중앙 좌표를 카메라의 중심에 맞춰 착륙한다. 딥러닝을 사용해 제안하는 시스템에서 랜딩 패드가 아닌 다른 물체를 착륙장으로 학습시키면 원하는 물체를 랜딩 패드처럼 활용할 수 있다.

2.2 테스트 환경

본 논문에서는 Gazebo Simulation 환경에서 타일링 기법이 적용된 딥러닝과 타일링 기법이 적용되지 않은 딥러닝의 성능을 측정한다. 무인 항공기에 부착된 카메라에서 랜딩 패드가 사라지는 고도인 19m까지 천천히 이륙하고 딥러닝은 카메라 영상을 기반으로 랜딩 패드를 계속 인식한다. 테스트 환경은 표 1과 같고 딥러닝 학습은 Roboflow에서 제공하는 랜딩패드 오픈 데이터셋을 사용했다[8]. 이미지 타일링 기법은 ultralytics에서 제공하는 Sahi를 사용한다[9].

종류	스펙
CPU	12 th Gen Intel(R) Core(TM) i7-12700H
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU
메인보드	Dell Inc 05J7DY
메모리	16G
Deep learning 모델	Yolov8
Ubuntu	20.04

표 1 테스트 환경

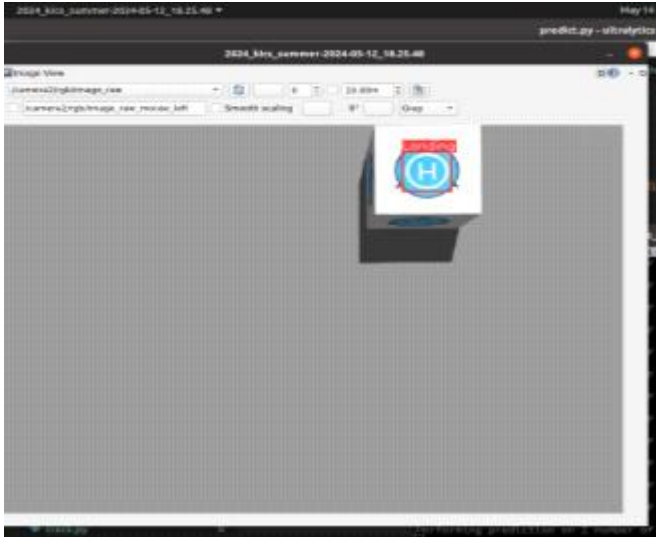


그림 2 랜딩 패드 인식 예시

2.3 테스트 결과

무인 항공기는 0m부터 19m까지 이륙하였고 타일링 기법이 포함된 딥러닝은 한 이미지를 2개로 나눠 그림 2와 같이 랜딩 패드를 인식했다. 테스트 결과는 표 2과 같다. 총 918개의 이미지 중, 타일링 기법이 포함된 딥러닝은 총 492개를 인식하고 평균 정확도는 약 0.83의 성능을 보이고 타일링 기법이 포함되지 않은 딥러닝은 총 391개를 인식하고 평균 정확도는 약 0.81의 성능을 보였다. 타일링 기법이 적용된 딥러닝이 그렇지 않은 딥러닝보다 101개의 프레임의 더 인식했고 평균 정확도도 0.02% 더 높았다. 또한, 타일링 기법이 적용된 딥러닝은 UAV가 높은 고도에 있을 때도 랜딩 패드를 더 많이 인식함을 확인했다.

	평균 정확도	인식 개수
타일링 포함	0.829	492
타일링 미포함	0.807	391

표 2 테스트 결과

III. 결론

본 논문에서는 Gazebo 환경에서 이미지 타일링 기법이 무인 항공기 정밀 자율 착륙 시스템을 위한 딥러닝의 성능을 더 높여 줄 수 있음을 확인했다. 한 이미지를 여러 개의 이미지로 나눠 랜딩 패드를 더 정확하게 인식할 수 있다. 추후엔 Gazebo 시뮬레이터에서 제안하는 시스템을 자율 착륙까지 구현 및 보완하고 현실에서 구현하여 고도 20m 이상에서 착륙 정확도를 5cm 이하로 개발할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

“This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) program(IITP-2024-RS-2022-00156394) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation)”

“This work was supported by Innovative Human Resource Development for Local Intellectualization program through the Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (IITP-2024-2020-0-01612)”

참고 문헌

- [1] Emimi, Mohamed, Mohamed Khaleel, and Abobakr Alkrash. “The current opportunities and challenges in drone technology.” *Int. J. Electr. Eng. and Sustain.* (2023): 74-89.
- [2] Cole, C. Accidents Will Happen: A review of military UAV crash data as the UK considers allowing large military UAV flights in its airspace. UAV Wars UK, Peace House, 19 Paradise Street Oxford, (2019).
- [3] Bajaj, Rashmi, Samantha Lalinda Ranaweera, and Dharma P. Agrawal. “GPS: location-tracking technology.” *Computer* 35.4 (2002): 92-94.
- [4] Demirhan, Malik, and Chinthaka Premachandra. “Development of an automated camera-based drone landing system.” *IEEE Access* 8 (2020): 202111-202121.
- [5] Lebedev, Igor, Aleksei Erashov, and Aleksandra Shabanova. “Accurate autonomous uav landing using vision-based detection of aruco-marker.” *International Conference on Interactive Collaborative Robotics*. Cham: Springer International Publishing, 2020.
- [6] Akyon, Fatih Cagatay, Sinan Onur Altinuc, and Alptekin Temizel. “Slicing aided hyper inference and fine-tuning for small object detection.” *2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. IEEE, 2022.
- [7] Rezatofighi, Hamid, et al. “Generalized intersection over union: A metric and a loss for bounding box regression.” *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2019.
- [8] helipadtrain, “helipad Dataset”, Roboflow Universe, 2024, (<https://universe.roboflow.com/helipadtrain/helipad-6a1ul>)
- [9] Slicing Aided Hyper Inference (SAHI), “obss/sahi”, 2022, (<https://github.com/obss/sahi.git>)