

UAV를 위한 CNN 및 Lidar 기반 계단 등반 시스템

최연지, Tariq Rahim, 한승헌, 신수용

금오공과대학교

yyzygzy@kumoh.ac.kr, tariqrahim@kumoh.ac.kr, gjs9410@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

CNN and Lidar based Stair-Climbing System for UAV

Yeon Ji Choi, Tariq Rahim, Seung Heon Han, Soo Young Shin

Kumoh National Institute of Technology

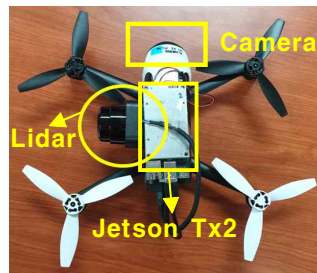
요 약

본 논문에서는 자율비행 과정에서 발생하는 장애물 중 하나인 계단을 인식하고 충돌을 회피하며 기동하는 시스템을 제안하고 구현했다. UAV에 장착된 카메라는 CNN 기반 실시간 계단 인식을 하고, 2D Lidar는 UAV와 벽 또는 계단 사이 거리 정보를 측정한다. 설계한 알고리즘을 바탕으로 실제 UAV 기체를 구현하여 비행실험을 수행한 결과 안정적으로 계단을 오를 수 있는 것을 확인했다.

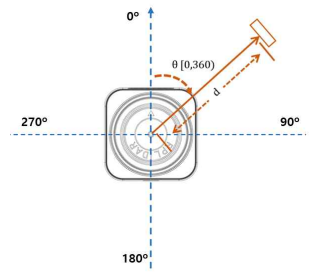
I. 서론

실내에서 산업용, 구조용, 보안용 등 다양한 목적으로 UAV가 활용되고 있다. 실내 환경에서 안정적인 UAV의 자율비행을 위해 GPS 신호오류나 좁은 통로, 투명한 유리와 같은 요소를 극복할 필요가 있다.

로봇을 위한 영상 기반 계단 인식[1]이나 지상 로봇이 계단을 오르는 기법[2]과 같은 연구는 활발하지만, UAV에 관한 연구는 부족하다. 따라서 본 논문에서는 UAV에 장착된 카메라로 CNN 기반 실시간 계단 인식과 2D Lidar를 통해 얻은 UAV와 벽 또는 계단 사이 거리 정보를 바탕으로 계단과 충돌하지 않고 비행할 수 있는 시스템을 제안한다. 그리고 자율비행 과정에서 발생하는 장애물 중 하나인 계단을 인식하고 충돌을 회피하며 기동하는 시스템에 관한 알고리즘을 설계하고 실제 UAV 기체를 구현 후 비행실험을 수행했다.



(a) UAV 구성



(b) RPLidar s1



(c) UAV의 기동을 위한 기준축 및 회전방향

그림 2. 구현 환경

II. 본론

A. 시스템 구성

제안하는 시스템은 실내 환경에서 UAV에 장착된 카메라를 통한 계단 인식, 옆면에 부착된 2D Lidar를 통한 거리 측정값을 바탕으로 설계되었다. 그림 1은 전체 시스템의 개요도를 나타내며 그림 2는 실험에 사용된 UAV의 구현 환경을 나타낸다.

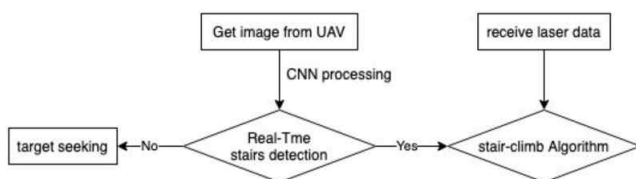


그림 1. 시스템 개요도

실제 구현은 360° 회전하며 가벼운 무게로 40m까지 거리를 측정할 수 있는 RPLidar S1과 메인보드 Nvidia Jetson TX2, 캐리어보드 Auvideo j120, parrot bebop 2 드론이 사용되었다.

Lidar 센서를 통해 얻은 거리 데이터는 UAV의 진행 방향 기준으로 0°는 바닥을 향하고 90°는 정면, 180°는 천장을 향한다.

B. stair detect system

UAV가 비행 중 마주하는 계단을 인식할 수 있도록 yolo v3 tiny로 학습을 진행하였다. 표 1은 UAV에 장착된 카메라로 수집된 계단 이미지 데이터 중 646개를 학습, 71개를 테스트한 성능지표이다. 학습을 위해 batch 크기는 32, sub divisions의 크기는 8로 설정하였다.

Performance metrics	Percentage(%)
Accuracy	90.70
Sensitivity or Recall	87.00
Precision	83.00
F1-score	85.00
Mean average precision (mAP)	89.69

표 1. Performance evaluation for implementation

Algorithm 1: system algorithms

Result: go up the stairs with least space consumption

initialization;

while stairs is detected **do**

 check stairs distance;

if stairs distance < 0.5 meters **then**

 up linear.z;

for stairs is not detected **do**

 up linear.z;

 go linear.x;

 rotateleft angular.z;

 go linear.x;

 rotateleft angular.z;

end

else

 go linear.x;

end

end

그림 3. 시스템 알고리즘

C. stair-climb system

그림 3은 UAV가 계단을 오르기 위해 사용된 알고리즘이다. 위 알고리즘은 계단의 회전 방향이 왼쪽인 것을 기준으로 설계했다. 카메라를 통해 계단이 인식되면 위 알고리즘이 진행된다. UAV와 계단 사이의 거리가 0.5m보다 먼 상황에서는 x축 방향인 직진 기동을 수행하고, 0.5m 이하일 경우 충돌을 회피하기 위해 z축 방향인 상승 기동을 수행한다. 이때, 계단이 인식되지 않으면 계단 상승 임무를 완수했다고 판단하고, 위층 계단을 오르기 위해 알고리즘에 따라 기준 회전 방향으로 기동한다.

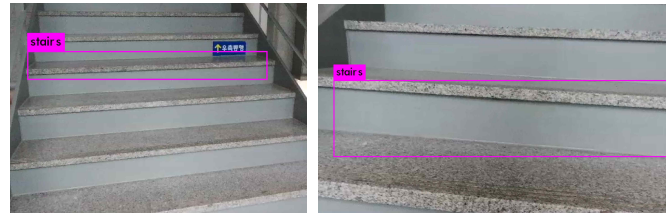
III. 실험결과

그림 3의 알고리즘을 검증하기 위한 실험을 수행했다. 실험결과 UAV는 장착된 카메라를 통해 그림 4와 같이 실시간으로 계단을 인식했다. 그림 4 (a)는 UAV와 계단 사이의 거리가 0.5m보다 멀어 직진 기동을 하고, 그림 4 (b)는 0.5m보다 가까워 회피하는 상승 기동을 수행했다.

그림 3의 알고리즘에 따른 실제 UAV의 움직임은 그림 5와 같은 결과를 보인다. 이는 계단이 시작되는 지점부터 다음 계단이 시작되는 지점까지의 실험결과이다. 계단의 시작점으로부터 약 3m 떨어진 곳에서 진행됐으며 처음 take off 과정의 value는 생략한다.

IV. 결론

본 논문에서는 실내 비행 중 장애물인 계단을 UAV가 스스로 인식하고 오르는 시스템을 설계 및 구현하고 실험했다. 이 시스템은 실시간 계단 인식을 위한 CNN 기반 영상처리



(a) distance > 0.5m

(b) distance < 0.5m

그림 4. UAV 카메라의 계단 인식 결과

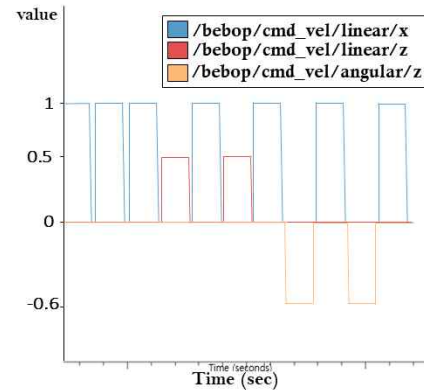


그림 5. UAV의 기동 실험 결과

과정과 Lidar 기반 거리측정 정보를 통해 구현되었다. 계단 인식을 위한 성능지표에서 정확도는 90.70%로 도출되었으며, 실제 실험결과 충돌 없이 계단 오르기를 수행했다.

향후 연구로는 여러 형태의 계단을 오르기 위한 보다 효율적인 알고리즘이 필요하다. 또한, 제안된 시스템은 SLAM Navigation과 결합하여 여러 층을 스스로 비행할 수 있는 연구로의 확장이 가능하다.

ACKNOWLEDGMENT

"이 논문은 2020년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2018R1A6A1A03024003)"

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IIT P-2020-2020-0-01612)"

참고문헌

- [1] Ilyas, Muhammad, et al. "Staircase Recognition and Localization Using Convolution Neural Network (CNN) for Cleaning Robot Application." *Preprints* (2018).
- [2] Gao, Xueshan, et al. "Dynamics and stability analysis on stairs climbing of wheel-track mobile robot." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 14.4 (2017): 1729881417720783.