

딥러닝 기반 고층 건물 화재진압 드론 시스템에 관한 연구

서정형, 신수용

국립금오공과대학교

wjdgdu123@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

A Research on the Deep Learning-Based Fire Extinguishing Drone System in High-rise Buildings

Seo Jeong Hyeong, Shin Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

요약

현재 고층 건물에서 화재가 발생할 경우, 일반적으로 고가사다리차를 장착한 소방차를 사용하여 화재를 진압한다. 하지만 우리나라에서는 그 수가 매우 적고 차의 크기가 매우 커 화재 현장 출동에 한계가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 LIDAR와 SLAM 알고리즘 및 GPS 활용하여 자율주행을 수행하며 YOLOv8와 DEPTH CAMERA를 결합하여 화재 탐지 후 소화 캡슐을 발사하여 고층 건물의 화재 진압을 수행하는 스마트 드론을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 드론은 고층 건물 화재를 더욱 빠르고 효과적으로 진압하는 것을 목표로 한다.

I. 서론

2017년 이전에 지어진 6층 이상 16층 이하의 고층 건물들은 법의 사각지대로 인하여 스프링클러 등의 화재 진압 시설이 부재한 경우가 많다[1]. 이러한 고층 건물에서 화재가 발생하면 일반적인 소방차로는 화재 진압이 어렵기에 고가사다리차가 장착된 소방차를 사용해야 하지만, 그 수가 현저히 부족한 상황이며 주차 문제 등 화재 현장 사용에도 한계가 있다[2]. 이에 대비하여 효과적으로 고층 건물 화재에 대응할 수 있는 시스템이 필요하다. 현재 고가사다리차를 장착한 소방차의 한계를 극복하기 위해 현장에서는 노즐을 통해 소화 분말을 직접 분사하는 소방 드론을 사용한다. 하지만 소화 분말을 직접 분사하는 방법은 드론과 화재 사이의 거리가 5m 이상 멀어지면 화재 진압 효율이 떨어진다[3]. 따라서 본 논문에서 소화 캡슐을 발사하여 화재를 진압하기에 더욱 먼 거리의 화재도 효과적으로 진압할 수 있는 드론 시스템을 제안한다.

II. 본론

2.1 제안하는 시스템

본 논문에서 제안하는 화재 진압 드론은 드론 주행, 이미지 탐지, 화재 진압 시스템으로 구성되어 있다. 드론 주행에서는 그림1과 같이 외부 컴퓨터와 통신을 위한 Telemetry, 위치 정보 송수신을 위한 GPS와 GPS WAY POINT 시스템, 주행 과정에서 장애물 회피와 건물과 거리 유지를 위한 LIDAR와 SLAM 알고리즘을 사용한다. 이미지 탐지에서는 그림2와 같이 영상정보 수집과 화재와의 거리를 측정하기 위한 Depth Camera와 영상정보를 분석하기 위한 YOLOv8 알고리즘과 Nvidia Jetson Orin Nx를 사용한다. 화재 진압에서는 그림3과 같이 고속 회전하는 두 개의 바퀴 사이에 캡슐을 투입하여 발사하는 피칭머신 형식의 발사 장치와 소화 캡슐을 사용한다.



그림1 드론 주행 시스템

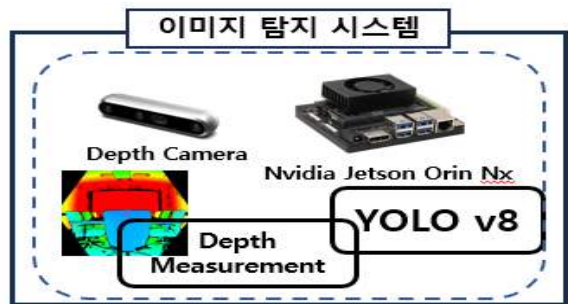


그림2 이미지 탐지 시스템



그림3 화재 진압 시스템

2.2 드론 주행 시스템

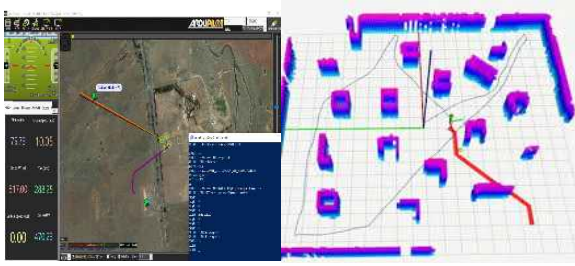


그림4 드론 GPS Way Point 및 LIDAR를 이용한 SLAM 시스템

그림1은 드론 주행 시스템 구성을 나타내고 있다. 화재가 발생한 건물의 GPS 좌표값과 고도를 텔레메트리를 통해 드론에 전달하면 GPS Way Point 시스템을 통해 발생한 건물로 주행한다. 주행 중 장애물을 회피하기 위해 LIDAR와 SLAM 알고리즘을 이용한다. 드론이 도착 후 건물의 유리창들을 촬영하기 위해 건물과 2M 거리를 유지하며 360도 주위를 비행한다. 그림4는 제안하는 시스템의 자율주행을 위해 사용된 GPS Way Point 시스템과 LIDAR를 이용한 SLAM 자율주행 시스템의 예시이다.

2.3 이미지 탐지 시스템과 화재 진압 시스템

그림2는 이미지 탐지 시스템 구성을 나타내고 있다. Depth camera에서 수집된 정보는 Nvidia Jetson Orin nx에서 YOLOv8 모델을 실행하여 객체를 인식한다. YOLOv8는 기존 딥러닝 알고리즘과 비교하여, 객체 검출과 인식을 하나로 통합한 CNN기반 시스템으로, 높은 인식 정확도와 실시간 객체 인식이 가능하여 YOLOv8를 딥러닝 모델로 선택했다[4]. 인식할 객체는 일반 유리창, 파손된 유리창, 화재 현장 총 3개이다.

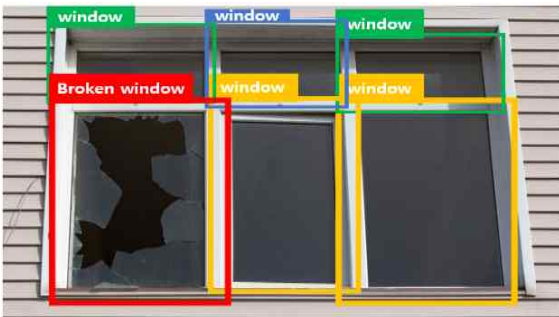


그림5 Yolov8 모델 사용 예시 - 파손된 유리창 감지

소화 캡슐을 파손되지 않은 유리창을 향해 발사 할 경우 발사의 정확도가 떨어지며 또한 유리창을 맞고 캡슐이 튕겨져 나오는 경우를 방지하기 위해 깨진 유리창을 탐지하여 발사 위치를 선정한다. 그림5는 깨진 유리창 탐지 예시이다[5].



그림6 Yolov8 알고리즘 사용 예시 - 화재 감지

그림6과 같이 화재의 근원지가 인식되면 근원지에 바운딩 박스를 생성하며 DEPTH CAMERA를 통해 생성된 바운딩 박스의 중앙 위치와 드론 사이의 거리를 측정한다[6]. 측정된 거리 값에 따라 그림3의 발사 장치의 바퀴 회전수를 조정하여 더 이상 화재가 인식되지 않을 때까지 소화 캡슐을 근원지로 발사한다.

III. 결론

본 논문에서는 딥러닝 기반 자율 비행 기술을 기반으로 깨진 유리창에 소화 캡슐을 발사하는 시스템을 제안한다. 제안하는 스마트 화재 진압 드론은 GPS를 통해 화재 위치 정보를 얻고 LIDAR, SLAM 알고리즘을 사용해 장애물을 회피하며 화재 위치로 비행한다, 그 후, DEPTH CAMERA와 딥러닝을 통해 화재 위치, 깨진 유리창 위치를 인식하고 소화 캡슐을 발사해 화재를 진압할 수 있다. 이를 통해 드론 조종사 없이 화재 위치까지 안전하게 자율 비행할 수 있다. 또한, 소화 분말 대신 소화 캡슐을 사용하여 화재를 더욱 효과적으로 진압할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2018R1A6A1A03024003) 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] 장강호 and 최해련, “또 스프링클러 없었다…연이은 노후 아파트 화재 ‘공포’”, 한국경제신문, 2024.01.02.
- [2] 임하은, “23층 높이 고가사다리차 전국 19대 불과...고층 건물 화재 대처될까” NEWSIS, 2022.10.06.
- [3] 축압식 분말소화기의 구조도, 한국소방기구제작소
- [4] Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). Ultralytics YOLO (Version8.0.0)[Computersoftware].<https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- [5] Detecting Broken Glass Insulators for Automated UAV Power Line Inspection Based on an Improved YOLOv8 Model 21 February 2024
- [6] Video Flame and Smoke Based Fire Detection Algorithms: A Literature Review Published: 25 April 2020