

객체 인식을 이용한 주차단속 자율 비행 드론 시스템

이승주, 권재희, 손요셉, 이정현, 주민철

국민대학교

{gjxor17a, jhjh2375, dytpqdygks1, ejh1582, mcju}@kookmin.ac.kr

Autonomous Flying Drone System for Parking Enforcement Using Object Detection

Lee Seung Ju, Kwon Jae Hee, Son Yosep, Lee Jung Hyeon, and Ju MinChul

Kookmin Univ.

요약

본 논문은 Pixhawk 비행 컨트롤러와 NVIDIA Jetson Nano 컴패니언 컴퓨터를 기반으로 한 객체 인식을 이용한 주차단속 자율비행 드론 시스템을 제안하였다. 실험 결과, D435i 카메라를 이용한 불법 주차 차량 인식률은 73%로 나타났으며, 인식된 번호판 이미지를 실시간으로 단속자에게 전송하는데 성공하였다. 본 연구는 기존 단속 방법의 한계를 극복하고, 드론을 이용한 효율적인 불법 주차 단속 방안을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

불법주차는 전 세계 많은 도시에서 발생하는 지속적인 문제로, 교통 혼잡, 긴급 차량 이동 지연, 보행자 안전 저해와 같은 문제를 초래한다. 우리나라는 현장 단속, 고정식 단속, 이동식 단속으로 주차단속을 수행하고 있으나 현장 단속과 이동식 단속은 인력 부족 문제가 있으며, 고정식 단속은 사각지대와 제한된 단속범위 등의 문제가 있다. 따라서 새로운 단속방안을 도입하여 단속의 강화가 필요하다.[1]

본 논문에서는 자율주행 드론 기반 단속 시스템의 설계와 개발을 제시하며, 이를 통해 효과적인 불법주차 단속 방안을 제안하고자 한다. 드론은 상공에서 넓은 시야를 제공하여 기존 단속 방식의 사각지대를 줄이고, 다양한 각도에서의 접근을 가능하게 하여 좁은 공간에서도 차량의 번호판을 검출할 수 있다. 또한, GPS 기술과 실시간 영상 전송을 활용한 즉각적인 단속이 가능하고 단속 횟수에 제한이 없어 기존 단속 방법의 한계를 극복하고 높은 단속 효율성을 기대할 수 있다.

II. 본론

본론에서 첫 번째로 드론 하드웨어 구성을 제시하고, 두 번째로 YOLO 알고리즘을 이용한 불법 주차 차량 인식을 제시하고, 세 번째로 불법 주차 단속 알고리즘을 제시하고, 마지막으로 실험 결과를 제시한다.

1. 드론 하드웨어 구성

본 연구에서는 Pixhawk사의 비행 컨트롤러가 장착된 QUAD사의 Q250-V2 드론을 사용하였다. 사람이 드론을 조종하여 단속하는 것이 아닌 자율주행을 이용한 불법 주차 단속이기 때문에, 오프보드 모드를 활용한 비행이 필수적이다. 오프보드 모드는 드론의 비행 모드 중 하나로, 사용자가 설정한 경로나 코드 내용을 기반으로 비행하는 방법이다. 오프보드 모드에서의 드론 제어를 위해 로봇 애플리케이션 개발을 위한 프레임워크인 ROS(Robot Operating System)를 활용한다. 하지만 ROS 메시지를 곧바로 드론에 적용하는 것은 불가능하다. 드론에서는 외부 컨트롤러 간의 통신을 위한 경량 메시지 프로토콜인 MAVLink(Micro Air Vehicle Link) 방식을 사용하기 때문이다. 따라서 사용자가 보내는 ROS 명령을

드론에서 인식할 수 있는 MAVLink 형태로 변환해야 한다. MAVROS는 ROS와 MAVLink 프로토콜 간의 인터페이스를 제공하는 패키지로, 사용자가 보내는 ROS 명령을 드론에서 인식할 수 있는 MAVLink 프로토콜로 변환하는 일종의 번역기 역할을 한다. 이러한 역할을 수행하려면 기존의 Pixhawk FC만으로는 불가능하며 추가적인 컴패니언 컴퓨터가 필요하여 NVIDIA사의 Jetson Nano를 사용하였다.

드론은 공중에서 비행하는 물체이며 추락 시 기물 파손 및 인명 피해 등의 문제가 발생할 수 있으므로 안정적인 비행이 중요하다. 드론의 자세 제어 및 안정성을 위하여 Intel사의 Realsence T265 카메라를 사용하였다. 이는 VIO(Visual-Inertial Odometry)에 사용할 수 있는 주행 거리 측정 정보를 제공한다. VIO는 카메라와 IMU(Inertial Measurement Unit)를 사용하여 장치의 위치와 자세를 추정하고, 카메라와 IMU의 데이터를 결합하여 정확한 위치 추정을 수행하여 안정적으로 비행할 수 있도록 한다.

또한 객체 인식을 위한 카메라가 별도로 필요하여 Intel사의 RealSense Depth Camera D435를 사용하였다. 이는 깊이(depth) 센서를 사용하여 3차원 depth 데이터를 캡처할 수 있는 카메라로, 최대 90 frame/sec의 속도로 작동하여 실시간 응용 프로그램에 적합하다는 장점이 있다.

2. YOLO 알고리즘을 이용한 불법 주차 차량 인식

본 연구에서의 불법 주차 단속 시스템은 차량과 번호판을 탐지하기 위해 YOLOv5s 모델을 사용하였다. 우선 차량 탐지를 COCO 데이터셋에서 car, motorcycle, bus, truck의 클래스만 추출하여 차량 관련 객체를 탐지하도록 구성하였으며, 번호판 탐지를 위해 4406개의 번호판 이미지를 사용하여 YOLOv5s 모델을 학습시켰다. 모델은 640x640 크기의 이미지를 입력으로 받고, 16개의 배치 크기로 30 epoch 동안 학습되었으며, 학습 데이터셋은 datasets.yaml 파일에 정의되었고, 가중치는 yolov5s.pt 파일에 저장되었다. 또한 탐지된 번호판의 글자를 인식하기 위해 EasyOCR을 사용하였다.

3. 불법 주차 단속 알고리즘

불법 주차 단속을 위해 우선 단속자가 일정 경로를 비행하는 파이썬 코드를 작성하여 오프보드 모드로 드론을 비행시킨다. 이때 Wi-Fi를 통한 원격 접속을 통해 드론의 비행 상태, 인지 현황 등을 실시간으로 파악할

수 있다. 드론이 일정 경로를 비행하던 중 D435i 카메라를 통해 차량을 인식했을 경우 차량의 바운딩 박스를 얻을 수 있다. 이때 드론의 현재 위치를 저장한 후 탐지된 차량의 바운딩 박스 픽셀 값의 평균을 계산한다. 이후 평균 좌표 값이 인식되는 카메라 영상의 중앙에 오도록 이동시킨 후, 차량과의 일정 거리에 도달하면 불법 주차 차량의 번호판을 촬영하여 단속자의 구글 드라이브로 전송한다. 차량과의 거리는 그림 1의 D435i 카메라를 사용하여 측정하였다.



그림 1. D435i 카메라를 이용한 객체와의 거리 측정

본 알고리즘은 불법 주차 차량의 번호판을 촬영한 즉시 단속자에게 전송하여 실시간으로 단속이 가능하도록 하였고, 정차 시간이나 위치 등을 고려하여 불법 주차 여부를 판단하는 기준은 유동적으로 변경할 수 있다. 알고리즘의 전체적인 동작 과정은 아래 그림 2의 플로우 차트와 같다.

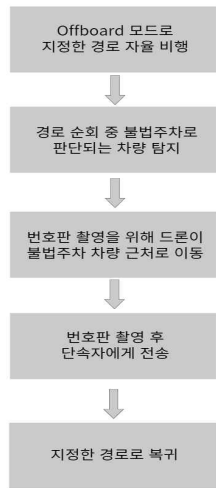


그림 2. 불법주차 단속 알고리즘 동작 과정

4. 실험 결과

불법 주차 차량을 인식한 드론이 해당 차량 위치로 이동한 후, 차량의 번호판을 촬영할 수 있는 위치로 이동한다. D435i 카메라를 이용하여 차량을 인식하였을 때, 그림 3과 같이 73%의 인식률을 나타내었다. 또한 차량 인식을 하고 불법 주차된 차량의 번호판을 촬영하여 단속자의 PC로 옮겨 오는 과정은 그림 4과 같다.

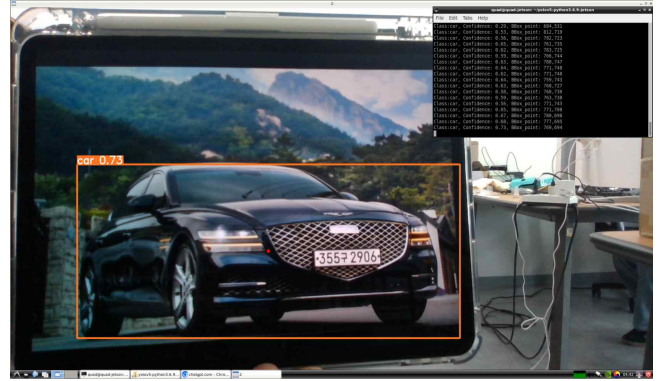


그림 3. D435i를 이용한 차량 인식 결과

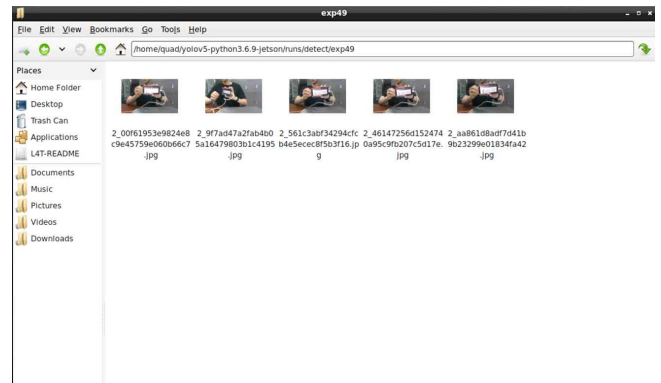


그림 4. 불법 주차된 차량의 번호판을 촬영하여 단속자에게 전송

III. 결론

본 연구에서는 객체 인식이 가능한 자율비행 드론에 의한 단속 시스템을 제안하였다. 단속 드론의 자율비행은 오프보드 모드 비행으로 구현하였다. D435i 카메라를 이용하여 불법주차 차량을 인식하고 촬영한 번호판을 사용자에게 전달하는 데에 성공하였지만 73% 상당의 인식률에 그치는 한계점이 존재하므로, 향후 한국 차량과 번호판 데이터셋을 추가하여 인식의 정확도를 높일 필요성이 있다. 또한 오프보드 동작 코드의 정형화를 통해 다양한 도로 상황에 대응하는 경로를 생성하고, SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 융합한다면 장애물 회피에 강인한 자율 비행 주차단속 드론을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 과제(결과물)은 교육부와 한국연구재단의 지원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업(차세대통신)의 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

[1] Kim S. H., Kim G. S. "The relation between problem of illegal parking and need to enforcement on illegal parking using drones: The mediating effect of existing enforcement equipment," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 23, no. 6, pp. 272-281, 2022.