

AI 기반 화재 상황 소방 차량 배치 시스템

강아현, 임준형, 남원식, 신수용

IT융복합공학과

국립금오공과대학교

ahyn935@kumoh.ac.kr, jhlim1023@korea.kr, wonsick1004@korea.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

AI-Based Firefighting Vehicle Deployment System for Fire Situations

Ah Hyun Kang, Lim Jun Hyung, Nam Won Sic, Soo Young Shin

Dept. of IT Convergence Engineering
Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 화재 현장에서 무질서한 차량 배치와 좁은 길로 인한 연소 확대 가능성이 있는 화재 현장에 대한 효율적인 대응을 위한 소방 차량 최적 배치를 위한 연구를 수행한다. 이를 위해 화재 현장에서 드론과 AI 기반 영상 처리를 도입하여 실시간 대응 시스템을 제안한다. 이 시스템은 출동하는 소방 차량에 대한 객체 탐지를 진행하고, 화재 현장을 여러 구역으로 세그멘테이션하여 소방 차량의 최적 배치 위치와 이동 경로를 설정한다. 이를 통해 차량 정보를 실시간으로 파악할 수 있으며, 효율적인 전술 및 지휘를 통해 효율적인 화재 진압을 기대할 수 있다.

I. 서론

최근 화재 현장에서의 소방 차량 배치 문제로 인해 신속한 대응이 어려운 상황이 빈번하게 발생하고 있다. 그림 1은 서울 서초구 진흥종합상가 화재 현장이다[1]. 이처럼 현재 대한민국의 화재 현장에서는 대부분 많은 소방차가 무질서하게 배치된 상태로 화재를 진압한다. 특히, 주택가 화재 현장은 골목길이 좁고 집들이 맞닿아 있어 연소 확대 우려가 있다. 이에 따라 발생할 수 있는 화재 확산 위험성을 줄이고 안전성을 높이기 위해서는 변화무쌍한 화재 현장에서의 효율적 차량 배치가 중요하며, 그에 따른 신속한 지휘가 이루어져야 한다[2].



그림 1 서울 서초구 진흥종합상가 화재 현장

이러한 문제를 해결하기 위해, AI 기반 객체 탐지(Object Detection) 및 세그멘테이션(Segmentation) 기술을 활용하여 드론을 통해 재난 현장의 소방차량 위치와 상태를 실시간으로 파악하고, 이를 바탕으로 효율적인 지휘와 배치를 가능하게 하는 시스템을 제안한다. 이는 화재 현장과 지휘관과의 실시간 정보 동기화가 가능하여 현황을 직관적으로 관제할 수 있고, 현장 대응 속도와 효과를 향상할 수 있다. 본 논문에서는 딥러닝 기반의 객체 탐지 실험을 통해 영상 내 학습된 소방 차량을 식별하고 전략적 차량 재배치를 위한 가능성을 제시한다. 본 논문은 구미소방서와의 협업을 통해

「재난현장 소방차량 지휘망 구축」을 바탕으로 효율적 현장대응 방안 연구를 진행했다[3].

소방 차량 객체 탐지 모델 학습은 You Only Look Once: version 8(YOLOv8)을 사용했으며, anchor free detection 모델로써 기본값으로 설정된 anchor를 사용하지 않는 대신에 객체의 중앙값(center value)을 우선적으로 탐색하는 점이 기존 버전과 차별화된다. YOLOv8은 네트워크 크기에 따라 n, s, m, l, x 총 5개의 모델이 있는데, 이중 n이 가장 작고, x가 가장 큰 모델이다. 크기가 작을수록 속도는 빠르지만 정확도가 낮아진다[4]. 이 실험에서는 YOLOv8s 모델을 사용했다.

학습 데이터는 소방 차량 이미지로 라벨링해 수집했고, LabelImg 툴을 사용하여 클래스와 bounding box를 설정했다. LabelImg는 직관적인 인터페이스와 다양한 형식을 지원하여 작업이 편리하기 때문에 모델 훈련을 위한 bounding box 설정이 용이하다[5].

II. 본론

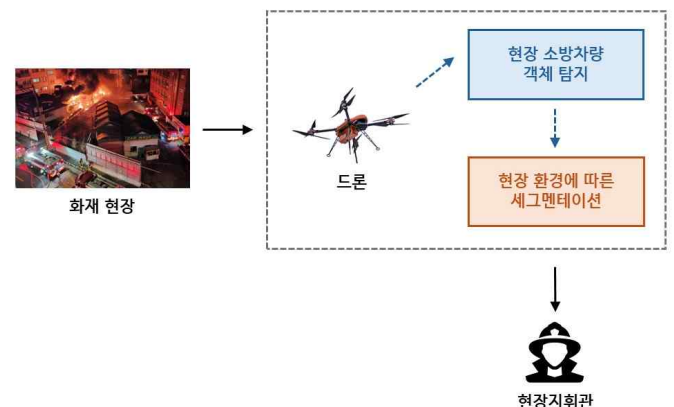


그림 2 시스템 시나리오

본 논문에서 제안하는 시스템의 시나리오는 그림 2와 같다. 화재 발생 시, 소방 차량이 즉시 출동하며 드론이 동시에 현장으로 투입되고, 드론은 화재 현장과 소방 차량의 이동 경로를 실시간으로 촬영하여 데이터를 전송한다. 출동 영상을 통해 소방 차량 객체 탐지를 진행하고, 각각의 차량을 종류별로 분류한다.

객체 탐지가 완료된 후, 세그멘테이션을 활용해 화재 현장을 여러 구역으로 나누어 분석한다. 이를 통해 화재 확산 경로와 소방 차량의 정확한 위치가 시각적으로 구분되며, 지휘관이 세그멘테이션 완료된 최종 결과물 영상을 보고 최적의 차량 배치와 대응 전략을 빠르게 결정할 수 있도록 도움을 준다.

이 시스템은 드론과 AI가 실시간으로 데이터를 수집하고 분석함으로써, 지휘관이 화재 현장을 지속적으로 모니터링하고, 신속하게 대응할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 화재 대응이 더욱 효율적으로 이루어지며, 피해를 최소화할 수 있다.

III. 실험

객체 탐지(Object Detection) 실험은 이미지 데이터 수집 및 라벨링을 통해 학습 데이터셋을 확보했고, 준비된 라벨링 데이터를 사용하여 차량을 정확히 인식할 수 있도록 모델을 학습시켰다. 학습된 모델을 사용하여 드론으로 촬영된 소방 차량 출동 영상을 분석하고, 각 차량을 인식했다.

YOLOv8 모델 중 크기가 작은 n과 s 모델 간에는 정확도 차이가 크게 발생하기 때문에 본 실험에서는 상대적으로 실시간 영상 인식에 적합하며 속도와 정확도를 갖춘 YOLOv8s로 학습을 진행했다.

실험에 활용된 영상은 실제 드론을 활용하여 촬영했다. 영상은 구미소방서 소방 차량이 차고를 탈출해 출동하는 장면과, 소방서 전정에 출동 대기 중인 장면이며, 1920 x 1080 픽셀, 초당 30프레임의 영상이다. 도로를 따라 이동하는 객체들을 드론이 바라보는 관점에서 촬영된 영상을 사용했다.

학습 데이터셋의 클래스는 지휘차, 조사차, 구조버스, 구급차, 펌프차, 화학차, 고가사다리차, 대형물탱크차 8가지로 구성했다. 소방서에 두는 소방 자동차 배치기준에는 소방사다리차, 화학차, 지휘차 및 순찰차가 있고, 119안전센터 배치기준에는 펌프차, 물탱크차가 포함, 119구조대 배치기준에는 구조버스, 구급차가 해당된다[6]. 따라서 소방서뿐만 아니라 119안전센터 및 구조대 기준까지 포괄하는 차량으로, 다양한 화재 현장에서 적용 가능하도록 데이터셋을 구성했다.

YOLOv8s를 활용한 객체 탐지 실험 결과는 그림 3과 같이 나타났다. 각 클래스별(차량별) 라벨링이 표시되고, F1 Score(실시간 정확도)값이 표출되며, bounding box 위치를 확인 할 수 있다.

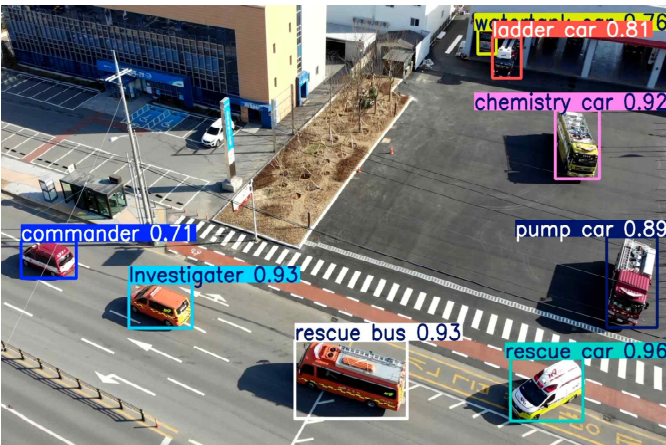


그림 3 실험 결과 영상 화면

IV. 결론

본 논문에서는 AI 기반 객체 탐지 및 세그멘테이션 기술을 활용한 소방 차량 배치 시스템을 제시하였으며, 딥러닝을 활용한 객체 탐지 실험을 통하여 가능성을 입증했다.

이 시스템은 현장에서의 화재 성상 확인과 신속한 지휘 및 대응이 가능해지는 환경을 조성한다. 지휘관은 각 차량 정보를 실시간으로 파악하여 전문적인 배치와 재배치가 가능하며, 재난 현장의 불법 주정차 차량 문제와 현장 진입 곤란 문제 해결에도 기여할 수 있다.

이는 소방 차량 배치 시스템 도입의 기초 연구로서 의미가 있으나, 객체 탐지 기술에 관한 실험만 진행했기 때문에 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구를 바탕으로 구미소방서와의 업무 협력 협약서를 체결하고, 연구 및 개발 과제 협력을 추진했다. 향후 구미소방서와의 자문 및 교류를 통해 전문가의 의견을 반영하고, 세그멘테이션 기술을 활용하여 실질적인 소방차량 배치 시스템 구현에 대한 연구를 지속할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업(IITP-2024-RS-2020-II201612, 50%)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 - 학·석사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2024-2022-00156394, 50%)

참 고 문 헌

- [1] 오달란, "서울 서초동 진흥아파트 상가 불...소방관 등 17명 다쳐", 서울신문, 2019.11.15.
- [2] 김남휘, "소방내전 II", FPN(소방방재신문사·119플러스), 2022.04.20.
- [3] 남원식, 이준수, 신현주, 허혜원, "「재난현장 소방차량 지휘망 구축」을 통한 효율적 현장대응 방안 연구 - 드론·IoT기반 소방차량 배치 시스템(FTPS) 제안 -" 제36회 119소방정책 콘퍼런스 (2024)
- [4] Ultralytics, "Why should I use Ultralytics YOLOv8 for object detection?", 2024, (<https://docs.ultralytics.com/tasks/detect>).
- [5] PyPI, "LabelImg 1.8.6", 2021, (<https://pypi.org/project/labelImg>).
- [6] 행정안전부령, 「소방력 기준에 관한 규칙」 [별표 1] 소방기관에 두는 소방자동차 등의 배치기준(제3조제1항 관련), 2021.