

드론을 이용한 로드킬 방지 시스템

손예슬, 신수용*

국립금오공과대학교

k40007198@gmail.com, wdragon@kumoh.ac.kr

Roadkill prevention system Using UAV

Son Ye Seul , Shin Soo Young*

Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 드론(UAV) 기반의 로드킬 방지 시스템 개발을 목표로, 야생동물 객체 인식 성능 향상을 위한 데이터셋 구축 및 학습 실험을 수행하였다. 적외선(IR) 카메라를 활용해 실제 야간 환경에서 약 3,000장의 영상을 수집하고, YOLOv11 모델을 150 epoch 동안 학습하여 높은 탐지 정확도(Precision, Recall, mAP)를 달성하였다. 실험 결과, 제안된 모델은 IR 환경에서도 안정적인 탐지 성능을 보였으며, 드론 기반 로드킬 예방 시스템의 기술적 가능성을 확인하였다. 향후 연구에서는 다중 동물 종 인식과 실시간 알림 기능을 통합하여 도로 안전 향상에 기여할 예정이다.

I. 서 론

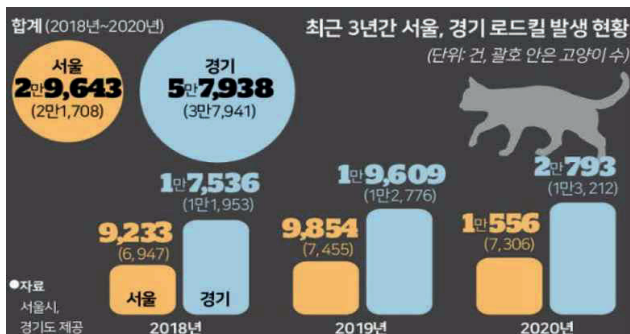


그림 1 최근 3년간(2018~2020년) 서울·경기 지역 로드킬 발생 현황

현대 사회에서 교통 인프라의 확장과 도시 개발이 가속화되면서, 인간의 활동 반경이 점차 자연 생태계 내부로 확장되고 있다. 이로 인해 도로를 중심으로 인간과 야생동물이 공유하는 공간이 증가하고 있으며, 그 결과 로드킬(Roadkill) 발생 빈도 또한 지속적으로 증가하고 있다. 로드킬은 단순히 야생동물의 생명을 위협하는 데 그치지 않고, 2차 교통사고로 인한 인명 피해와 재산 손실을 초래하는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 환경부 및 지방자치단체 통계에 따르면, [그림 1]의 최근 3년간(2018~2020년) 서울·경기 지역 로드킬 발생 현황에서 볼 수 있듯이, 경기도에서 5만 7,938건, 서울에서 2만 9,643건이 보고되었다. 특히 해마다 발생 건수가 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 2018년 대비 2020년에는 약 1.3배 이상 증가하였다. 이러한 증가는 교통량의 증가뿐만 아니라 도로망이 서식지 내부로 확장된 결과로 분석된다.[1]

현재 시행되고 있는 로드킬 예방 대책은 울타리, 표지판 등과 같은 고정형 시설물에 주로 의존하고 있다. 그러나 이러한 방식은 설치 위치의 제약이 크고, 탐지 사각지대가 존재하며, 실시간 대응이 어렵다는 한계가 있다. 또한 지형적 특성과 기상 조건 변화에 대한 적응력이 낮아, 실질적인 예방

효과가 제한적이다. 이에 따라, 야생동물의 이동을 실시간으로 탐지하고 대응할 수 있는 능동형 로드킬 방지 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 이러한 시스템 개발의 핵심 기술로서 객체 인식 성능 향상을 위한 데이터셋 구축 및 학습 실험을 수행하였다. 특히 로드킬 발생 비율이 높은 고양이(Cat)를 주요 탐지 대상으로 설정하고, 약 3,000장의 영상 데이터를 수집·가공하여 YOLOv11 모델을 학습하였다.

II. 본론

2.1 시스템 개요 및 하드웨어 구성

본 연구에서 제안하는 UAV 기반 로드킬 방지 시스템은 실시간 야생동물 감지, 자율 비행 기반의 도로 순찰, 그리고 저지연 통신을 통한 시스템 통합 제어를 중심으로 구성된다.

이 드론에는 Jetson Orin NX, IR(적외선) 카메라, IR LED 등이 탑재되어 [그림 2]와 같이 주야간 감시에 모두 대응 가능하도록 설계하였다.

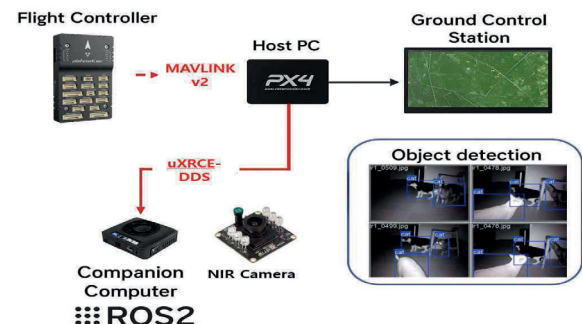


그림 2 시스템 구성도

2.2 데이터 구축 및 모델 학습

본 연구에서는 드론 기반 로드킬 방지 시스템의 핵심 기술인 야생동물 인식 정확도 향상을 위해 실제 환경 조건에서 IR(적외선) 카메라를 활용

하여 데이터를 수집하였다. 실험은 늦여름에서 초가을 사이, 평균 기온 기준의 야간 환경을 충실히 반영한 오후 7시경에 진행되었다. 이 시간대는 일몰 직후로, 시야 확보가 어려운 도로 주변 상황을 재현하기에 적절한 조건이다. 촬영 과정에서는 카메라의 고도와 촬영 각도를 조정하며, 다양한 거리와 시점에서의 고양이 움직임을 포착하였다. 이를 통해 실제 주행 환경에서 발생할 수 있는 다양한 관측 조건을 데이터셋에 반영하였다.

수집된 약 3,000장의 IR 영상 데이터는 X-anyLabeling 도구를 이용해 전수 수동 라벨링을 수행하였다. 라벨링 과정에서는 객체의 위치와 형태를 최대한 정밀하게 표시하여 모델 학습 시 오탐(false detection)을 최소화하도록 하였다. 이후, 완성된 데이터셋을 기반으로 YOLOv11 모델을 150 epoch 동안 학습하였으며, 학습 과정에서 손실값 감소 추이와 검출 정확도(Precision, Recall, mAP)를 종합적으로 분석하였다.



그림 3 적외선(IR) 영상에서 YOLO기반 객체 탐지 결과

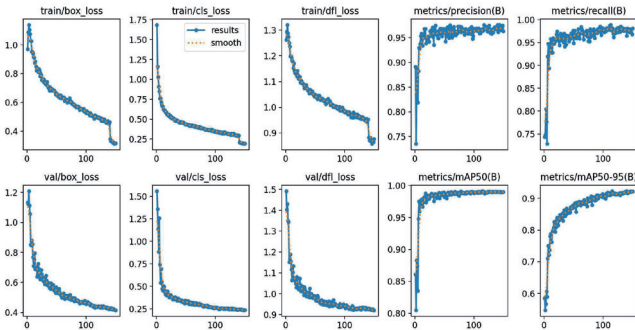


그림 4 YOLO 기반 모델의 학습 및 검증 성능 변화 그래프

[그림4]의 상단은 학습 과정에서의 박스 손실(box_loss), 분류 손실(cls_loss), 분포 포컬 손실(df_loss)과 정밀도(Precision), 재현율(Recall) 변화를 나타낸다.

[그림4]의 하단은 검증 단계에서의 동일한 손실 및 성능 지표(mAP50, mAP50-95)를 보여준다. 모든 손실값이 안정적으로 감소하고, Precision과 Recall은 약 0.95 이상에서 수렴하며, mAP는 1.0에 근접하여 높은 탐지 성능과 안정적인 수렴성을 확인할 수 있다.

일반적으로 YOLO 계열 모델은 100 epoch 내외로 학습이 완료되지만, 본 연구에서는 적외선(IR) 이미지, 열화상, 드론 촬영 영상 등과 같은 특수 도메인 데이터를 사용하였다. 이러한 데이터는 일반적인 RGB 이미지보다 특징(feature)의 변동성(feature variation)이 크고, 학습 안정화까지 시간이 더 소요되는 특성이 있다. 따라서 기존 COCO 데이터셋 기반의 YOLO 학습(100 epoch)보다 더 많은 학습 반복(epoch)이 필요하였다. 실제 학습 결과(Figure X)에서 val/box_loss, val/cls_loss, metrics/mAP50 등이 100 epoch 이후에도 완만하게 개선되는 경향을 보였으며, 약 150 epoch 부근

에서 손실이 안정적으로 수렴하고 mAP 지표가 최대값에 도달하였다. 이러한 이유로 본 연구에서는 150 epoch으로 학습을 확장하여 최적의 수렴성과 성능을 확보하였다.

III. 결론

본 연구에서는 특정 동물 종을 대상으로 한 객체 탐지 모델을 구축하고 그 성능을 평가하였다. 실험 결과, 제안된 모델은 주어진 이미지 데이터셋에서 목표 동물을 높은 정확도로 탐지할 수 있었으며, 이를 통해 학습 데이터의 품질과 모델 구조가 탐지 성능에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 단일 동물 종 모델에서 다중 동물 종을 포함하는 다중 클래스 인식 모델로 확장할 계획이다. 이를 기반으로 드론이 실제 환경에서 비행하며 다양한 야생동물을 실시간으로 탐지하고, 탐지 즉시 운전자에게 경고 알람을 제공하는 시스템으로 프로젝트를 최종 구현할 예정이다. 결론적으로, 본 연구는 드론 기반 야생동물 탐지 시스템 개발의 타당성을 검증하였으며, 향후 다중 클래스 모델과 실시간 알람 기능의 통합을 통해 도로 안전 향상에 실질적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2025-RS-2023-00259061) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 20%) 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-2025-RS-2022-00156394) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 40%) This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2025-RS-2024-00437190) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 40%)

참 고 문 헌

- [1] 김규혁 and 송태진, "도심지역 고양이 로드킬 영향요인 분석," 대한교통학회 학술대회지, pp. 43-43, 강원, 2024-09-26.
- [2] 민현선, 성유진, 윤채원, 김태훈, and 방인규, "드론 기반의 로드킬 예방 시스템," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1076-1077, 강원, 2023-02-08.
- [3] 손현우, 김승준, 김응표, and 이희진, "객체인식 탑재 로드킬 방지 시스템," Proceedings of KIIT Conference, pp. 1142-1143, 제주, 2023-06-01.
- [4] 김해성 and 문지훈, "YOLOv8을 이용한 실시간 야생동물 로드킬 탐지 기법," 사물인터넷융복합논문지, vol. 10, no. 5, pp. 185-196, 2024. (<https://doi.org/10.20465/kiots.2024.10.5.185>)
- [5] 조규철 and 김아영, "로드킬 예방을 위한 안내 시스템 개발," 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, pp. 217-218, 경북, 2019-01-17.