무인항공기(UAV)를 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 무인항공기(UAV)를 활용한 지능형 로드킬 방지 시스템의 설계 및 구현 사례를 다룬다. 최근 로드킬 사고는 지속적으로 증가하고 있으며, 기존의 고정형 감시 시스템은 범용성과 실시간 대응 측면에서 한계를 지닌다. 본 시스템은 AI 기반 영상 분석 기술(YOLOv8, SSD)을 활용하여 야생동물을 실시간으로 탐지하고, 드론을 통해 도로 진입을 사전에 차단함으로써 사고를 예방한다. 또한, 동물의 종류에 따라 맞춤형 퇴치 자극을 제공하고, ACO 알고리즘 기반의 동적 경로 계획을 통해 자율적인 순찰과 대응이 가능하도록 설계하였다. 본 연구는 로드킬 문제 해결을 위한 새로운 대안으로서 UAV 기술의 실용적 가능성을 제시한다.

Ⅰ. 서 론

그림 1 로드킬 발생 현황

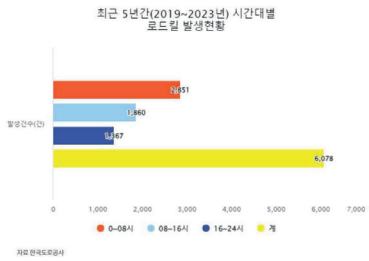

그림 2 최근 5년간 시간대별 로드킬 발생 현황

현대 사회에서 인간의 활동 반경이 확대됨에 따라 도로와 같은 인프라가 자연 생태계 내부로 깊숙이 침투하게 되었고, 이로 인해 인간과 야생동물 간의 충돌 가능성도 지속적으로 증가하고 있다. 특히 도로 위에서 발생하는 로드킬(Roadkill) 현상은 단순히 야생동물의 생명을 위협하는 것을 넘어, 교통사고로 인한 인명 및 재산 피해로 이어지는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 로드킬은 해마다 증가하고 있으며, [그림 1]에 따르면 2018년 1만 6812건에서 2022년에는 6만 3989건으로 약 3.8배 증가하였다[1]. [그림 2]의 최근 5년간 시간대별 통계에 따르면 야간 시간대(00시~04시)에 전체 로드킬의 41.7%가 집중되어 있으며, 이는 동물의 야행성 습성과 시야 확보의 어려움이 복합적으로 작용한 결과다[2]. 기존의 로드킬 방지책은 고정식 경고 표지판, 울타리 등 정적 방식에 의존하나 설치 위치 제한과 실시간 대응의 어려움이 있다. 특히, 고정형 감시장비는 감지 사각지대가 존재하고, 다양한 환경 조건에 유연하게 적응하기 어려우며, 적용 지역의 범용성에도 제약이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 무인항공기(UAV)를 활용한 야생동물 감시 및 로드킬 예방 시스템을 제안한다. 해당 시스템은 인공지능 기반 실시간 영상 인식을 통해 도로 주변의 야생동물을 탐지하고, 드론이 자율적으로 경로를 설정하여 해당 지역을 감시한다. IR 카메라와 거리 센서를 활용해 주야간 상시 탐지가 가능하며, 탐지 정보는 Micro XRCE-DDS 기반 통신을 통해 지상 통제소로 실시간 전송된다. 중앙 제어 시스템은 동물의 종류에 따라 포식자 소리, 강한 빛 등의 퇴치 수단을 자동 실행해 도로 진입을 사전에 차단하는 능동적 제어 메커니즘을 구현한다.

Ⅱ. 본론

2.1 시스템 개요 및 하드웨어 구성

본 연구에서 제안하는 UAV 기반 로드킬 방지 시스템은 실시간 야생동물 감지, 동물별 맞춤형 퇴치 자극 제공, 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 3]과 같이 주야간 감시에 모두 대응 가능하도록 설계하였다.

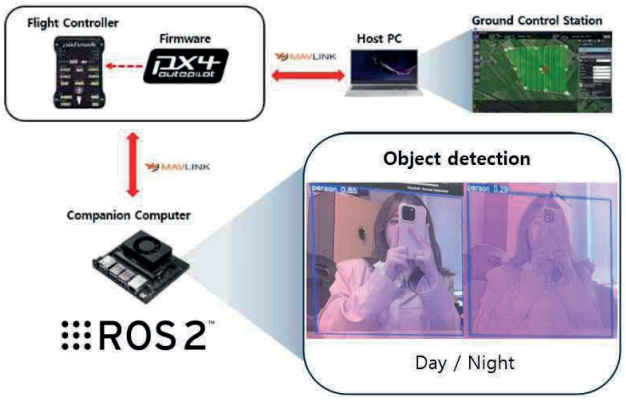

그림 3 시스템 구성도

2.2 영상 기반 객체 탐지 및 처리

영상 기반 객체 탐지에는 YOLOv8 딥러닝 모델이 사용되며, 이는 IR 영상 모두에 대해 동물 탐지와 분류가 가능하도록 훈련된다.
Jetson Orin NX는 CUDA와 TensorRT를 활용하여 탐지 모델을 최적화하고, 실시간 영상 분석을 통해 드론 주변 환경에서 특정 동물이 존재하는

지를 빠르게 판단한다. 이때 탐지된 동물은 bounding box로 인식되며, 해당 위치 정보는 GPS 좌표, 드론의 고도, 카메라 투영행렬 등을 종합하여 로컬 좌표계로 변환된다. [그림 3]과 같이 각각 주간 및 야간 환경에서 YOLOv8 기반 객체 탐지 결과이다.

2.3 동물별 퇴치 자극 시스템

감지된 동물의 종류에 따라, 사전 정의된 생태적 반응 정보를 기반으로 퇴치 자극이 자동으로 결정된다(Table X).

동물 종류	반응 특성 (생태적 반응)	퇴치 자극	사용 장치
고라니	고휘도 점멸 LED, 고주파음에 민감	빠르게 점멸하는 고휘도 LED, 고주파 경고음	IR LED, 스피커
멧돼지	고휘도 점멸 LED, 고주파음에 민감	백색 조명, 늑대나 개의 울음소리	고광도 조명, 스피커
너구리, 소형 포유류	낮은 주파수 진동음 또는 빠르게 움직이는 광원에 반응	저주파 진동음, 레이저 포인터	스피커, 레이저 장치

표 1 야생동물 종별 반응 특성과 퇴치 장치 정리표

이와 같은 퇴치 자극은 드론에 탑재된 IR LED, 스피커, 레이저 장치 등을 통해 상황에 맞춰 자동 실행된다.[3]

2.4 시스템 통합 및 자율 비행 제어

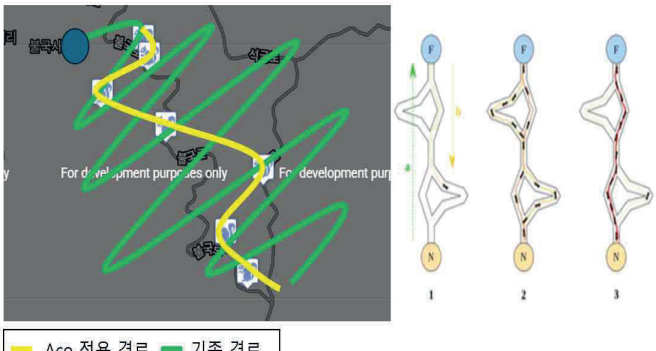

그림 4 야생동물 출몰 지역 기반 ACO 경로 최적화

드론은 지상국의 명령 없이도 독립적으로 임무를 수행할 수 있는 자율성과 함께, 필요 시 중앙 제어에 의한 명령도 즉시 수용할 수 있는 유연성을 확보한다. 비행 경로는 단순한 반복 경로가 아니라, 실시간으로 재계획되는 동적 경로 구조를 따른다. 본 연구에서는 국립공원관리공단에서 제공한 야생동물 출몰 및 로드킬 다발 지점 정보를 바탕으로, ACO(Ant Colony Optimization) 알고리즘을 적용하여 효과적인 경로를 도출하였다[4]. ACO 알고리즘은 최적 경로 탐색이 가능하며 반복성에 강한 특징이 있어, UAV가 지정된 감시 구역을 효율적으로 대응할 수 있도록 돕는다[5]. 특히, 로드킬이 자주 발생하는 구간에서는 순찰 빈도를 높여 감시 집중도를 조절할 수 있도록 한다. [그림 4]과 같이, 기존 경로에 비해 ACO 알고리즘을 적용한 경로는 실제 야생동물 출몰 정보를 반영하여 더욱 효율적인 탐색 경로를 형성한다. 드론은 동물 탐지가 이루어진 위치로 빠르게 이동하여 퇴치 작업을 수행하는 등의 능동적인 임무 수행이 가능하다.

Ⅲ. 결론

본 연구에서는 야생동물의 도로 진입으로 인한 로드킬 문제를 해결하기 위해, Jetson Orin NX, IR 카메라, IR LED 등을 탑재한 UAV를 활용하여 주야간 실시간으로 야생동물을 탐지하고, 동물별 생태적 반응에 기반한 퇴치 알고리즘을 자동 실행함으로써 로드킬을 예방하는 시스템을 제안하였다. YOLOv8 기반 인식과 함께 ROS2 Micro XRCE-DDS를 통해 경량화된 통신 환경에서도 안정적인 드론 제어가 가능하도록 구성하였으며, 자율 비행과 실시간 대응성을 갖춘 구조를 구현할 계획이다. 이 시스템은 기존 고정형 감시 방식의 한계를 극복하고, 도로 안전과 생태계 보호를 동시에 달성할 수 있는 실용적 해법으로 평가된다. 향후에는 실제 도로 환경에서의 실증 실험과 함께, 군집 UAV 운용 등으로 확장될 수 있을 것이다.

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-2024-00437190) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 50%) 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, 50%)

참 고 문 헌

[1] 김다영, “도로 덮친 멧돼지와 ‘쾅’… 매년 3만 건 로드킬, 대책은 ‘걸음마’,” 세계일보, Sep. 14, 2023. [Online]. Available: https://www.segye.com/newsView/20230914515741

[2] 이태영, “로드킬 5년새 4배 늘어… 밤 12시 ~ 4시 가장 많이 발생,” 중앙일보, Mar. 11, 2024. [Online]. Available: https://www.joongang.co.kr/article/25251812](https://www.joongang.co.kr/article/25251812)

[3] 채민욱, 이충호. (2022). YOLO에 기반한 유해 야생동물 피해방지 및 퇴치 시스템 구현. 융합신호처리학회 논문지, 23(3), 137-142.

[4]김양순, “고라니 ‘로드킬’ 급증…‘생태통로 시급’,” KBS 뉴스, May 5, 2016. [Online]. Available: https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=3275989

[5]고종훈, 김주민, 김대원. ACO 기법과 PSO 기법을 조합한 개선된 이동로봇 최적 경로 생성 알고리즘 개발. 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집.