

YOLO에 기반한 유해 야생동물 피해방지 및 퇴치 시스템 구현

채민욱¹, 이충호^{1*}

¹한밭대학교 정보통신전문대학원

Implementation of Prevention and Eradication System for Harmful Wild Animals Based on YOLO

Min-Uk Chae¹, Choong-Ho Lee^{1*}

¹Graduate School of Information and Communication Engineering, Hanbat National University

요약 해마다 야생동물이 인간의 거주지에 출몰하는 횟수가 증가하여 재산 및 인명 피해가 증가하고 있다. 특히, 고속도로나 농가에 야생동물이 출몰하는 경우에 그 피해가 더 심하다. 이런 문제점을 해결하기 위해 고속도로에는 생태통로와 유도펜스를 설치하였다. 또한, 농가에서도 문제를 해결하기 위해 센서를 이용한 경적 퇴치기, 그물망 설치, 배설물로 퇴치 하는 등 방법을 쓰고 있으나 고가의 비용이 들며 그 효과가 높지 않다. 본 논문에서는 AI 기반 영상분석 방법인 YOLO(You Only Live Once)를 이용하여 유해동물을 실시간 분석하여 오작동을 줄였고, 퇴치장치로 고휘도 LED와 초음파 주파수 스피커를 이용했다. 스피커는 동물들만 들을 수 있는 가청주파수를 출력하여 야생동물만 퇴치하도록 효율성을 높였다. 제안하는 시스템은, 경제적으로 설치할 수 있도록 범용 보드를 사용하여 설계되어 있으며 기존의 센서를 이용한 장치들보다 감지 성능이 높다.

• 주제어 : 야생동물, 시 기반 영상분석, YOLO, 고휘도 LED, 초음파 스피커

Abstract Every year, the number of wild animals appearing in human settlements increases, resulting in increased damage to property and human life. In particular, the damage is more severe when wild animals appear on highways or farmhouses. To solve this problem, ecological pathways and guide fences are being installed on highways. In addition, in order to solve the problem in farms, horn repelling using sensors, installing a net, and repelling by smell of excrement are being used. However, these methods are expensive and their effectiveness is not high. In this paper, we used YOLO (You Only Look Once), an AI-based image analysis method, to analyze harmful animals in real time to reduce malfunctions, and high-brightness LEDs and ultrasonic frequency speakers were used as extermination devices. The speaker outputs an audible frequency that only animals can hear, increasing the efficiency to only exterminate wild animals. The proposed system is designed using a general-purpose board so that it can be installed economically, and the detection performance is higher than that of the devices using the existing sensor.

• Key Words : Wild animals, AI-based image analysis, YOLO(You Only Look Once, High-luminance LEDs, Ultrasonic Frequency Speakers

Received 04 September 2022, Revised 27 September 2022, Accepted 29 September 2022

* Corresponding Author Choong-Ho Lee, Dept. of Infomation and Commuication Eng., Hanbat National University, 125, Dongseo-daero, Yuseong-gu, 34158 Daejeon, Korea. E-mail: chlee@hanbat.ac.kr

I. 서론

산업 발전으로 인하여 과거에는 야생동물이 살던 공간에 계속 도로와 건물이 많이 개발되고 있다. 또한 주거지역이 개발되면서 도로에 달리는 차량의 수도 급증하고 있다. 이런 영향으로, 원래 야생동물들이 자유롭게 다니던 서식지가 갈수록 좁아지게 되었다[1]. 이 때문에 야생동물들이 이동 시에 인간이 만든 도로를 가로지르다가 자동차와 충돌하여 생기는 로드킬이 많이 발생하게 되었다[2]. 인간의 측면에서도 야생동물이 인간이 거주하는 공간을 침범하여 농작물에 피해를 끼치는 일이 점점 증가하고 있다. 환경부에서 2014년부터 2018까지 연도별로 조사한 바에 따르면 매년 평균적으로 약 117억 원대의 피해가 발생하는 것으로 추정된다[3]. 주로 피해를 주는 동물들은 대표적으로 멧돼지와 고라니를 들 수 있다. 멧돼지는 코로 땅을 파서 밭의 농작물을 먹어서 피해를 주고 있고, 고라니도 1m 정도의 담장이나 펜스를 뛰어넘어 피해를 준다.

이런 문제를 줄이기 위하여 기존에는 야생동물의 움직임을 감지하여 경보를 울리는 시스템이 설치되었다. 하지만, 이 방법은 PIR(Passive Infrared) 움직임 감지 센서, 초음파센서, 비전 센서 등이 단순히 움직임을 감지하는 센서이기 때문에 기상 악화 시 바람이나 눈비에 의한 센서 주위의 미세한 나뭇가지의 진동 등에도 수백 번씩 오동작하는 문제가 발생하고 있다.

본 논문에서는 안정적인 야생동물의 감지와 퇴치를 위하여, YOLO(You Look Only Once)[4-5] 기반 영상분석을 이용하여 객체를 분석하고 경고를 발생하여 퇴치하는 시스템을 구현하였다.

II. 관련 연구

2.1 기존 방식의 비교 분석

표 1은 기존 야생동물 피해방지 방법으로 대표적인 방법인 생태통로와 유도 펜스 방식은 고속도로에서 대표적으로 사용하는 방법을 나타낸다. 여기서, 생태통로의 단점은 설치비용이 많이 들고 설치지역이 제한됨에 따라 한정적이라는 것이다. 이 생태통로의 단점을 극복하는 가장 효과적인 방법은 유도 펜스를 설치하는

방법이다. 하지만 이 방법은 펜스를 설치할 때 충분히 길게 설치할 필요가 있으며, 일반국도에는 설치가 어려울 뿐만 아니라 생태계를 단절시킬 수 있다는 단점이 있다. 더욱이, 관리 소홀로 유도 펜스 철조망이 뜯기거나 훼손되었을 때, 그 틈을 통해 야생동물이 고속도로에 침입하게 되면 오히려 훼손된 유도 펜스 때문에 빠져나가지 못해 사고가 날 수 있다는 점도 단점이 된다.

Table 1. Advantages and disadvantages associated with roadkill prevention 1

방식	장점	단점
생태통로	<ul style="list-style-type: none"> · 단절된 생태계 연결 탁월 (2011년 317개 소 운영) · 배수구, 다리, 통행로 등과 연계 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 설치비용 높음 (10~20억 원) · 인간의 간섭 많은 곳은 동물 이용 미흡
유도 울타리 (침입방지 펜스, 유도 펜스)	<ul style="list-style-type: none"> · 비교적 저렴한 설치비 (45,000원/m, 고가형 10~20만 원/m) · 가장 검증된 방법 (사슴의 경우 일반적으로 60~70%의 로드킬 저감) 	<ul style="list-style-type: none"> · 충분한 길이로 설치 필요 · 생태계 단절 우려 · 일반국도에는 생활여건 상 설치 불가능

표 2에 있는 내용 또한 각 방법과 장단점을 나타내고 있다. 여기서는, 센서를 이용하여 야생동물을 감지하고, 천적의 울음소리 등으로 퇴치하는 방법을 사용하고 있다. 하지만, 이 방법들도 센서가 오동작할 때 천적이 되는 야생동물의 울음소리가 주변 민가에 소음을 유발할 수 있는 단점이 있다.

이와 같은 단점을 비교, 분석하여 본 논문에서는 AI 기반 YOLO 알고리즘을 적용하였고[6-7], Jetson Nano 보드를 이용하여 야생동물 감지 및 퇴치 시스템을 구현하였다. 입력장치로는 적외선 기능이 있는 CSI(Camera Serial Interface) 카메라를 보드에 연결하여 사용하였고, 출력장치로는 고휘도 LED와 초음파 스피커를 사용하였다. 출력장치는 소음 문제없이 야생동물을 효과적으로 퇴치할 수 있게 한다.

Table 2. Advantages and disadvantages associated with roadkill prevention 2

방 식	장 점	단 점
동물 자극 기술 (호랑이 소리, 배설물 살포 등)	· 생태계 단절 개선	· 동물 적응에 따른 효과 감소 · 소음 등으로 인간에게도 나쁜 영향을 미침
센서를 이용한 접근 감지형 (근접센서 → 음향)	· 교통량이 적은 국도에서 로드킬 방지 효과가 높음	· 교통량이 많은 도로의 로드킬 방지에 취약함 · 센서의 오작동이 높음

2.2 YOLO 방식

물체를 탐지하는 방식 중에 본 논문과 관련된 것은 DPM(Deformable Parts Model)과 R-CNN(Recurrent Convolutional Neural Network), YOLO 등을 들 수 있다. 이 중 YOLO[4, 5]는 이미지 내의 Bounding Box와 클래스 확률을 단일 회귀 문제(Single Regression Problem)으로 간주하여 한 번 보는 것만으로 물체의 종류와 위치를 검출하는 딥러닝 알고리즘으로서, 다른 방법보다 짧은 시간에 물체를 검출할 수 있다. 따라서, 야생동물의 검출과 퇴치가 실시간에 이루어져야 하기 때문에 YOLO가 가장 적합한 것으로 판단된다.

기존에 유사 분야 응용에 사용된 방법[6]에서는 검출 시스템이 YOLO를 기반으로 Ubuntu 서버, 안드로이드 애플리케이션, 아두이노, 컬러 적외선 웹캠을 사용하였으며, 퇴치 장치로 단순 스피커를 사용하였다.

이에 비하여 본 논문에서 사용하는 방법은 YOLO를 사용하는 것은 유사하나 검출 시스템에 별도의 서버가 없이 Jetson Nano 보드에서 YOLO 알고리즘을 구동하고, 보드에 장착된 모듈용 적외선 CSI 카메라를 사용하고 퇴치 시스템에 고휘도 LED와 초음파 스피커를 사용하였다.

III. 실험 내용

3.1 영상분석 알고리즘 검출모델 선정

실험에 사용된 영상분석 감지기의 방식은 그림 1과 같다. 이 방식에는 1-Stage 감지 방식과 2-Stage 감지 방식이 있다. 2-Stage 감지 방식은 객체의 형태를 인지한 범위에서 분류되기에 정확도가 높지만, 복잡한 분류처리로 속도가 느려져서 실시간 객체 인식에 적합하지 않은 부분이 있다. 이에 반면에 1-Stage 감지 방식은 인식과 분류작업이 동시에 진행되기 때문에 실시간으로 접근할 수 있지만, 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 이번 연구에서 사용될 1-Stage 검출 방법 중에 대표 모델방식인 YOLO 방식을 선정하였다.

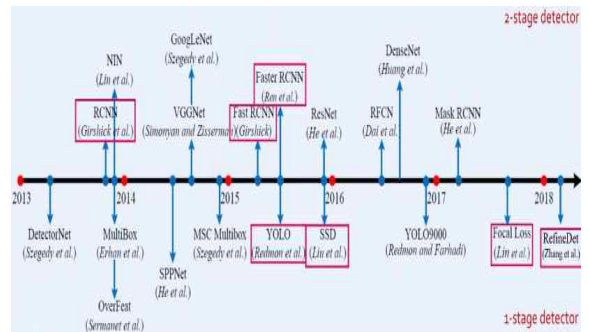


Fig. 1. 1-Stage detector, 2-Stage detector

YOLO는 실시간 객체의 검출하기 위해 사용되는 합성곱 신경망 네트워크(CNN)이다. YOLO는 기존 복잡한 회귀 문제를 해결하여 빠르게 객체를 인식하며, 기존 객체 인식 알고리즘과 달리 전체적인 상황을 확인하여 객체를 보지 않고 주변 배경까지 학습하기 때문에 2-stage 감지 방식 중에 R-CNN보다 어려움이 낮다. 그리고 YOLO는 일반화된 내용을 학습하여 학습 훈련에서 발견하지 못한 새로운 내용에 대한 학습 검출 정확도가 높다. YOLO 알고리즘은, 먼저 이미지 크기를 조정하고 합성곱 신경망(CNN)을 한 번만 진행한 뒤에 마지막으로 Non-Max suppression하는 순서를 가진다. 구체적으로는, 여러 감지된 영역을 하나의 영역으로 결정하여 박스 처리한 뒤에 객체 인식된 분류를 출력하는 구조를 가지고 있다.



Fig. 2. Idle state and active state

최근 많이 알려진 객체 인식 알고리즘 중에서 검출 속도는 Faster R-CNN이 가장 빠르고, YOLO 알고리즘이 그다음 빠르다. 또한, 객체 알고리즘의 인식률을 나타내는데 YOLO가 91%의 인식률을 보이면서 가장 높은 인식률을 보여준다[4-7].

따라서, 가장 빠르고 정확한 알고리즘인 YOLO를 이번 논문에 사용하여 실시간으로 객체 정보를 확인하며 분석하도록 설계하였다.

3.2 퇴치장치(초음파 스피커, 고휘도 LED) 구현

위 내용의 영상분석 알고리즘을 통해 객체를 판단하여 해당 객체가 야생동물인지 파악한 다음, 그 야생동물을 효과적으로 퇴치할 필요가 있다. 기존 퇴치는 대체로 소음을 유발하는 장치들을 사용하기 때문에 인간에게도 피해를 준다.

이 문제를 해결하고자 인간과 야생동물의 가청주파수가 서로 다른 것을 이용하여 인간의 가청주파수를 벗어나는 초음파주파수에서 경고음을 발생시키는 장치를 사용하였다. 인간의 가청주파수는 20-20,000Hz 대역으로 그 이상의 주파수를 초음파주파수(Ultrasound)라고 한다[8].

다른 퇴치 방법은 강한 빛으로 야생동물을 퇴치는 것이다. 그림 3의 고휘도 LED는 방수기능을 가지고 있으며 사이키 기능도 있다. 이 장치는 깜박거리는 효과로 퇴치 효과가 더 크다.

전결합법에 따라 다른 색이끼는
 결합도 - (공용)
 색온도 + 사이키(깜박) 기능
 방수 + 일반 조명

고휘도 LED 사양	
- 전력/전압 :	12/24V
- 방수 :	IP67
- 색온도 :	주광색
- 크기 :	60 * 25mm
- 조사각 :	30도
- 평균수명 :	30,000hr

Fig. 3. High brightness LED Specifications

3.3 시스템 흐름도

본 논문은 AI 기반 영상분석 알고리즘을 탑재하고 퇴치 장치 기능까지 구현한 시스템을 그림 4, 그림 5와 같이 구현하였다. 그림 4는 하드웨어 구성을 보여준다. 그림 5와 같이, 영상 입력 장치로 사용할 CSI 카메라를 Jetson Nano 보드에 연결하고, 퇴치 장치인 초음파 스피커와 고휘도 LED를 설치하였다.

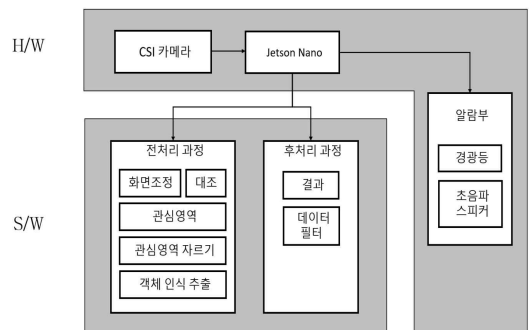


Fig. 4. System Configuration Diagram

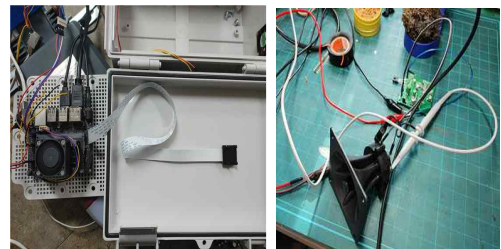


Fig. 5. Hardware Design

소프트웨어 기반으로 YOLOv4로 선정하였다. 카메라에 입력된 이미지와 내부 오픈소스 기반인 이미지를 대조하고 영상분석 중에 최상위 사진을 추출하여 저장과 백업한 뒤에 입력된 내부 데이터 셋을 비교하여 동물 종류를 판단한다.

Jetson 보드의 세팅은 다음과 같다. 먼저 Jetson 보드의 전원을 인가 후 운영체제를 SD Card에 설치 후, Jetson 보드에 SD Card를 연결한다. 운영체제를 가지고 있어 PC처럼 사용할 수 있다. 설치가 완료되면 기본적인 세팅작업을 한다. 세팅작업까지 완료되면 Darknet 프로젝트를 설치한다. 그리고 미리 학습된 모델의 가중치 파일인 YOLOv4.weights를 다운로드하여 디렉토리에 저장하면 된다. 그림 6과 같이 테스트 예제 이미지를 실행시켜 잘 작동되는지 확인하였다.

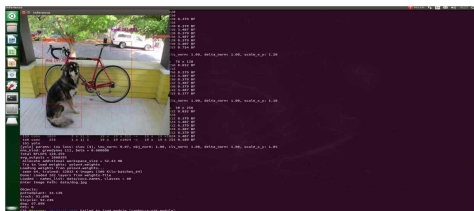


Fig. 6. YOLOv4 working test on Jetson board

예제 이미지를 실행하였을 때, 해당 이미지에서 개를 97%, 자전거 92%, 트럭을 91%로 인식하는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 실험 결과

이미지 분석 소스 프로그램을 입력하여 야간에 실제로 고라니를 촬영하여 영상분석을 하였다. 하지만 그림 7과 같이 실험 당시 야생동물이 야간에 주로 출몰하고 아직 충분한 데이터 셋이 확보되지 않아서 실험에 어려움이 있었다. 촬영된 영상으로 고라니가 감지되었지만, 아직 충분한 데이터 셋이 부족하여 정확도는 낮게 측정되었다. 그래서 길에서 흔히 볼 수 있는 길고양이들로 실험을 대체하였다.



Fig. 7. Detection of wild animals at night

그림 8과 같은 야생 고양이들로 많은 양의 데이터 셋을 확보하여 촬영하여 실험한 결과, 무늬를 가진 고양이는 인식률이 프레임당 평균적으로 87%대를 나타내었다. 한편, 흰색 고양이는 인식률이 프레임당 평균 94%로서 상대적으로 약 7% 정도 높았다. 하지만 프레임당 움직이는 객체를 다른 물체로 인식하는 오인식의 경우도 약 6~13% 정도 발생하였다.



Fig. 8. Cat detection

또한, 퇴치 장치의 효과를 증명하기 위해 실제 야생동물이 출현하는 발에 설치하였다. 그림 8과 같이 하드웨어와 소프트웨어를 기반으로 Jetson Nano 보드를 장착한 후 야생동물이 다니는 길목에 설치하여 반응을 확인하도록 하였다. 하지만 실험 당시 영상에 감지되어 퇴치 대상에 포함된 고라니 등의 영상자료가 충분히 확보되지 않아 실험에서 제외하였다. 구현한 퇴치 장치 효과를 검증하기 위하여 야생 고양이들에 대하여 그림 9와 같은 실험을 진행하였다.

고휘도 LED와 초음파 스피커를 통해 반응실험을 통하여 퇴치 장치의 효과를 확인하였다. 같은 장소에 장치를 설치하고 3일간 퇴치 효과를 확인하였다. 3일간 3마리의 고양이가 구현된 시스템을 통하여 퇴치되어 원래 통과하던 길을 우회하는 것을 확인하였다. 이것을 통하여 고휘도 LED와 초음파 스피커를 이용한 퇴치 장치가 효과가 있다는 것을 검증하였다.

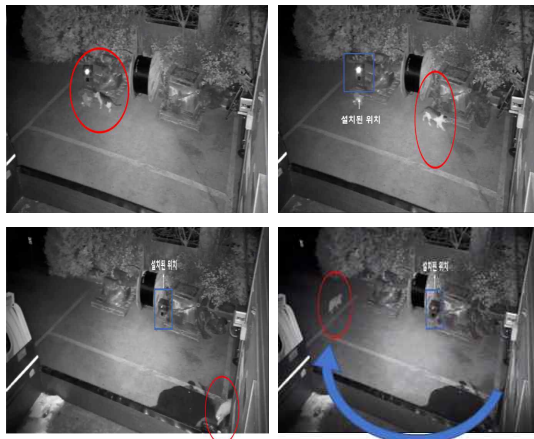


Fig. 9. Street cat reaction experiment

V. 결론

YOLO 기반 영상분석 알고리즘을 통해 야생동물을 검출하고, 고휘도 LED와 초음파 퇴치 장치를 이용하여 퇴치하는 시스템을 구현하였다. 별도의 서버가 없이 단일 보드 내에서 YOLO 알고리즘을 구동하고, 야생동물 검출 시 인간의 가청주파수를 벗어난 초음파 주파수의 경보를 발생시켜 퇴치하는 방법으로 실험하여 유효성을 검증하였다. YOLO는 Jetson Nano보드 상에서 소프트웨어로 구현하였으며, 입력 영상은 적외선 감지 기능이 있는 CSI 카메라를 사용하였다. 향후 다양한 야생동물에 대한 학습데이터와 이에 대응하는 소프트웨어 업그레이드가 필요하다. 또한, 야생동물 객체 영상을 분석, 저장, 백업하고 이동통신 장치까지 연결하여 제어할 수 있도록 개발할 계획이다.

REFERENCES

- [1] J. S. Song, G. J. Lee, and B. H. Han, "A Study on the Road-kill Decrease Effect of Mammals Followed by Installation of Highway Wild-life Fences," Korean Society of Environment and Ecology, pp. 123-125, 2009.
- [2] H. K. Kweon, Y. H. Choi, M. J Kim, and J. W. Lee, "Study on the Status and Cause of the Road Kill for Wildlife Killing Reduce," Journal of Forest and Environmental Science, Vol. 24, No. 2, pp. 99-109, 2008.
- [3] Ministry of Environment Korea, (2019, June). Status of Harmful Wildlife Damage. [Online]. Available: http://me.go.kr/home/web/policy_data/.
- [4] T. Y. Lee, Object Detection of Road Facilities Using YOLOv3 for High Definition Map Updates, KERIS Theses & Dissertations, Vol. 34, No. 1, pp. 251-260, 2022.
- [5] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-time Object Detection," 2016 IEEE Conference on, pp. 779-788, 2015.

- [6] A. Lee, S. Park, J. Hong, "Development of a Yolo-Based System for Prevention of Wildlife Damage," Proceedings of Conf. of 2018 KIISE, pp.1897-1899, 2018.
- [7] J. S. Lee, M. G. Kim and H. I. Kim, "Camera and LiDAR Sensor Fusion for Improving Object Detection," Journal of Broadcast Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 580-591, 2019.
- [8] C. H. Moon, "Design of an Ultrasonic Speaker with Piezoelectric Ceramic and Fabrication of its Prototypes," Proceedings of the Acoustical Society of Korea Conference, pp. 5-8, 1998.

저자 소개

채민욱 (Min-Uk Chae)



2018년 8월 : 서울사이버대학교
컴퓨터공학과(학사)
2022년 8월 : 한밭대학교
정보통신공학과(석사)
2014년 3월~현재 : (주)오티에스
연구원
관심 분야 : 영상처리, 컴퓨터비전

이충호 (Choong-Ho Lee)



1985년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학사)
1987년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학석사)
1998년 3월 : 도호쿠대학교(일본)
정보과학연구과(공학박사)
1987년 2월 ~ 2000년 2월 : KT

전임연구원

2000년 2월~현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
관심 분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 기계학습, 빅데이터,
소프트웨어교육