

엣지컴퓨팅 기반 유해조수 퇴치 드론의 동물 추적기법 개발

이슬*, 김준태*, 이상민*, 조순재*, 정서훈*, 김형훈**, 심현민*

*동서울대학교 전자공학과

**삼성전자

dltmfzxc123@naver.com, yms03116@naver.com, minn0915@naver.com,
tnswo1133@naver.com, asdfg9123@naver.com, gmobiletech@naver.com,
hmshim@du.ac.kr

Development of Animal Tracking Method Based on Edge Computing for Harmful Animal Repellent System.

Seul Lee*, Jun-tae Kim*, Soon-jae Cho *, Sang-Min Lee*, Seo-hoon Jeong*, Hyung Hoon Kim**, Hyun-min Shim*,

* Dept. of Electronic Engineering at Dong Seoul University

** Samsung Electronics

요 약

엣지컴퓨팅 기반 유해조수 퇴치 Drone의 유해조수 추적 기술은 Doppler Sensor를 이용해 사유지에 침입한 유해조수를 인식 후 사용자에게 위험 요소에 대한 알림 서비스를 제공한다. 이후 사용자는 Drone의 Camera와 전용 애플리케이션을 이용해 경작지를 실시간으로 보며 Drone을 조종한다. Camera는 Tensor Flow Object Detection Deep Learning을 적용하여 유해조수를 학습 및 파악, 추적한다. 이후 Drone은 Speaker와 Neo Pixel LED Ring을 이용해 유해조수의 시각과 청각을 자극해 도망을 유도하며 퇴치한다. Tensor Flow object detection을 핵심으로 Drone에 접목했고 이를 위해 전용 애플리케이션을 개발했다.

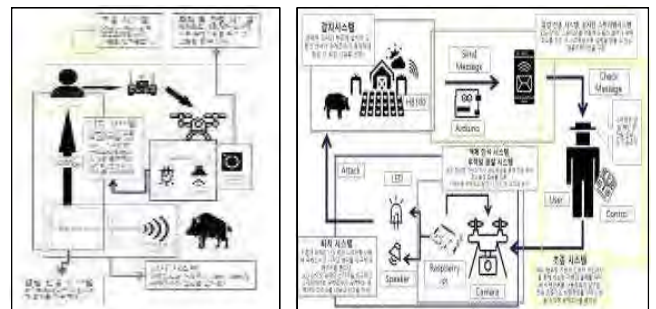
I. 서론

현재 농가에서는 각종 유해조수에 의한 경제적, 인적 피해가 큰 상황이다. 실제로 올해 충북 보은군에서의 사례에서는 8월 말까지 무려 42건의 피해 사례가 접수됐으며 피해 금액으로도 2,744만 원을 지급했다. 다른 사례로 퇴치하는 과정에서 전기 울타리 사고, 염사의 오발 사고 등 인명 피해도 속출하는 상황이다. 농가 피해는 매년 눈덩이처럼 불어있는 실정이다. 그 피해액 또한 증가해 정부의 지원으로 퇴치에 힘쓰고 있지만 비싼 설치비용 대비 미미한 효과로 여전히 피해액이 증가 추세이다[1-3].

유해조수라도 생명의 존엄성이 있어 인간은 재산과 권리를 지키면서도 공존할 필요가 있다. 이에 대한 방안으로 Drone을 사용한다. 농업용 Drone은 인력과 시간을 크게 줄일 수 있는 장점으로 가장 활발하게 활용될 수 있다는 평가를 받고 있다[4].

이전 연구에서는 유해조수를 Camera를 통해 육안으로 식별하는 등 몇 가지의 문제점이 있었으나 본 논문에서는 Object Detection을 사용하여 바로 식별하며 추적 및 관찰 기능에 차별성을 두어 해결했다 [5].

II. 시스템 구성



(a) 기존 시스템 구성도 (b) 개선된 시스템 구성도
그림 1. 시스템 구성도.

1. H/W 시스템

H/W 시스템 구성은 감지 시스템, 조종 시스템으로 총 2개의 시스템으로 이루어져 있다.

감지 시스템은 Doppler Sensor로 물체를 감지하여 작동된다. 침입 사실을 통해 Arduino로 신호를 전달한다. 조종 시스템은 Drone의 안전성을 위해 FC를 Calibration하여 안정적인 비행을 한다[5].

유해조수를 감지하고 신호를 보내기 위해 사용하는 센서는 Doppler 센서를 적용하였다. Doppler 센서는

감지 범위가 넓으면서 주파수가 높아 직선으로 전파가 쏘아지는 특성이 있어 관찰하고자 하는 곳을 정확하게 감지할 수 있다[6-7]. 본 논문에서는 10.525GHz로 동작하는 두 종류의 Doppler Sensor를 사용했다[5].

본 논문에서는 감지 신호 수신 기능 및 Deep Learning을 기반으로 영상 처리된 내용을 Streaming을 하는 기능을 한 번에 다루기 위한 애플리케이션을 개발하였다[8]. 애플리케이션은 Android Studio 개발 환경에서 프로그래밍언어 JAVA를 이용해 개발하였다. Android 6.0 (Marshmallow) 이상 버전은 모두 지원한다. 애플리케이션에서 블루투스 On, Off를 실행하고 Arduino Bluetooth Module HC-06을 탐색하고 블루투스 통신을 하여 Arduino Board에서 송신하는 감지 신호를 전달받아 사용자가 재빨리 알 수 있게끔 소리나 진동을 이용한 알람을 실행하는 기능을 구현하였다. 사용자는 애플리케이션을 통해 드론에서 제공하는 영상 Streaming 기능을 실행시켜 Raspberry Pi에서 생성된 IP 주소를 입력하고 촬영되고 있는 영상을 바로 Streaming 하도록 제어한다.

본 논문에서는 객체를 효율적으로 잡기 위해 회전익 비행체인 Drone을 선택했다. 회전익을 사용하면 수직 비행 가능, 물체 근접과 근접촬영이 가능하고 다양하고 중량감 있는 탑재체를 장착이 가능한 점이 있다[9].

Drone의 구성으로는 FC, ESC, DC 모터, Li-Po 배터리, 수신기, 조종기, Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Camera, Coral USB Accelerator로 구성했다. Mission Planner를 통해 Drone의 Calibration을 진행했다.

본 논문에서 카메라는 야간 촬영 시 발생하는 화질 저하 문제를 해결하기 위해 적외선 Camera를 사용했다. Camera는 Raspberry Pi에 연결되어 있다. 유효 촬영 거리는 야간 기준으로 5-8m 이내이다. Raspberry Pi 기준으로 18-20fps까지 영상처리가 되는 것을 확인했다[10].



그림 2. Drone.



그림 3. Camera.



그림 4. 유해조수 인식장치.

본 시스템에서 사용하는 소음 발생장치는 Arduino를 기반으로 하여 유해조수가 싫어하는 주파수 음역대 150-800Hz의 저주파 음이 저장된 SD카드를 장착한 MP3 모듈과 소리를 출력할 Speaker로 구성되었다. 소음 발생장치는 저주파 음을 반복적으로 재생하여 유해조수에게 혼란을 야기한다[5].

본 시스템에서 사용하는 Neo Pixel LED Ring은 LED 빛을 교차하면서 발광하여 그 LED 빛을 본 생물은 광과민성 발작을 일으키면서 시야에 자극을 주어 유해조수를 물리나게 하여금 그 상황을 타개하도록 하였다[5].

유해조수 인식장치는 카메라를 통한 영상처리 기반으로 구현하였으며, 영상처리를 위한 장치로는 Raspberry Pi 4와 Coral USB Accelerator를 사용하였다. Raspberry Pi 4의 CPU BCM2711은 LPDDR4 램을 최대 16GB 처리할 수 있는 능력이 된다. 베타 버전인 64bit OS를 사용할 수 있게 되었지만, 안정성을 위해 32bit OS를 설치 후 진행한다.

표 1. Raspberry Pi 성능비교

	Raspberry Pi 4GB	Raspberry Pi 8GB
CPU	28nm 1.5GHz Quad Cortex A72 BCM2711	28nm 1.5Hz Quad Cortex A72 BCM2711
RAM	4GB LPDDR4-10666	8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Network	1GHz True Gigabit LAN and BT 5.0	2.4 GHz and 5.0 GHz Gigabit LAN BT5.0
GPIO	40pin	40pin
Resolution	UHD(3840x2160) 60fps	UHD(3840x2160) 60fps
USB	UBS3.0 x2, USB2.0 x2	UBS3.0 x2, USB2.0 x2
Extend	Display, Camera Port	Display, Camera Port
Power	C-type(15W)	C-type(15W)
etc	PoE, OpenGL EX 3.0	PoE, OpenGL EX 3.0

Raspberry Pi는 Drone에 부착하였다. 이는 앞서 이야기한 Raspberry Pi 전용 Camera와 함께 사용되는 데 현장 상황을 파악하고 조수 파악을 위한 객체 인식을 위해 사용하였다.

유해조수 인식을 위한 Deep Learning은 Raspberry Pi의 처리능력으로는 제한이 있으며, Deep Learning 처리 전용 H/W로 구글에서 만든 edge-TPU를 사용한 Coral USB Accelerator를 이용하였다. Coral USB Accelerator는 Raspberry Pi를 포함한 모든 리눅스 기반 시스템과 쉽게 연동해 사용할 수 있다.

2. S/W 시스템

S/W 시스템 구성은 객체 인식 시스템, 알림 전송 시스템, Streaming 시스템으로 3가지이다.

객체 인식 시스템은 Raspberry Pi Camera를 통해 객체를 파악한다. 알림 전송 시스템은 Arduino와 Doppler Sensor를 연결해 센서에 인식되면 그 신호 값을 애플리케이션으로 보내 사용자가 침입 사실을 알게 한다. 마지막으로 Streaming 시스템은 애플리케이션과 Raspberry Pi Camera로 Streaming 한다.

객체 인식 시스템은 Coral USB Accelerator 기반의 Deep Learning 모델을 이용하였다. Coral USB Accelerator를 사용하기 위해서 Edge TPU runtime과 Tensor Flow Lite 라이브러리를 설치하여 프로그래밍하였다.

Tensor Flow Lite는 Tensor Flow의 경량 버전으로 엣지 컴퓨팅에 사용된다. 이는 모델을 바로 훈련시킬 수 없고 Tensor Flow에서 훈련한 모델을 Tensor Flow Lite converter라는 tool을 이용해 변환 후 사용한다[11].

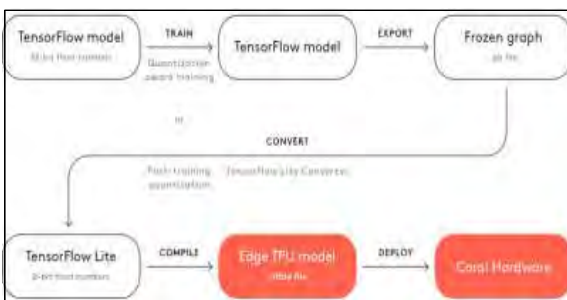


그림 5. Edge TPU용 모델을 생성을 위한 기본 workflow.

본 논문의 물체 감지 기술은 Tensor Flow의 R-CNN 방식을 사용하며 학습했다. 이미지 넷을 통해 학습된 모델을 fine tuning을 하여 객체를 인식한다. 본 논문에서는 모형을 따로 학습시켜 맷패지로 인식시킨다[12-14].

$$MSE = \frac{1}{dfE} \sum (Y_i - \widehat{Y}_i)^2 \quad (1)$$

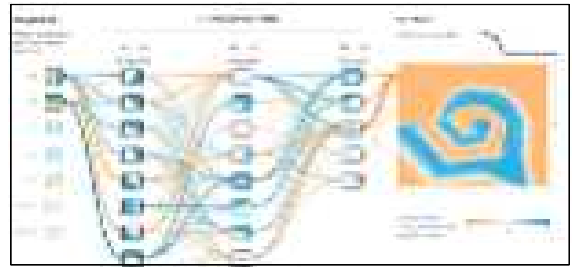


그림 6. 머신러닝의 Image classification.

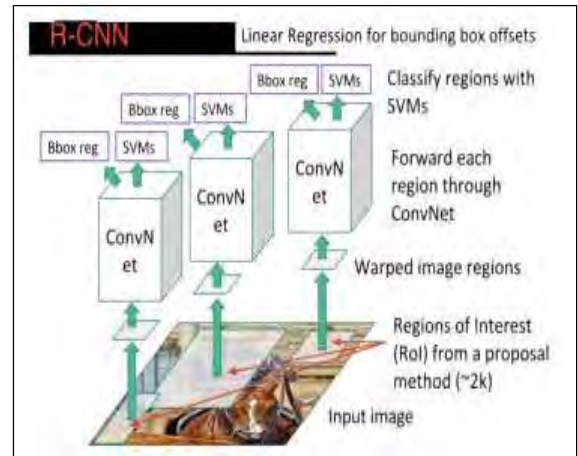


그림 8. Object Detection의 원리.

III. 성능평가

본 장에서는 구현한 기능과 메인 기술인 Drone과 객체 인식이 정상적으로 이루어지는지 평가했다.

먼저 Drone을 작동시켜 Drone의 Calibration 상태를 확인하고 조종기의 정상 작동을 확인했다. 다음으로 각종 Sensor의 정상 작동 확인을 위해 코딩해 Debug 했고, Sensor의 물리적인 작동도 정상 작동을 하는지 확인했다. Object Detection을 확인하기 위해 Raspberry Pi와 Raspberry Pi Camera를 연동했으며 Open CV를 설치하였고 Tensor Flow Object Detection 알고리즘을 적용하여 간단한 사물을 인식하는 것을 확인했다.



그림 7. Tensor Flow Object Detection.

VI. 결론

본 논문에서는 유해조수로부터 사유지를 지키고 인간과 동물이 함께 공존하면서 피해를 받지 않기 위해 엣지컴퓨팅 기반 유해조수 퇴치 드론에 대해 정리했다.

이전 연구에서의 발생하는 문제점들을 Camera를 통해 스트리밍, Object Detection 기술과 엣지컴퓨팅 기술 등을 이용하여 유해조수를 정확히 인지하기 어려웠던 이전 연구의 단점을 개선했다.

그림 7에서 Object Detection 결과 멧돼지와 사슴이 각각 dog과 giraffe로 인식되는 것으로 확인하였다. 이는 모바일넷을 통한 학습 데이터에 유해조수에 대한 자료가 부족하기 때문인 것으로 판단되며, 이를 해결하고자 향후 연구에서 진이 학습으로 기법을 이용하여 해조수의 학습 데이터를 구축하며 정확한 Object Detection을 구현하고자 한다.

엣지컴퓨팅 기반 유해조수 추적 기술 동물 퇴치 드론을 이용함으로써 원거리 퇴치가 가능해 직접 퇴치시 발생할 수 있는 인명피해와 인력 낭비 등을 해결할 것으로 기대한다.

**본 논문은 과학기술정보통신부
정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한
ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.**

참고문헌

[1] 김재광 “보은군 농가 수확철 야생동물 피해...농가 42곳 쫓대밭” https://newsis.com/view/?id=NISX20200912_0001163917

[2] 이재림 “한밤 옥수수밭서 멧돼지 쫓다 오발 사고...1명 사망” <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200813067000063>

[3] 오현식 “야생동물 습격, 논밭·농작물 ‘쫓대밭’...철조망도 무용지물” <https://www.nongmin.com/news/NEWS/FLD/CNT/324693/view>

[4] 차주화 기자, “日서 ‘농업용 드론’ 활약...농약·비료 살포 및 유해조수 활용 연구도”, 공감신문, 2020-09-18 22:04:54, http://www.gokorea.kr/sub_read.html?uid=38631#

[5] 이슬, 김준태, 조순재, 조범연, 정서훈, 김형훈, 심현민 “마이크로 도플러 센서를 이용한 유해조수 퇴치드론,” 2019년 추계학술발표대회 논문집 26권, 2호, pp.34 - 37, 2019.11

[6] E. S. Kim and G. C. Kim, “주파수 가변형 헤어

핀공진기를 이용한 동작감지용 도플러 레이더센서의 제작 및 설계,” 한국전자통신학회논문지, vol. 13, no. 5, pp. 931 - 936, Oct. 2018.

[7] 박민, 박필재, 김동영, 김천수, 구본태, 정희범, 유현규. 77GHz 자동차 레이더 부품 기술동향. ETRI 전자통신동향분석, 27(1), 0-0, 2012.

[8] 김창환, “스마트 폰 기술 및 시장 전망,” 인터넷정보학회지 vol.11 no.1, pp. 13 - 23, 1229-8522, 2010

[9] 유찬석, 김석구, 드론의 기초 및 기반기술, 국가과학기술정보센터, p12, 2015.

[10] 나용환, 김응태, “임베디드 시스템용 Single Shot Multibox Detector Model 기반 적외선 열화상 영상의 객체검출,” 한국방송공학회 2019년도 하계학술대회, 2019, pp.9-12

[11] Google, TensorFlow models on the Edge TPU(2020), <https://coral.withgoogle.com/docs/edgetpu/models-intro/>

[12] 김재준, 최태영. “실시간 야구 중계를 위한 CNN 기반 고속 야구 선수 위치 검출 시스템,” 정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지, 25권, 3호, pp.171-178, 2019

[13] 현정환, 임혜연, 강대성, “객체 검출 시스템 개발을 위한 Tracking-Learning-Detection 알고리즘과 학습알고리즘에 관한 연구,” 한국정보기술학회논문지, 15권, 12호, pp.139-145, 2017

[14] T. J. Sheng et al., “An Internet of Things Based Smart Waste Management System Using LoRa and Tensorflow Deep Learning Model,” in IEEE Access, vol. 8, pp. 148793-148811, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3016255.