

자율 주행 키트를 활용한 AI 말벌 탐지 시스템

Proceedings of KSCI Conference 2025

저자: 원유석*, 김주현**
발표자: 김주현

목차

COOPERATION PROJECT
WORK REPORT

- 01 연구 배경 및 필요성
- 02 시스템 설계 및 구현
- 03 한계점 및 향후 연구
- 04 결론

연구 배경 및 필요성

‘등검은말벌’ 급증... 농가 피해 심각

농민신문

‘등검은말벌’ 잡아라...4~6월 전국 동시방제로 양봉농가 피해 줄여야

입력 : 2024-04-02 15:00

2010년 생태교란종 지정...꿀벌 포식해 양봉농가 피해
여왕벌 한마리 포획하면 500마리 잡는 효과
유인 덫 설치하고 유인제 보충해야



등검은말벌. 농민신문DB

농촌진흥청은 2일 ‘등검은말벌’로 인한 꿀벌 피해를 줄이고자 월동한 등검은말벌 여왕벌이 활동하는 봄철(4~6월)에 전국에서 동시에 방제해달라고 당부했다.

외래 해충인 등검은말벌은 2003년 부산에서 처음 발견된 이후 전국으로 퍼져 2010년 생태계교란종으로 지정됐다. 주 먹이로 꿀벌을 선호하기 때문에 양봉농가에 피해를 주고 있어 방제가 필요하다.

등검은말벌 여왕벌은 월동에서 깨어난 후 첫 일벌을 부화시키기 전까지 단독으로 활동하는 특성이 있다. 이 시기 여왕벌을 잡으면 가을철 500마리 이상의 일벌과 벌집을 제거하는 것과 같은 효과를 볼 수 있다.

봄철 여왕벌은 주로 양봉장 인근 야산에서 서식하기 때문에 유인 덫을 양봉장 주변과 인근 야산에 설치하고 주기적으로 유인제를 보충해 관리하면 효과적이다.

말벌의 위협과 피해

- 말벌은 꿀벌의 주요 천적
- 꿀 생산 감소
- 농가 수익 손실

기존 탐지 방식의 한계

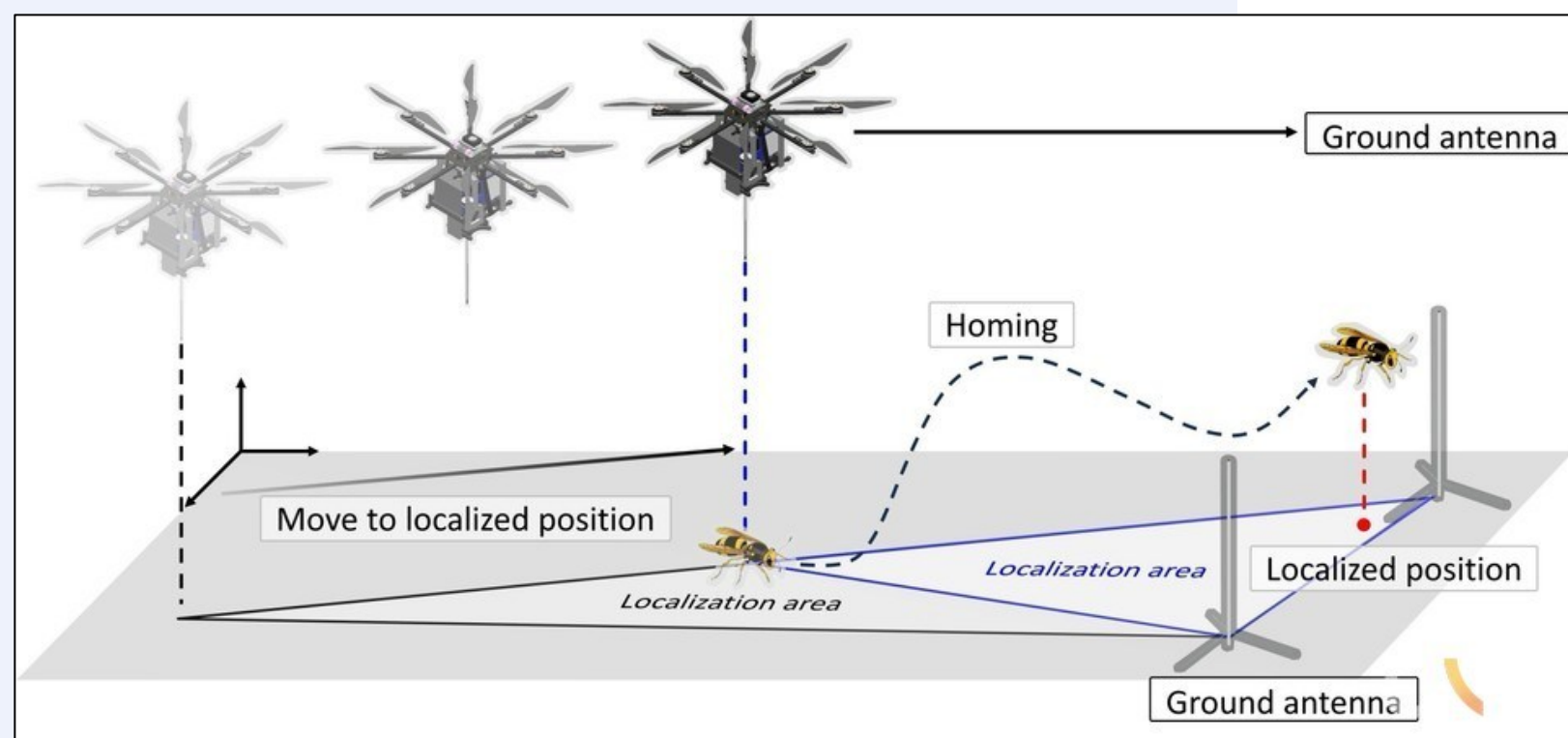
- 현재 말벌 탐지는 주로 수작업에 의존
- 시간과 노력이 많이 소요
- 넓은 지역을 효율적으로 관리하기 어려움

AI 기반 탐지 기술의 필요성

- 최근 AI 기술 발전으로 자동 탐지 시스템이 등장 (드론, IoT 등)
- 하지만 고가 장비 사용으로 농가에 적용이 어려움

연구 배경 및 필요성

말벌 탐지와 관련된 기존 연구 사례와 활용된 주요 기술 소개



수신 신호 강도(RSSI) 모델링

- 센서에서 수신된 신호 강도를 분석하여 말벌의 위치를 추정하는 기법
- 로그-거리 경로 손실 모델을 적용해 신호 세기를 바탕으로 거리 예측 정확도 향상.

확장 FIR 필터를 통한 움직임 예측

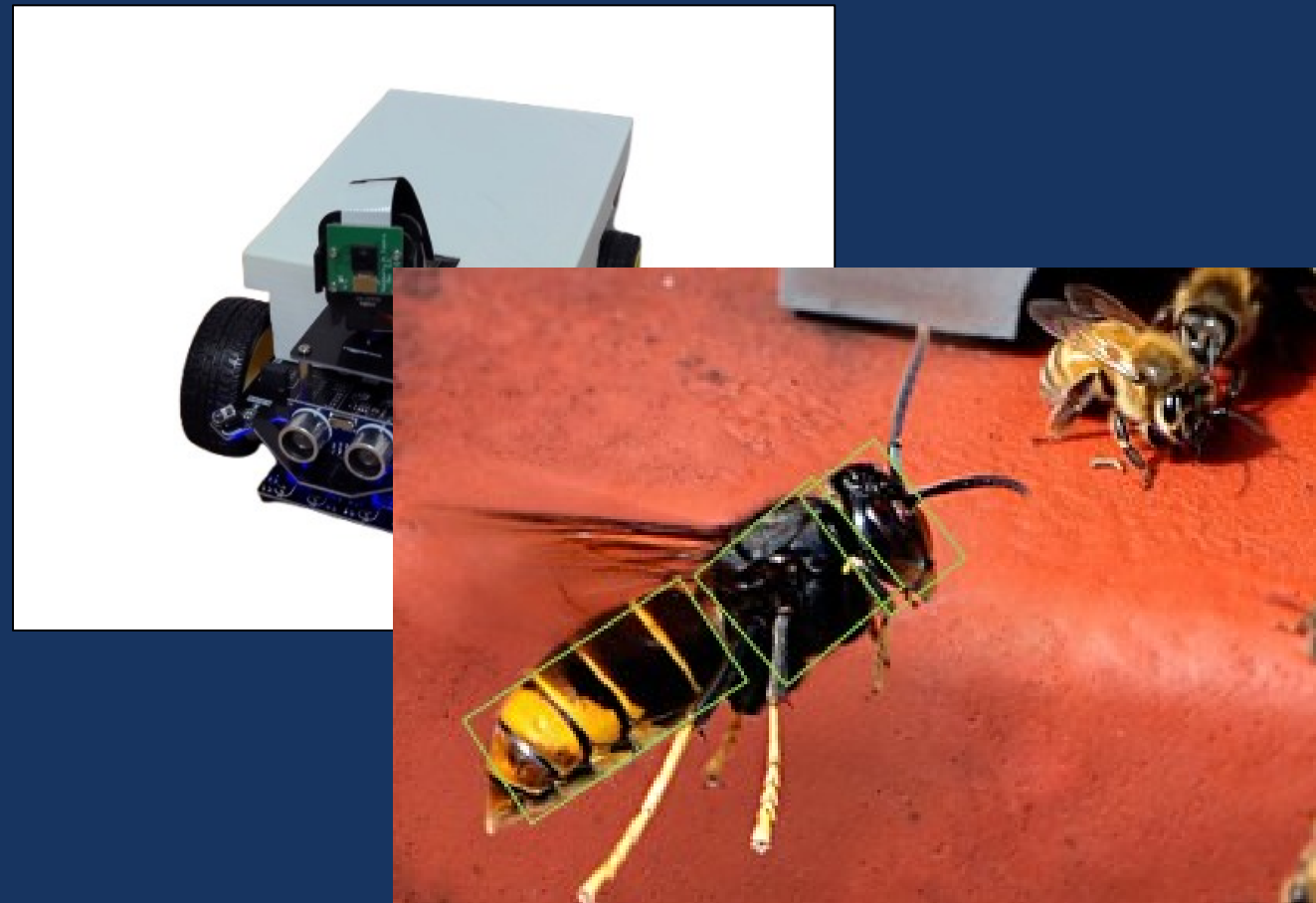
- 말벌의 비선형적 움직임을 선형화하여 실시간으로 위치 추적
- 노이즈와 불확실성을 고려해 추적 성능을 향상시킴.

무지향성 멀티안테나

- 하늘과 지상에 각각 설치된 3개의 안테나가 동시에 센서 신호 수신.
- 삼각측량 알고리즘을 통해 말벌의 정확한 위치를 빠르게 계산.

시스템 설계 및 구현

자율주행 차량과 AI 기술을 결합하여 말벌을 실시간으로 탐지하고,
사용자에게 알림을 전송하는 시스템의 연구 목표 및 설계 소개



● 시스템 목표

AI 기반 탐지 시스템을 통해 기존 수작업 방식의 한계 극복

● 자율주행 차량과 말벌 탐지 AI 결합

- 실시간 탐지
- 위치 데이터 전송
- 사용자 알림 기능 구현

● 시스템 하드웨어 구성

- 라즈베리파이 (메인 컨트롤러)
- 카메라 모듈 (영상 촬영)
- GPS 모듈 (위치 데이터 수집)

시스템 설계 및 구현

자율주행 차량과 AI 기술을 결합하여 말벌을 실시간으로 탐지하고,
사용자에게 알림을 전송하는 시스템의 연구 목표 및 설계 소개



● AI 모델 구성(YOLOv5 기반)

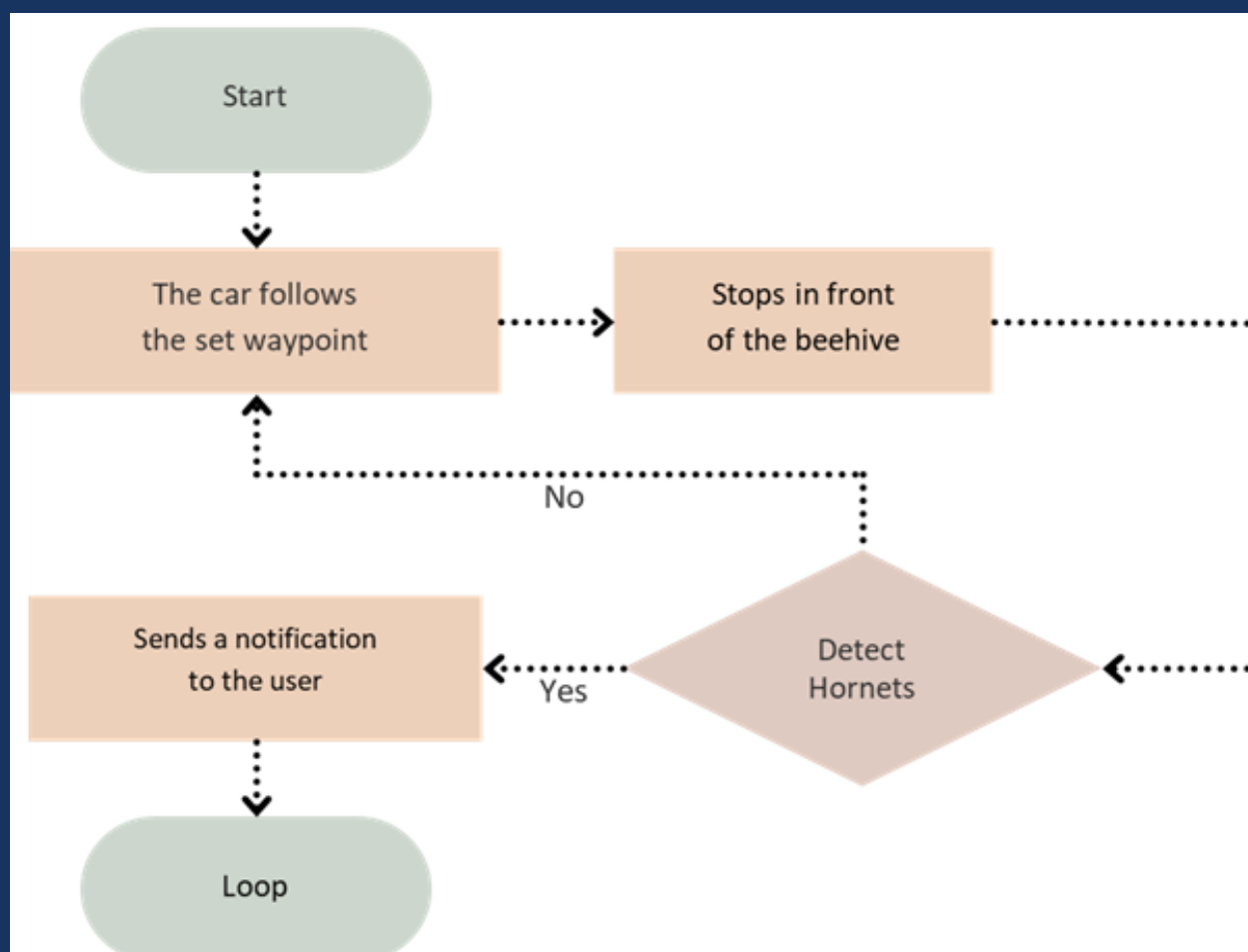
- 고해상도 이미지 3,217장 사용
- 머리, 가슴, 배 부분 개별 라벨링
- 200 에폭 학습

● 성능 지표

성능 지표	Value
mAP@0.5	91.4%
Precision	90.1%
Recall	92.8%

시스템 설계 및 구현

자율주행 차량과 AI 기술을 결합하여 말벌을 실시간으로 탐지하고, 사용자에게 알림을 전송하는 시스템의 연구 목표 및 설계 소개



● 동작 흐름도

- 사전의 설정된 경로로 이동
- 말벌이 120프레임 지속적 탐지 시 데이터 전송 및 알림

시스템 설계 및 구현

사용자가 웹 또는 모바일 앱을 통해 말벌 탐지 알림을
확인하고 관리할 수 있는 시스템



1. 웹사이트 구성

- React와 Spring Boot로 개발
- FCM (Firebase Cloud Messaging)을 활용해 실시간 알림 전송

2. 주요 기능

- 이벤트 목록 확인: 탐지된 시간, 장소, 영상 확인 가능
- 상세 영상 검토: 사용자가 이벤트를 선택해 탐지 상황을 영상으로 확인
- 관리자 알림 설정: 특정 조건에 따라 알림 빈도 및 우선순위 조정 가능

한계점 및 향후 연구 방향

본 연구의 한계점을 분석하고,
이를 보완하기 위한 향후 연구 방향을 제시

한계점



- **조명과 날씨 조건에 따른 탐지 성능 차이**
어두운 환경이나 흐린 날씨에서 탐지 정확도가 낮아지는 문제 발생
- **말벌에 초점을 맞추기 어려운 문제**
날아다니는 상황에서 정확하게 포커스를 맞추기 어려움
- **데이터 부족**
특정 환경에서의 말벌 이미지 데이터가 부족하여 탐지 성능에 영향을 미침

향후 연구 방향



- **다양한 환경 조건에서 추가 실험 진행**
- 조명 및 날씨 변화에 대응할 수 있는 데이터 증강 기법 활용
- **탐지 모델 개선**
- YOLOv5 모델의 추가 튜닝을 통해 탐지 성능 향상
- False Positive를 줄이기 위한 후처리 알고리즘 개발
- **실시간 모니터링 기능 강화**
- 사용자에게 더 빠른 알림 전송 및 대응 기능 추가

결론

연구의 주요 성과와 본 시스템이 제공하는 기대 효과 정리

01

연구 요약

- 자율주행 차량과 AI 기반 탐지 시스템을 결합하여 실시간 말벌 탐지 구현
- 기존 수작업 방식의 문제점을 개선하고 탐지 효율성 향상
- 웹/앱 알림 시스템을 통해 사용자에게 실시간 탐지 결과 제공

AI 말벌 탐지 시스템

02

기대 효과

- 양봉 농가의 피해 감소
- 말벌 피해를 조기에 인지하여 신속한 대응 가능
- 농업 생태계 보호
- 꿀벌 개체 수 감소 문제 해결에 기여
- AI 기술의 현장 적용 가능성
- 다양한 환경 조건에서 적용할 수 있는 실용적인 시스템 제안

03

향후 발전 가능성

- 다양한 조건에서 추가 실험
- 향후 환경 인식 AI 기술로 확장 가능
(농업 병해충 탐지 등)