

해상풍력발전기 조류환경 영향평가를 위한 인공지능 조류충돌방지 시스템

이희용*

*(주)리안 대표이사

요 약 : 해상풍력발전단지 환경평가를 위한 조류충돌저감장치를 개발하기 위하여, 천연기념물 조류를 구분할 수 있는 인공지능 카메라를 개발한다. 보호해야 할 조류를 90프로 이상 정확하게 구분하기 위한 계층구조 라벨링 방법을 고안하고 YOLO5 모델을 사용하여 학습을 수행하고, 그 결과를 보인다.

핵심용어 : 해상풍력발전, 합성곱신경망, 이미지 분류, 이미지 탐지, YOLO

1 기술의 정의

천연기념물 등 조류가 접근하는 것을 확인하여 충돌을 방지하기 위한 사운드 알람을 울려 충돌을 방지하는 시스템으로서 **지정된 고도 및 구역에 접근하는 조류에 대한 경보 발생 및 퇴치 기능을 한다.**

- 충돌 범위에 들어오면 발전기를 비상 정지
- 해상풍력발전단지 조류 환경영향평가를 위해 영상을 저장
- 조류 중별 활동 통계를 내고, 빅데이터 분석에 활용 가능
- 종특성, 서식지 등 다양한 변수를 고려한 경보 발생
- 조류의 학습능력을 고려하여 반응 및 학습정도에 대한 다양한 variation의 적용 및 검증 가능
- 조류와 충돌을 회피하기 위한 해상풍력발전기와의 거리 및 고도를 핵심범위/한충돌위로 나누어 단계별 조류 접근에 대한 위험소리 발생



2 기술의 배경 및 중요성

2022년 현재, 전국 연안에 해상 풍력 발전단지 활발하게 건설 중

환경연구원 등 환경부는 해상풍력발전단지를 건설함에 있어 조류 환경영향 평가를 위한 장비의 설치를 강제하고 있으며, 2021년 말, 우리나라는 **영상기반의 조류영향평가 장비를 설치하는 조건으로 해상풍력 발전단지의 건설을 허가**해주고 있다. 환경연구원 이후송박사.

외산 제품에 의존하지 않는 '국내 개발 평가장비' 시급

환경연구원 등 정부기관은 국산 장비 개발이 시급함을 인지하고 **국내 기업이 실무적용 가능한 평가장비를 개발해 주기를 희망하고 있음**. 국산 개발이 성공하면, 외산 제품에 의존하지 않아도 되며, 국내 해상풍력발전단지 건설장벽 하나가 해결될 것으로 기대한다.

조류 관측 분야에 국내 솔루션이 없어 외산 제품을 설치한 현 상황

에너지사업(육상 및 해상풍력발전, 태양열, 송전선로 등)에 있어 입지문제(조류 서식지 및 도래지) 및 운영 중의 발전시설-조류 충돌 등으로 **조류관측 분야가 한국전력 등에서도 참여한 관심을 가지고 있는 부분이지만, 국내 솔루션이 없어서** 요르단과 계약한 풍력발전단지 사업에서 외국의 Avian Radar를 구매하여 설치하였다.

3 주요 핵심 기술



주요성능 지표	단위	목표치
주야간 탐지거리	meter	1000
새 날개크기	meter	2.5
탐지정확도(True Positive)	%	80
True Negative	%	10
False Positive	%	10
탐지 범위	o (방위)	360
조류 종 구분	종	7
연속저장시간	시간	10,000
고장률	회/month	3
학습데이터	장	30,000 (7종)

AI-ACS 모듈별 주요 기능

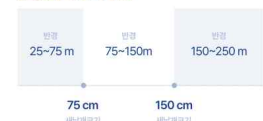
감지 모듈	실시간으로 새 비행을 감지하는 WTG 주변성공을 감시한다.
충돌 방지 모듈	충돌 위험이 있는 새에게 WTG에서 경고 소리를 낸다.
충돌 제어 모듈	충돌 위험 및 잠재적 충돌에 대한 새 비행을 기록한다.
데이터분석 플랫폼	감지된 모든 비행의 온라인 비디오 및 사운드 기록을 저장하고 비행 기능을 분석한다.

3 주요 핵심 기술

AI-ACS 주요 사양

	새날개크기	반경
풍력발전기 감시 범위	> 150 cm 75~150 cm < 75 cm	150~250 m 75~150 m 25~75 m
감시 가능 시간	주간 (>50 lux) 및 야간	

AI-ACS 주요 사양 도식표



관측 가능 조류

맹금류	검독수리, 말뚝가리, 뱀독수리, 유럽개구리매, 작은갯빛개구리매, (작은)황조롱이, 흰목대머리수리, 숲개, 붉은숲개 등
까마귀속	큰까마귀, 송장까마귀, 갈까마귀
연차류	흰새, 숲비둘기, 흰턱제비, 해변종다리, 어치, 큰재개구리, 발잡이새, 바다작박구리, 검은머리딱새, 까치, 피르레기
물새 (오리, 기러기, 백조류)	회색기러기, 캐나다기러기, 큰고니
가마우지과	민물가마우지
왜가리과 & 황새과	왜가리, 홍부리황새
가넷&펠리컨 / 두루미 / 갈매기과	사다새 / 두루미속 / 노린대리갈매기

* 정희원, jimcarry@rian.kr, 051-628-6506

3 주요 핵심 기술 : 주요 기능 2가지

경보 기능 : 주간간 감시 카메라(4대)를 사방위로 설치하여 360° 방향의 조류 접근 감시 및 퇴치

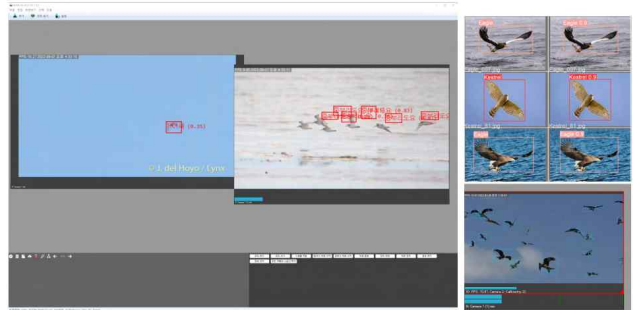
- YOLO5 인공지능 이미지 분류 기법을 적용하여 영상으로 조류의 종을 구분하고, 탐지 추적 가능한다.
- 조류 최초 탐지 후, 영상을 확대하여 종을 구분하고, 천연기념물이 위험 반경 내 접근하여 충돌이 예상되면 발진기를 정지시킨다.
- 지정된 고도 및 구역에 접근(접근 예상되는 조류에 대한 경보 발생(Sound) 및 퇴치 기능이 있다.
- 핵심범위 및 완충범위 내 조류 접근에 대한 위협 소리 발생, 경광등 작동 등 단계별 경보 발생 기능을 개발한다.
- 항공기, 발전시설(다. 풍력기)과의 거리/고도를 핵심범위 및 완충범위로 나누어 조류와 충돌을 회피하기 위한 알림을 사람에게 제공하는 기술을 개발한다.

영상 DB 기능 : 이미지 저장 및 사후분석 통계

- 탐지된 조류 영상을 YOLO5, 라벨링 기법, 칼만 필터 기술로 추적하고 개략적인 고도와 방위를 기록한다.
- (영상데이터가 방대하므로) 조류가 없는 경우는 녹화를 하지 않고, 조류가 발견되면 영상을 저장한다.
- 저장된 데이터는 사후 분석에 사용하며, 장기적으로는 향후 종 분석 등을 위한 빅데이터로 활용할 수 있다.
- 현장 내 시스템 설치 운용 / 인터넷 원격 감시 및 제어 / 통계 확인 및 DB 빅데이터 분석 기능을 제공한다.
- 종 특성, 서식지 등 다양한 변수를 고려한 경보 방법을 개발하고, 조류의 학습능력을 고려하여 반응/학습정도에 대한 다양한 variation을 적용하고 검증기술을 개발한다.

3 주요 핵심 기술 : AI-ACS 프로그램

- 영상 저장 재생 동적탐지
- 조류 분류
- Onvif IP Camera 카메라 연결
- 32채널 비디오 연결
- 10FPS 인공지능 영상 분석
- 12 NVR 연결 관리 분석 서버
- 광네트워크 지원



3 주요 핵심 기술 : 경보 기능 (360° 방향의 조류 접근 감시 및 퇴치)

YOLO5 기법으로 조류를 특징별로 분류하여 라벨링

- 영금류(독수리, 솔개, 부엉이) / 철새(왜가리, 두루미, 청둥오리) / 바닷새(갈매기) 총 7종을 구분한다. *상세 출현하는 주요 조류에 따라 바뀔 수 있음
- 최종 학습된 웨이트 파일을 ONNX(Open Neural Network Exchange) 형식 파일로 변환하여 인공지능 카메라 SW에 통합한다.

특징별 분류 기준

조류별 비행특징	전면, 후면, 좌측면, 우측면	조류별 날개길이	0.75~1m / 1~1.5m / 1.5m~
부리, 다리 및 형태	두루미 학 / 영금류 / 부리 / 머리(흰머리독수리) / 다리(두루미)		



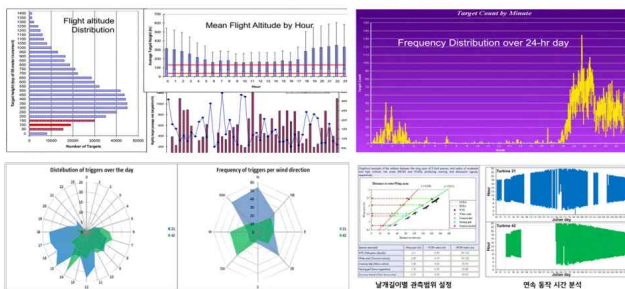
4 차별성 : False-Positive의 예



3 주요 핵심 기술 : 영상 DB 기능 (이미지 저장 및 사후분석 통계)

이미지 저장 및 사후분석 통계

- 대용량 이미지 정보 및 조류추적 데이터 실시간 DB 기록
- 시간대별 평균 비행고도 / 고도별 조류 분포도 통계 기능
- 연속 10,000시간 저장 가능한 시스템 (36 TB 이상의 저장공간 관리)
- 화면 재생 기능 (필요시, 계속 재생, 특정 시간대 재생)
- 조류 관측 일별 / 월별 리포트 기능



4 차별성 : 2-Stage CNN

갈매기 머리 특징을 2단계로 구분/탐지하여 갈매기 종 구분 정확성 UP

원목 그림에 대하여, 기존 CNN의 경우, 동체와 머리의 Confidence는 각기 54%, 51%로 부정확하지만, 두개의 결과를 합치면, 90% 이상의 정확도로 갈매기 종 구분이 가능하다. 동체 BoundingBox 내에 머리 BoundingBox을 포함하는지(종속성 확인) 여부로 확인한다. 기존 CNN과 차별되는 2-stage CNN의 핵심 아이디어 정확도는 1000장 이상(예)의 validation 데이터를 실측하여 산정한다. (목표 정확도 : 90% 이상 / False-Positive 비율 : 10프로 미만)



4 차별성 : 2-Stage CNN

검은머리물떼새의 머리 특징으로 정확성 UP

검은머리물떼새의 전체 특징, 부리 또는 꼬리 등의 세부 특징 2가지 이상의 종속 특징을 탐지하고 연관성을 확인하는 2단계 CNN(라벨링의 계층구조 도입과 Bounding Box 포함 여부)의 구현 예시이다.



본 개발 장비를 설치 운영하면 환경영향평가를 수행 및 조류 보호 장치를 구비한 것으로 인정하도록 하여 외국 장비의 사용을 막고, 국산 장비의 적용을 높이도록 한다. 본 연구를 통해 탐지 모듈, 위치 모듈, 장치제어 모듈, 충돌제어 모듈을 개발하여 **실효성과 신뢰성을 확인하고, 최대한 신속히 국산화를 완료한다.** 국산화 이후 구시포, 제주도 해상 풍력 단지에 **실증 사업**을 수행한다.



구분	AI-ACS	DT Bird	Detect.com
레이더를 이용한 조류 탐지 기술	수직 수평 레이더 SW 개발 완료 본 제품에 연동 가능	없음	수직수평레이더
영상 기반 조류 충돌방지 기술	YOLO5 기술 개발	기존 사양의 분류 가능 보유	없음
주간 카메라	1 km	300 m	없음
운전조건	야간 카메라	1 km	없음
상시 레이더	적용 가능	없음	3개월
DT Bird의 사양			
저장 시간	연속 10,000시간 36 TB	확인 안됨	확인 안됨
처리 성능	웹 기반 동작	웹 관계 시스템	확인 안됨
조류 종류	7종	7종	없음

5 실증 방안

STEP 4. 신뢰성 시험

통합 시스템을 설치 운영하고 환경정책 평가연구원 / KOLAS 시험기관과 함께 신뢰성 시험을 수행하고 시험 성적서를 제출한다.

