

풍력블레이드 이상진단을 위한 X-ray영상 기반 객체 추적 모델

황유민, 이현용, 고석갑
한국전자통신연구원
{yumin, hyunyong, softgear}@etri.re.kr

Object Tracking Model Based on X-ray Images for Wind Blade Fault Diagnosis

Yu Min Hwang, HyunYong Lee, and Seok-Kap Ko
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문에서는 풍력 발전기의 유지보수를 위해 X-ray 영상 기반의 비파괴 검사 모델을 제안한다. X-ray 영상 획득을 위한 generator와 detector 장치를 각 드론에 탑재하여 운영하는 환경을 구성하고, 풍력 발전기 블레이드 내부에 설치된 파괴케이블을 드론 비행 중 통해 추적하는 모델을 제안한다. 객체 인식을 위한 백본 네트워크로 YOLO 모델이 활용되었으며, 모델에서 검출된 객체의 방향성을 도출하는 알고리즘이 백본 네트워크에 결합되어 객체를 연속적으로 추적하기 위한 모델을 구성하였다. 실험을 통해 제안된 모델이 mAP 98%의 풍력블레이드 객체 인식 성능, AUC 0.99의 객체 방향 결정 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

I. 서론

비파괴적인 방법으로 풍력 발전기의 블레이드를 검사하기 위해, 기존 방법인 드론과 RGB 이미징 기술을 활용하는 연구가 수행된바 있으나 이는 내부 결함을 포착하는데 한계가 있다 [1-2]. 본 논문에서는 드론과 X-ray 이미징 기술을 활용하고 딥러닝 모델을 학습하여 풍력 블레이드 내부를 효과적인 진단하는 모델을 제안한다. 수십미터의 블레이드를 비파괴 검사하기 위해 X-ray 장비를 탑재한 드론의 비행 효율을 증대하기 위해 검출된 객체의 방향성을 탐지하여 대상 객체를 연속적으로 추적 비행하며 X-ray 이미지를 획득하는 방법을 제안한다.

II. X-ray기반 비파괴 객체추적 모델

풍력블레이드 X-ray 비파괴 검사를 위한 관심객체 5종 ('Lightning_cable', 'Melt', 'Open', 'Receptor', 'Lightning_rod')을 검출하기 위해 YOLOX-tiny와 YOLOX-x 모델을 백본 네트워크로 활용하며, 블레이드 X-ray 실측 이미지를 학습하였다. 드론 비행 방향 클래스는 동, 서, 남, 북을 포함한 8 방향으로 설정한다. 연속적 객체 촬영을 위한 드론 비행 방향 도출 알고리즘의 동작방법은 객체인식 모델을 활용하여 현재 객체 방향성 정보 2종 (수직/수평, right_top/left_top)을 도출하고, 도출된 객체의 방향정보를 기반으로 미래의 객체가 출현할 방향을 도출한다. 도출된 객체의 미래 방향은 모델 훈련에서 이미지의 라벨로 활용되어 모델 단독으로 객체의 미래 방향을 제시하는 모델 훈련을 수행할 수 있다.

III. 성능 평가 및 결론

실험 환경으로 실시간 객체 검출을 위해 경량 네트워크인 YOLOX-Tiny와 고성능 네트워크인 YOLOX-X 모델을 백본 네트워크로 채택하였으며, 백본 네트워크에는 방향 검출을 위한 신경망이 추가되어 재설계되었다. 실제 풍력블레이드 단층 X-ray 이미지를 8 방향으로 회전하여 데이터셋을 증강하였으며, 총 1만 7천장의 이미지가 학습에 활용되었다. IoU 0.5, epoch 600회에 대해서 앞서 기술한 다섯 개의 관심 객체와 8방향 클래스 검출, 마운딩 박스를 예측하기 위한 모델 학습이 수행되었다. 제안 모델의 객체 검출 성능은 Tiny, X모델 각각 mAP 98.2%, 90.1%,

방향 탐지 성능 AUC는 각각 99.2%, 98.7%, 쿼리 이미지에 대한 모델 응답 속도는 0.13sec으로 확인되어 풍력블레이드 비파괴 이상검출에 활용 가능할 것으로 판단된다.

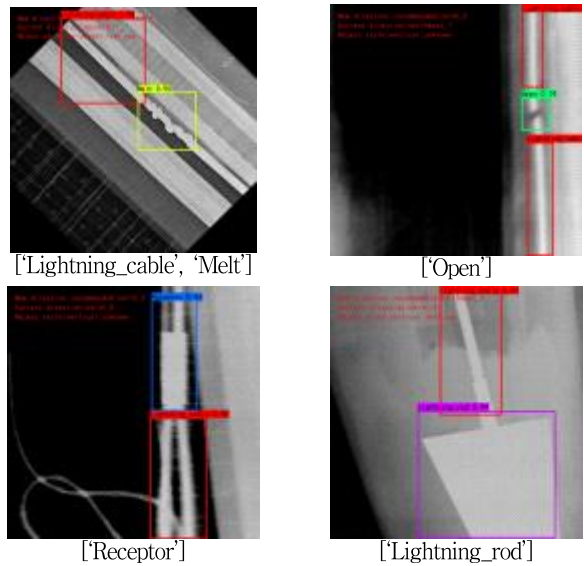


그림 1. 풍력 블레이드 관심 객체 5종의 검출 결과 샘플.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP) '신재생 에너지 핵심기술 개발사업'의 지원을 받아 수행되었음. (No. 20223030020070)

참고 문헌

- [1] H. Lee *et al.*, "A drone-driven X-ray image-based diagnosis of wind turbine blades for reliable operation of wind turbine," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 5611-56158, Apr. 2024.
- [2] Z. Ge, S. Liu, F. Wang, Z. Li, and J. Sun, "YOLOX: Exceeding YOLO series in 2021," 2021, arXiv:2107.08430.