

딥러닝을 이용한 풍력 블레이드의 상태 구분

김용빈, 김용민, 류상우, 김영민, 최인식*

한남대학교 전기전자공학과

*recog@hnu.kr (교신저자)

State Classification of Wind turbine blade using Deep Learning

Yong-Bin Kim, Yong-Min Kim, Sang-Woo Ryu, Young-Min Kim, In-Sik Choi

Dept. of Electrical and Electronic Eng., Hannam Univ.

요 약

본 논문은 풍력 블레이드의 동작 상태를 구분하기 위해 CNN(convolutional neural network)을 설계하고 구분 결과를 제시한다. 구분하고자 하는 블레이드의 상태는 외관상으로 '정상 블레이드(normal blade)' 및 '파손된 블레이드(broken blade)'를 가정하고, 동작 상태로는 '정상 회전(normal rotation)' 및 '불균형 회전(imbalance rotation)' 상태를 가정하였다. 풍력 블레이드의 상태별로 각각 다른 CNN 구분기를 설계하였다. 첫 번째 구분기는 블레이드의 외관 상태를 구분하는 구분기이며, 두 번째 구분기는 블레이드의 동작 상태를 구분하는 구분기를 설계하였다. 실험 결과 첫 번째 구분기는 5 dB의 SNR에서 99.83%, 두 번째 구분기는 같은 조건에서 98.68%의 구분성능을 보여 주었다.

I. 서 론

풍력 블레이드는 한번 고장이 나면 정비가 어렵고 많은 정비 비용이 발생하므로 고장을 미연에 방지하기 위한 모니터링 시스템이 매우 중요하다. 참고문헌 [1]에서는 풍력 블레이드를 레이더로 모니터링할 때 블레이드의 동작 상태를 예측하기 위한 특성 벡터 추출 방법과 추출된 특성벡터를 이용하여 상태를 인식하는 매우 간단한 구분기 설계 기법을 제시하였다. 본 논문에서는 구분 성능을 보다 향상시키기 위해 CNN을 이용한 딥러닝 구분기를 이용하였으며, CNN의 입력 영상으로는 스펙트로그램(spectrogram)을 이용하였다.

II. 본론

본 논문에서는 레이더를 이용한 풍력 블레이드의 모니터링에 있어서 블레이드의 상태를 자동으로 인식하기 위해 CNN을 이용하였으며, 입력 영상으로는 그림 1과 그림 2에서 제시한 각 상태별로 획득한 스펙트로그램 영상(350×263 pixels)을 이용하였다. 구분 실험을 위해 외관 상태를 구분하는 구분기와 동작 상태를 구분하는 구분기를 따로 설계하였다.

-5 dB부터 5 dB까지 SNR을 변화시켜가며 구분 실험을 진행하였다. 그 결과 SNR이 증가하면 구분 성능도 증가함을 알 수 있었으며, 구분기 1은 5 dB에서 99.83%의 구분 성능을 보였으며, 구분기 2는 98.68%의 구분 성능을 보였다. 이러한 결과는 참고문헌 [1]에서 제시한 86.56%와 96.62%보다 구분 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

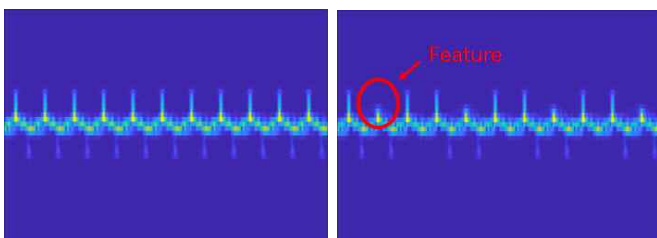


그림 1. 정상 블레이드와 파손된 블레이드의 스펙트로그램 (구분기 1)

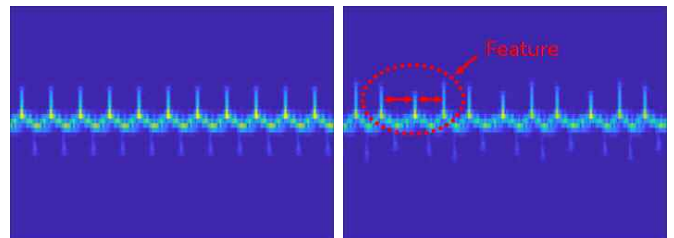


그림 2. 정상 회전과 불균형 회전의 스펙트로그램 (구분기 2)

블레이드 상태 구분을 위해 사용된 CNN의 구조는 350×263의 입력 영상으로부터 특성을 추출하기 위해 3개의 컨벌루션 및 풀링 계층을 가지며, 최종 구분 단계에서는 2개의 완전 연결 계층(fully connected layer)을 가지고 있다.

III. 결론

본 논문에서는 24 GHz 도플러 레이더에 기반한 풍력 블레이드 모니터링 시스템에서 수신된 레이더 신호로부터 풍력 블레이드의 동작 상태를 자동으로 인식하기 위해 딥러닝 구분기를 이용하였다. 또한 CNN 구분기 입력 영상으로는 각 상태별로 획득한 스펙트로그램 영상을 이용하였다. 실험 결과 선행 연구인 참고문헌 [1]에서 사용한 구분기에 비해 CNN 구분기를 이용했을 때 구분성능이 향상됨을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전력공사의 사회공모 기초연구(개별)에 의해 지원되었음(과제번호: R19X001-50). 이 논문은 2021년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1I1A3043120).

참 고 문 헌

- [1] 김용빈, 최인식, “풍력 블레이드 상태 구분을 위한 특성벡터 추출 및 구분기 설계”, 한국정보기술학회 논문지, Vol. 19, No. 6, pp. 88-97, Jun. 2021.