

머신러닝 기반 풍력 발전 예측: 나셀 풍속과 기상탑 풍속 데이터 비교 연구

고은별, 임정택, 김민호, 김태형*
한국전자기술연구원

ebko@keti.re.kr, jtlim@keti.re.kr, idencare@gmail.com, *thkim@keti.re.kr

Wind Power Prediction based on Machine Learning: A Comparative Study of Nacelles and Meteorological Tower Wind Speed Data

Ko Eun Byeol, Lim Jeong Taek, Kim Min Ho, Kim Tae Hyoung*
Korea Electronics Technology Institute

요약

전 세계적인 기후 위기와 환경 문제로 인해 탄소 중립이 환경 보전의 중요한 과제로 부상하고 있다. 국제적으로는 기후 변화에 대한 대응을 강화하고 탄소 중립을 추구하는 움직임이 확대되고 있는 가운데, 대한민국 또한 이에 발맞춰 온실가스 감축 목표를 수립하고 2050년까지 탄소 중립을 달성하는 방안을 모색하고 있다. 특히 풍력 발전은 이러한 환경 정책의 일환으로 중요성을 갖추고 있지만, 풍속의 변동성으로 인해 발전량 예측이 필수적이다.

본 연구에서는 풍력 발전량 예측에 주로 사용되는 나셀 풍속 데이터와 기상탑 풍속 데이터를 비교 분석하여, 기상탑 풍속 데이터를 이용한 모델이 예측 성능이 더 우수함을 실험을 통해 보였다. 이러한 결과는 향후 풍력 발전량 예측 모델 개발에 있어서 기상탑 데이터의 적극적인 활용을 제안한다.

I. 서론

세계적인 기후 위기로 인한 환경 문제에 대한 우려가 증가함에 따라 탄소 중립이 환경 보전의 필수적인 과제로 부각되어 왔다. 국제적으로는 기후 변화에 대한 대응을 강화하기 위해 다양한 노력이 진행되고 있으며[1], 이는 탄소 중립 실현을 향한 글로벌 노력의 일환으로 볼 수 있다. 대한민국 또한 이러한 글로벌 흐름에 발맞춰 온실가스 감축 목표를 수립하고 탄소 중립을 향한 목표를 제시하는 등 환경 보전 및 지속 가능한 에너지 사용에 대한 적극적인 정책을 추진하고 있다. 특히, 2030 국가 온실가스 감축 목표를 상향 조정하고 2050년까지 탄소 중립을 달성하기 위한 시나리오를 마련하여 환경 친화적인 에너지 생산 방식으로의 전환을 모색하고 있다.

이와 함께 에너지 생산 분야에서 풍력 발전이 탄소 중립을 위한 중요한 요소 중 하나로 부각되고 있다. 그러나 풍력 발전은 풍속에 따라 변동이 심하기 때문에 효율적인 운영을 위해서는 발전량 예측이 필수적이다. 풍력 발전량 예측에 널리 사용되는 나셀 풍속 데이터는 풍력 터빈의 구조, 위치에 따라 왜곡이 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 나셀 풍속 데이터를 이용한 발전량 예측 모델과 기상탑 풍속 데이터를 이용한 모델을 비교하고, 실험을 통해 기상탑 풍속이 나셀 풍속보다 효과적임을 보인다.

II. 본론

나셀 풍속과 기상탑 풍속

나셀 풍속과 기상탑 풍속은 풍력 발전량 예측에 있어서 중요한 입력 변수로 활용된다. 두 풍속 데이터 간의 차이는 풍력 터빈의 특성과 측정 위치에 따라 발생하는 왜곡에서 비롯된다.

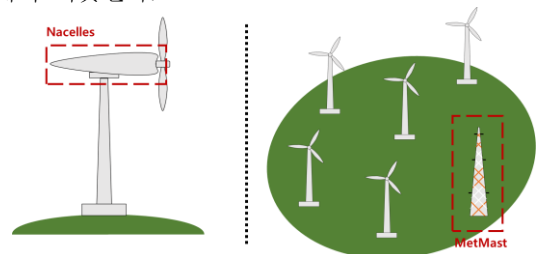


그림 1. 나셀의 위치와 기상탑 위치

나셀 풍속은 풍력 터빈 내부에서 측정되는 값으로 후류효과, 나셀형상, 터빈의 구조와 위치 등으로 인해 실제 터빈에 입력되는 자연 바람과는 다른 왜곡된 풍속이다.

기상탑 풍속은 터빈과 거리가 떨어져 있어 터빈의 영향을 받지 않은 자연 풍속 값이다. 풍력 터빈의 특정 위치에서 측정되는 나셀 풍속과 달리 더 정확한 자연 풍속을 나타낸다.

그림 2는 나셀 풍속과 기상탑 풍속을 함께 나타낸 그래프이다. 기상탑 풍속이 나셀 풍속보다 변동이 많고 변동 폭도 크음을 확인할 수 있다.

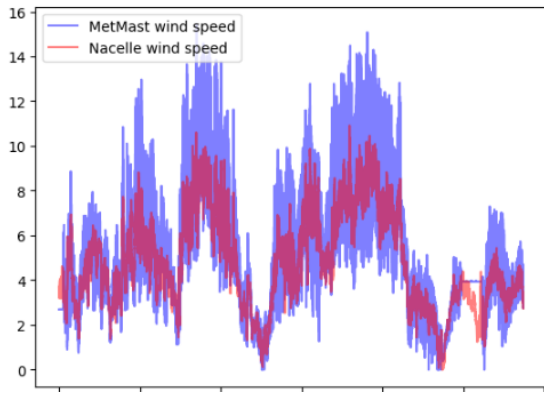


그림 2. 나셀 풍속과 기상탑 풍속 비교

모델 설계

제주도의 풍력 발전 단지를 대상으로 실측 풍속 데이터를 이용하여 초단기 풍력 발전량 예측 모델을 설계하였다.

나셀 풍속과 기상탑 풍속 데이터의 결측치를 제외한 기간인 2021-08-12 ~ 2021-08-19 까지 중, 2021-08-12 ~ 2021-08-17 를 트레이닝 기간, 나머지를 테스트 기간으로 정했다.

각 데이터의 시간 해상도는 15 분이며, 1 시간 전의 풍속 데이터를 입력으로 발전량을 예측한다. 모델의 알고리즘으로는 회귀에서 뛰어난 성능을 보이는 XGBoost를 선택했다.

실험 및 결과

실험의 기준은 nMAPE(normalized Mean Absolute Percentage Error)를 이용했다. nMAPE 수식은 다음과 같다.

$$nMAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|\text{예측발전량}_i - \text{측정발전량}_i|}{\text{발전단지 최대용량}} \times 100$$

실험 결과 나셀 풍속 데이터를 이용한 모델의 nMAPE는 3.22, 기상탑 풍속 데이터를 이용한 모델의 nMAPE는 1.82 로 나타났다. 나셀 풍속 데이터를 이용한 모델보다 기상탑 풍속 데이터를 이용한 모델이 더 나은 성능을 보였다.

III. 결론

본 연구는 풍력 발전량 예측에 있어 나셀 풍속 데이터와 기상탑 풍속 데이터의 활용 가능성을 비교하고 분석하였다. 나셀 풍속 데이터는 풍력 터빈 내부에서 측정되어 왜곡의 가능성이 있어 이로 인해 발전량 예측의 정확성이 제약을 받을 수 있다. 이에 반해 기상탑 풍속 데이터는 터빈과의 거리가 멀어 터빈의 영향을 크게 받지 않아 더욱 정확한 자연 풍속을 측정할 수 있다는 특징이 있다.

본 연구에서는 제주도의 풍력 발전단지를 대상으로 한 실험에서 XGBoost 알고리즘을 사용한 초단기 풍력 발전량 예측 모델을 구축하였다. 실험 결과 기상탑 풍속 데이터를 활용한 모델이 나셀 풍속 데이터를 활용한 모델보다 더 나은 예측 성능을 보였다. 이러한 결과는 기상탑이 풍력 발전의 효율적인 운영과 풍력 발전량 예측 정확성 향상에 기여할 수 있음을 보인다.

이러한 결과는 앞으로의 풍력 발전량 예측 모델 개발 및 운영에 있어서 기상탑 풍속 데이터의 적극적인 활용

이 효과적일 수 있음을 시사한다. 더불어, 풍력 발전의 지속 가능성을 높이고 환경 친화적인 에너지 생산에 기여할 수 있는 방향으로 전환하고자 함을 강조한다. 향후에는 다양한 지역과 환경에서의 실험 및 연구를 통해 이러한 발전을 보완하고 발전량 예측의 정확성을 높일 수 있는 방안들을 모색해 나갈 필요가 있다.

ACKNOWLEDGMENT

- 이 논문은 2022년도 한국남동발전(KOEN)의 지원을 받아 수행된 연구임(제 2022-현장(그린)-01 호, 풍력발전단지 적응형 발전량 예측 시스템 개발)

참고 문헌

- [1] IEA (2023), Tracking Clean Energy Progress 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>, License: CC BY 4.0.