

AWS 풍황데이터를 이용한 강원풍력발전단지 발전량 예측

AEP Prediction of Gangwon Wind Farm using AWS Wind Data

우 재 균* 김 현 기* 김 병 민* 유 능 수**
Woo, Jae-Kyoon Kim, Hyeon-Ki Kim, Byeong-Min Yoo, Neung-Soo

Abstract

AWS (Automated Weather Station) wind data was used to predict the annual energy production of Gangwon wind farm having a total capacity of 98 MW in Korea. Two common wind energy prediction programs, WAsP and WindSim were used. Predictions were made for three consecutive years of 2007, 2008 and 2009 and the results were compared with the actual annual energy prediction presented in the CDM (Clean Development Mechanism) monitoring report of the wind farm. The results from both prediction programs were close to the actual energy productions and the errors were within 10%.

키워드 : 풍력, 자동기상관측소, 연간에너지발전량, 복잡지형, 에너지예측

Keywords : Wind power, AWS(Automatic Weather Station), AEP(Annual Energy Production), Complex terrain, Energy prediction

1. 서론

최근 전 세계적으로 지구 온난화와 화석에너지 고갈 문제로 인하여 신재생에너지 개발에 대한 연구의 관심이 급속도로 높아지고 있다. 그 중 풍력은 영구적이고 환경오염이 없는 청정 에너지원으로 전 세계적으로 연구가 활발히 진행되고 있다 [1].

풍력발전은 풍속에 가장 많은 영향을 받으므로, 풍속이 풍력발전의 경제성과 풍력발전시스템의 효율성에 절대적인 영향을 미치게 된다[2].

따라서 풍력발전단지의 입지 선정시 우수한 풍력자원, 즉, 풍속이 강한 지역에 입지를 선정하여

야 한다.

이를 위해서는 실측자료를 이용한 풍력자원 분석이 필요하며, 정확한 풍력자원분석을 위한 여러 연구가 지속적으로 수행되어져왔다.

또한, 실측자료를 얻기 위해서는 기상관측타워를 설치하여야 하며, 그에 따른 시간 및 경제적 부담이 따른다. 이러한 부담을 가지고 기상관측타워를 설치한다 하더라도 기상관측타워를 설치한 지점 인근의 풍속이 높을 것이라는 보장은 없다.

다음과 같은 문제의 해결방안으로 우리나라 전국 곳곳에 설치되어있는 자동기상관측소의 10m 높이의 10분 평균된 데이터를 이용하여 풍력자원해석을 하는 연구가 수행되어져왔다[3][4].

하지만 기존의 연구는 서로 다른 실측지점의 풍속비교로 이루어져 왔다. 풍력에너지는 풍속의 3제곱에 비례하기 때문에 풍력에너지량의 예측에서는 더욱 큰 오차를 야기 할 수 있다[5].

따라서 본 연구에서는 WAsP과 WindSim을 이

* 강원대학교 기계메카트로닉스공학과 석사과정

** 강원대학교 기계메카트로닉스공학과 교수, 공학박사(yoonsoo@kangwon.ac.kr), 교신저자

용하여 풍력발전기의 출력성과 풍속을 모두 고려한 강원풍력발전단지의 연간에너지발전량 예측을 수행하였으며, 예측된 연간에너지발전량(AEP)과 풍력발전단지의 실제연간에너지발전량의 비교를 통하여 자동기상관측소(AWS) 데이터의 적용타당성을 검토하여 보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 분석자료

풍황예측 프로그램을 이용한 연간에너지발전량 예측을 위해서는 해석을 수행할 지역의 등고선정보를 포함하고 있는 전자지도와 적어도 1년 이상의 10분 평균된 풍속 및 풍향데이터가 필요하다. 본 연구에서 사용된 전자 지도와 데이터는 다음과 같다.

2.1.1 전자지도 (Digital Map)

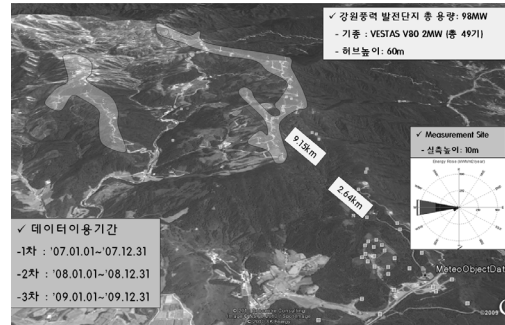
강원풍력발전단지의 연간에너지발전량예측을 위해서 사용된 전자지도는 WindPRO에서 제공하는 파일을 사용하였다. 전자지도의 크기는 30km×30km이며, 그림 1에 제시되어 있다. 사용된 전자지도는 강원풍력발전단지를 구성하는 총 49기의 풍력발전기와 해석에 사용될 자동기상관측소(AWS)의 위치를 모두 포함하고 있으며, 지도 경계로부터 최단거리의 풍력발전기까지의 거리는 적어도 5km이상의 이격거리를 갖도록 하였다. 전자지도의 등고선 간격은 25m이다.



[그림 1] Digital Map

2.1.2 실측 데이터 정보

본 연구에 사용된 자동기상관측소(AWS)의 데이터는 10m의 높이에서 측정된 10분 평균 풍속, 풍향데이터이며, 해석을 위해 2007년~2009년까지 총 3년의 데이터가 이용되었다. 데이터의 회수율(Recovery Rate) 약 99%에 달하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 실측지점과 강원풍력발전단지의 최인근 풍력발전기까지의 이격거리는 2.64km이며, 가장 멀리 떨어진 풍력발전기까지의 이격거리는 9.15km이다.



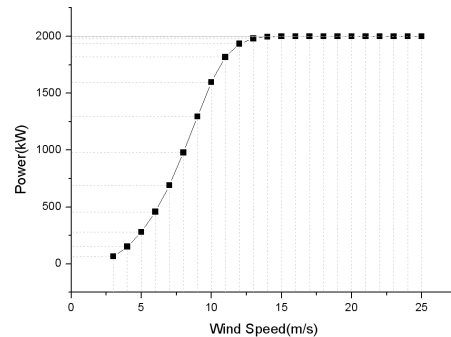
[그림 2] Measurement Site Information

2.2 강원풍력발전단지 정보

강원풍력발전단지는 국내 최대 규모인 98MW급 풍력발전단지로서 2MW급 풍력발전기 49기가 설치되어있다. 이번 연구를 위해 필요한 풍력발전기 설치 좌표 및 기타 정보는 강원풍력발전단지의 CDM(Clean Development Mechanism) 보고서를 참조하였다[6].

2.2.1 강원풍력발전단지 풍력발전기

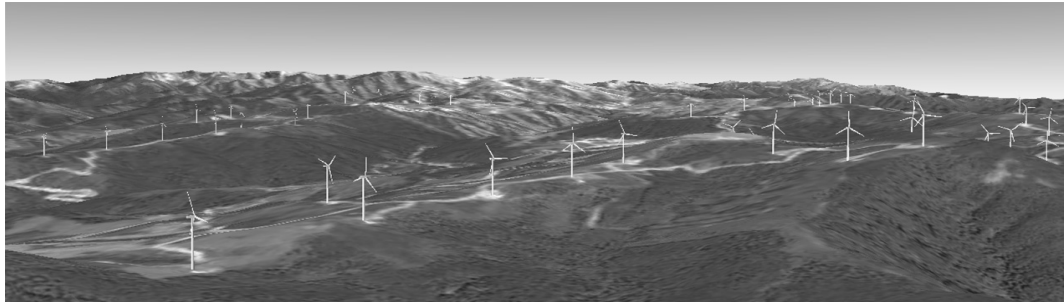
강원풍력발전단지를 구성하는 풍력발전기는 VESTAS사의 2MW급 풍력발전기(V80-2000)이다. 풍력발전기 로터(Rotor)의 지름은 80m이며, 허브(Hub)높이는 일반적인 V80 풍력발전기보다 낮은 60m이며, 출력곡선은 그림 3과 같다.



[그림 3] Power curve of VESTAS V80

2.2.2 강원풍력발전단지 풍력발전기

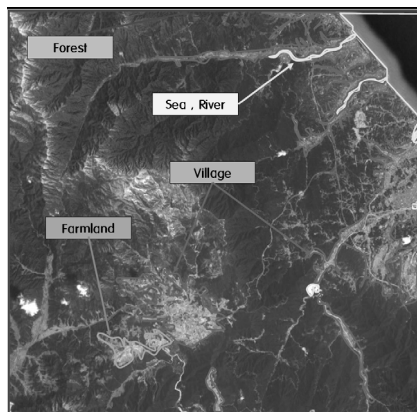
총 49기의 강원풍력발전단지의 풍력발전기의 좌표는 위성지도상의 Mapping을 통하여 이루어졌으며, 그에 따른 강원풍력발전단지의 조감도는 그림 4와 같다.



[그림 4] Bird's eye-view of the Gangwon Wind Farm

2.3 모델링 (Modeling)

강원풍력발전단지의 연간에너지 발전량 예측을 위해서 해석영역에 대한 모델링은 그림 5와 같다. 바다와 강은 Roughness class 0, 농경지에 해당하는 영역은 Roughness class 1, 마을에 해당하는 영역은 Roughness class 2.8, 그리고 숲에 해당하는 영역은 Roughness class 3.0으로 설정하여 모델링하였다[8]. 또한 동일한 모델을 각각 WAsP 과 WindSim 프로그램에 적용하여 해석을 수행하였다.



[그림 5] Modeling of the Gangwon Windfarm

3. 해석결과

자동기상관측소(AWS)의 풍향데이터를 이용하여 예측한 강원풍력발전단지의 연간에너지발전량과 실제 연간에너지발전량의 비교를 위해서 강원풍력발전단지의 CDM 보고서 내의 모니터링 (Monitoring) 분야 보고서를 참조하였다. CDM 보고서에는 강원풍력발전단지의 2007년, 2008년 그리고 2009년의 실측연간에너지 발전량이 제시되어 있으며, 실측 연간에너지발전량은 표 1에 제시되어 있다.

표 1에 제시된 실측 발전량과 WAsP과 WindSim의 해석결과의 비교를 위해서는 강원풍력발전단지의 가동률이 고려되어야 한다. 각 해의 정확한 가동률은 강원풍력발전단지의 보안상의 문제로 알 수 없지만, 대략적으로 96%정도라고 알려져 있어[7], 이를 해석 결과에 적용하였다. 따라서, 본 연구의 결과에는 대략적인 가동률로 인한 불확도가 존재하게 된다.

표 1. Annual Energy Production(AEP) of Gangwon Wind Farm

년도	실측 연간에너지 발전량(MWh)
2007	232,377.1
2008	223,936.5
2009	214,977.8

3.1 WindPRO 결과

WAsP을 이용하여 얻어진 해석결과가 표 2에 제시되어 있으며, 제시된 결과는 96%의 가동률이 고려된 값이다.

실측연간발전량과 WAsP의 해석결과는 2007년 10.4%, 2008년 1.0%, 2009년 7.7%의 오차를 보이고 있다.

표 2. Annual Energy Production(AEP) using WAsP of Gangwon Wind Farm

년도	실측 AEP(MWh)	WAsP을 이용한 예측AEP (MWh)	해석오차 (%)
2007	232,377.1	208,124.4	-10.4
2008	223,936.5	221,661.1	-1.0
2009	214,977.8	231,573.4	+7.7

3.2 WindSim 결과

WindSim을 이용하여 얻어진 해석결과는 표 3에 제시되어 있다. 제시된 결과는 96%의 가동률이 고려된 값으로 실측 연간에너지발전량과 비교되었다.

실측연간발전량과 WindSim의 해석결과는 2007년 3.6%, 2008년 6.0%, 2009년 9.6%의 오차를 보이고 있다.

표 3. Annual Energy Production(AEP) using WindSim of Gangwon Windfarm

년도	실측 AEP (MWh)	WindSim을 이용한 예측 AEP (MWh)	해석오차 (%)
2007	232,377.1	223,908.7	-3.6
2008	223,936.5	237,322.8	+6.0
2009	214,977.8	235,695.6	+9.6

4. 결론

자동기상관측소(AWS)의 데이터를 이용하여 WAsP과 WindSim 프로그램을 통해 강원풍력발전단지의 연간에너지발전량을 예측하였다. 예측된 연간발전량과 실측된 연간에너지 발전량의 비교를 통하여 자동기상관측소(AWS)의 데이터 이용가능성을 검토하였다. 가동율을 96%로 가정하였을때의 WAsP과 WindSim의 해석결과는 실측 연간발전량과 비교하여 1.0%에서 10.4%의 오차를 보였으며, 두 프로그램으로부터 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

일반적으로 자동기상관측소(AWS) 데이터는 설치고도가 낮고, 풍속 및 풍향을 측정하는 높이가 지표면에서 10m 정도로 낮아 지형적인 영향을 많이 받기 때문에, 발전량 예측에 있어 사용하기 부적합한 데이터로 알려져 있다. 하지만, 이번 연구에 적용된 대관령 자동기상관측소의 경우, 설치고도가 높고, 강원풍력발전단지와의 거리 그리고 고도차이가 크지 않아, 해석 프로그램을 이용한 예측이 실측값과 매우 근접함을 알 수 있었다. 또한, WAsP 과 WindSim 을 이용한 해석에 있어 복잡 지형의 경우 유한 체적법에 기반을 둔 WindSim을 이용한 해석이 선형 유동모델인 WAsP 보다 정확한 것으로 알려지고 있지만, 본 연구 결과에서는 두 프로그램을 통한 예측이 실측과 유사한 결과를 나타내었다.

또한, 이번연구는 복잡지형에 위치하고 있어 예측 오차가 다소 큰 것으로 판단되고 있으며, 복잡 지형이 아닌 비교적 평탄한 지형이나 해상에 위치하는 풍력발전단지의 연간에너지발전량을 비교한

다면, 예측오차는 좀 더 적을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2010(2차년도)년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2009T100100621)

참 고 문 헌

- [1] Jang, M. S., Bang, H. J., "The Current Status and the Prospects of Wind Energy", *Journal of the Environmental Sciences*, Vol.18, No.8, pp.933-940, 2009.
- [2] Bae, J. S., Jang, M. S., Ju, Y. C., Yoon, J. E. and Kyung, N. H., "Wind Resource Assessment of Antarctic King Sejong Station", *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol.25, No.3, pp.53-60, 2005.
- [3] Derickson, Russell G., Mcdiarmid Michaela. and Peterka, Jon A., "Resolving difficult issues of wind power micrositng in complex terrain", AWEA Global WIINDPOWER 2004 Conference, Chicago, Illinois, 2004.
- [4] Y.S.Hwang, I.Paek, K.Y.Yoon, W.S.Lee, N.S.Yoo and Y.S.Nam, "Application of wind data from automated weather stations to wind resources estimation in Korea," *accepted for publication in Journal of Mechanical Science and Technology*, 2010.
- [5] Manwell, J. F., McGowan, J. G. and Rogers, A. L., "Wind Energy Explained: Theory, Design and Application", JOHN WILEY & SONS, LTD, England, pp.33-50, 2002.
- [6] S.S. Ju, "CDM Monitoring Report 2009", Gangwon Wind Park Project (CDM Registration Reference Number0222), 2010.
- [7] Private Communication with the personal in Gangwon Wind Park.