

ISSN 2733-9696(온라인)
ISSN 2733-9572(인쇄본)



2021
DECEMBER
Vol.2 No.7

2021년 7호

GTC BRIEF

GTC BRIEF는 기후기술과 관련하여 시의성 있는 현안 및 동향정보를 알기 쉽게 정리한 자료임



1. 해상풍력 O&M 기술의 디지털화 01

_ 이민아 오지현 / 기술총괄부

2021년 7호

GTC BRIEF

2021
DECEMBER
Vol.2 No.7



1. 해상풍력 O&M 기술의 디지털화 01

_ 이민아 오지현 / 기술총괄부

ISSUE
01

해상풍력 O&M 기술의 디지털화

이민아, 오지현 / 기술총괄부 |
 minalee@gtck.re.kr, jhoh@gtck.re.kr

하이라이트

- 미래에는 초대형화에 따른 기존 방식의 한계를 뛰어넘기 위하여 부유식 해상풍력, 수직축풍력 등이 개발될 전망
- 먼바다로 해상풍력이 진출함에 따라 증가되는 운영 및 관리(O&M)에 대한 비용을 절감하기 위해 인공지능, 디지털트윈 등 4차 산업혁명의 핵심 기술의 접목이 활성화될 전망

키워드

- 해상풍력, 운영 및 관리(O&M), 인공지능, 디지털트윈, 블록체인

글로벌 풍력발전 보급현황

글로벌 풍력발전 시장규모 및 전망

- 2020년 기준 전세계 풍력발전 누적 설비용량은 743.7GW임
- 2020년 육상풍력 누적설비용량은 신규 86.9GW 포함하여 707.4GW임
 - (신규 설비용량) 국가별로 중국(56%)과 미국(19%)의 두 개국이 75%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 브라질(3%), 노르웨이(2%), 독일(2%), 스페인(2%), 프랑스(2%) 순으로 나타남
 - (누적 설비용량) 국가별로 중국(39%), 미국(17%), 독일(8%)의 세 국가가 64%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 인도(5%), 스페인(4%), 프랑스(3%), 브라질(3%) 순으로 나타남
- 2020년 해상풍력 누적 설비용량은 신규 6.1GW 포함하여 35.3GW임
 - (신규 설비용량) 국가별로 중국(50%), 네덜란드(25%), 벨기에(12%), 영국(8%), 독일(4%) 순으로, 중국과 벨기에의 해상풍력 신규설비용량이 급격히 증가함
 - (누적 설비용량) 영국(29%), 중국(28%), 독일(22%), 네덜란드(7%), 벨기에(6%) 순으로 나타남

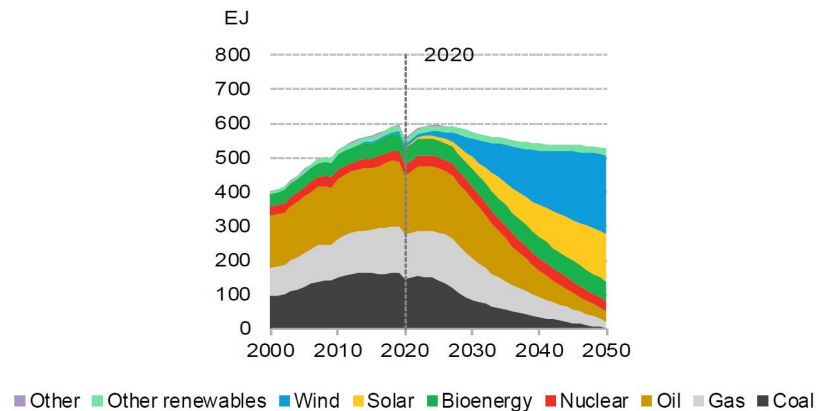
[표 1] 2020년 신규 풍력설비 설치 상위 5개국 현황

2020년 육상풍력 신규설비 설치 상위 5개국			2020년 해상풍력 신규설비 설치 상위 5개국		
국가	신규용량(MW)	누적용량(MW)	국가	신규용량(MW)	누적용량(MW)
중국	48,940	278,324	중국	3,060	9,996
미국	16,193	122,275	네덜란드	1,493	2,611
브라질	2,297	17,750	벨기에	406	2,262
노르웨이	1,530	3,975	영국	483	10,206
독일	1,431	55,122	독일	237	7,728

※ 출처: GWEC(2021), Global Wind Report

- 풍력발전 설치 용량은 2030년까지 연간 505GW, 2050년까지 총 누적 용량은 25TW로서 2050년 전 세계 1차 에너지원의 43.4%까지 성장이 전망됨

[그림 1] 에너지원별 발전비중 전망



※ 출처 : BloombergNEF(2021), The New Energy Outlook(NEO)

〈주요국 풍력발전 관련 보급정책 동향〉

- (미국) '21년 3월 29일 해상풍력 '30년 30GW, '50년 110GW까지 확대를 통한 77,000개 직접적 일자리 창출을 목표로 하는 「일자리 창출을 위한 해상풍력 에너지 프로젝트(Offshore Wind Energy Projects to Create Jobs)」 발표
- (중국) 13차 5개년을 통해 풍력발전 계통연계 설비용량 누계 21GW(해상풍력 5GW이상)이상 확보하였으며, '21년 2월에 발표된 14차 5개년은 각 지방정부가 온실가스 배출량 정점시기를 예측하여 재생에너지 발전에 대한 계획을 세우도록 함
- (영국) COVID-19를 극복하기 위한 방안으로 보리스 존슨 총리는 “녹색혁명에 대한 10대 중점 계획(Ten Point Plan for Green Industrial Revolution)”을 수립하고, 해상풍력을 2030년까지 부유식 풍력 1GW를 포함하여 40GW까지 확대 예정
- (일본) 「2050년 탄소중립에 따른 녹색성장 전략(’21.6월)」에 따라 해상풍력을 2030년 10GW, 2040년 30~45GW까지 보급 예정




풍력발전의 미래모습

□ (기술 사례①) 부유식 해상풍력 (Floating Offshore Wind Power)

- 세계 풍력시장은 풍력발전의 경제성 제고를 위해 풍력터빈의 초대형화 추세에 있으며, 부유식 해상풍력의 높은 에너지 생산 잠재력을 주목하고 있음
 - 바람을 저렴하고 효과적으로 활용하기 위해서는 풍력의 대형화가 필수적임
 - 부유식 해상풍력은 풍황자원이 풍부하고수심이 깊은 먼바다 해상에 적용가능하며, 고정식 해상풍력과 비교하여 기초 구조물 및 지질조사 관련 비용을 줄일 수 있다는 점에서 잠재력이 우수하다고 평가됨
- 부유식 해상풍력은 발전설비가 바닥에 고정되어 있지 않고 수중에 띄어진 형태를 말하며, 따라서 부유식 해상풍력의 종류는 시스템 안정성 유지방법에 따라 원통식(Spar Buoy), 인장계류식(TLP, Tension Leg Platform), 반잠수식(Semi-submergible), 바지식(Barge) 등으로 구분할 수 있음

- 원통식(Spar Buoy) 부표 하부에 추를 넣어 중심을 유지하고, 계류 케이블이 중심 유지를 도우는 원리의 부유식 해상풍력 형태임
- 인장계류식(TLP, Tension Leg Platform) 배와 같은 구조물을 띄워서 발전기를 설치하고, 계류용 케이블로 중심을 유지하는 형태임
- 반잠수식(Semi-submersible)는 부유체와 바다밑 계류 케이블을 단단히 연결하여 안정도를 높여주는 형태임

[표 2] 부유식 해상풍력의 종류

	원통식 (Spar Buoy)	인장계류식 (TLP)	반잠수식 (Semi-submersible)
원리	낙시찌 및 오탁이 원리	계류용 줄의 장력	부유체의 부력
적정용량	5~10MW	5~10MW	5~10MW
최적수심	100m<	50~60m	40~50m
장점	구조가 단순해서 제조용이/ 구조상 저비용화가 예상됨	계류에 따른 용이면적이 작음/ 부체의 상하방향 흔들림 억제	항구시설 내 조립가능/ 부체동요가 작음
단점	얕은 수면에는 도입불가	계류시스템비용이 높음	구조가 복잡하고 고비용 / 시공효율, 비용관점에서 컴팩트화가 과제
개념도			

※ 출처 : 전기저널, 해상풍력발전 현황 및 전망 / 일본 NEDO 해상풍력발전저비용화프로젝트 관련

- 영국 스코틀랜드의 30MW 규모의 Hywind Scotland가 2017년 첫 부유식 해상풍력으로 운영을 시작한 이래로 유럽 각지에서 부유식 해상풍력단지를 건설 중에 있음

[표 3] 유럽 부유식 해상풍력단지 현황

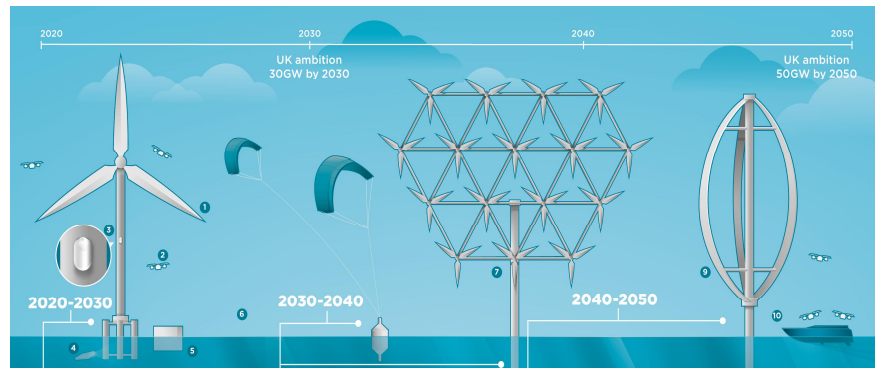
해상풍력 단지명	국가	용량(MW)	시운전날짜
Hywind Scotland	영국	30	2017(운영 중)
Windfloat Atlantic	포르투갈	25	2019
Flocan 5 Canaryy	스페인	25	2020
Nautilus	스페인	5	2020
SeaTwirl S2	스웨덴	1	2020
Kincardine	영국	49	2020
Forthwind Project	영국	12	2020
EFGL	프랑스	24	2021
Groix-Belle-ile	프랑스	24	2021
PGL Wind Farm	프랑스	24	2021
EolMed	프랑스	25	2021
Katanes Floating Energy Park	영국	32	2022
Hywind Tampen	노르웨이	88	2022

※ 출처 : Wind Europe, Floating Offshore WInd Energy : A Policy Blueprint for Europe

□ (기술 사례②) 수직축 해상풍력 (Vertical Offshore Wind Power)

- 영국의 기술전략위원회(Technology Strategy Board) 산하 캐터펄트(Catapult) 센터에 따르면 2030년 지금의 수평축 초대형 해상풍력에 벗어난 공중풍력 등 과도기적 형태의 기술이 2030~2040년 사이에 나타난 후, 초대형 수직축 해상풍력은 2050년 경에 개발될 것이라고 전망하고 있음

[그림 2] 미래 해상풍력 단지의 모습



※ 출처 : Catapult 홈페이지 (ore.catapult.org.uk)

- 수직축 부유식 해상풍력은 초대형화 시에 예상되는 중량 및 발전단가 저감에 대한 어려움을 동시에 해결 가능한 차세대 기술로 고려되고 있음
 - 보통 50m 블레이드 한 개의 무게가 약 10톤이며, 현재 초대형 해상풍력 블레이드의 길이는 100m가 넘어가고 있음
 - 따라서 풍력의 초대형화에 따른 블레이드와 너트셀의 무게로 인해 지속적으로 증가하는 하중에 대한 피로도와 스트레스와 관련하여 기술적 한계에 도달하고 있다고 볼 수 있음

[그림 3] GE자회사 LD Wind Power사가 개발한 계에서 가장 긴 블레이드(107m)

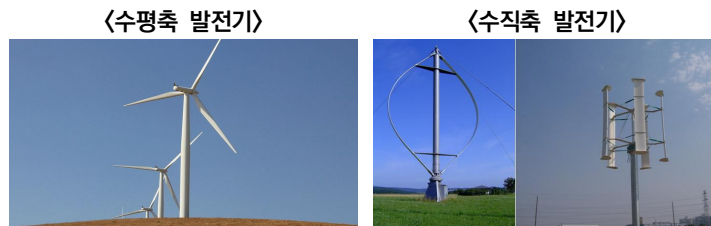


※ 출처 : GE 홈페이지 (www.ge.com)

- 글로벌 풍력 산업이 육상에서 해상으로, 근해에서 원해로 점차 확대됨에 따라 안전성과 경제성이 동시에 담보된 신개념의 부유식 수직축 해상풍력기술에 대한 시장 요구가 커질 전망

- 수직축 풍력터빈은 회전축이 지면에서 수직의 형태로 회전축이 바람의 방향에 대해 수직이며, 바람의 방향에 관계없이 운전이 가능하고, 증속기 및 발전기를 지상에 설치할 수 있으므로 같은 용량일 경우 수평축보다 가볍다는 장점이 있음
- 미국 Sandia National Lab., 네덜란드 ECN/TU Delft, 덴마크 DTU 등 선진 연구기관은 10MW급 이상의 초대형 수직축 부유식 해상풍력 연구 진행을 통해 관련 기술의 조기 시장 선점을 하기 위한 노력을 수행 중에 있음

[그림 4] 블레이드 회전축에 따른 풍력발전기 구분



향후 풍력발전의 예상되는 기술적 어려움

- 먼바다의 극한 환경을 견뎌야하는 해상풍력 단지는 운전 연수가 증가할수록 고장이 날 확률이 높아지기 때문에 향후 풍력단지의 경제성 확보를 위해서는 풍력발전단지의 O&M단가를 절감하는 것이 큰 숙제 중 하나임
- 풍력발전단지의 O&M에 크게 영향을 주는 요소는 ①터빈의 신뢰도와 용량, ②정비개념과 체계(접근방법, 중량물 이동시설 등), ③육지까지의 거리, ④해수면 깊이, ⑤바람과 파도의 조건, ⑥풍력단지의 규모 등이 있음
- 따라서 미래 해상풍력은 해안에서 멀리 떨어진 곳에 건설되기 때문에 단지의 운영·관리(O&M)에 대한 어려움이 비례적으로 증가함
- 풍력의 O&M 비용은 보통 LCOE의 20~25%를 차지하나, 풍력발전기가 점점 먼바다에 설치됨에 따라 비용이 점점 높아질 것으로 예상됨 (Costa 등, 2021)
- 풍력발전 단지는 고장이 발생하기 전에 예방 정비(Preventive Maintenance)를 하거나, 고장 발생 후에는 신속하게 진단하고 사후 정비(Break Down Maintenance)하여 풍력발전의 본래의 모습으로 회복시키거나 유지하는 것이 중요함
- 풍력부품은 10,000여 개의 부품으로 이루어져 있고, 한 부품이라도 고장날 경우 전력을 제대로 생산하지 못하여 큰 경제적 손실이 야기할 수 있음

[그림 5] 풍력발전 운영·관리(O&M)에 대한 분류

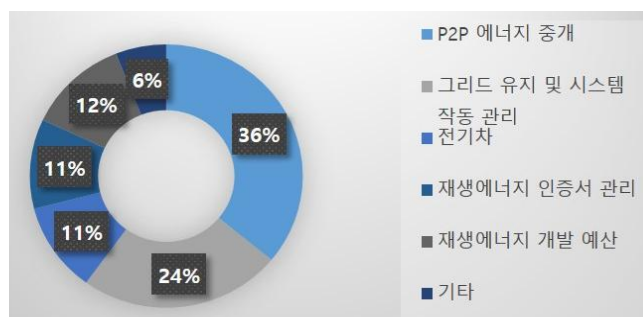


※ 출처 : 송기욱(2012), 풍력발전의 정비관리 기술

□ 해상풍력 발전단지 O&M에 대한 디지털화 진행 중

- 빅데이터, 인공지능, 블록체인, 디지털트윈 등의 디지털 기술을 활용하여 해상 풍력 발전단지를 효율적으로 운영하고 관리하는 기술이 다양하게 개발되고 있음
 - 덴마크 V&K에서는 핵심 구성품인 시스템 및 드라이브 트레인 CMS (Vibro-Suite)를 개발했고, 미국의 GE는 블레이드, 드라이브트레인 전용 CMS와 주요 구성품에 대한 고장진단 및 경향 분석기술을 개발하여 통합 CMS 및 고장진단 서비스를 제공하고 있음
 - 주요국들은 해상풍력 시스템, 주요부품에 대한 실시간 측정정보를 이용하는 A.I 기반 CMS를 개발하여 적극적인 사전 예방적 유지보수 활동을 통해 47%의 O&M 비용 절감효과를 얻고 있음
- ❶ (기계학습) 풍력발전기의 빅데이터를 기계학습(Machine Learning)을 통해 분석하면 풍력발전의 전력생산 뿐만 아니라 고장발생 위험을 미리 예측할 수 있음
 - 인공위성 데이터, 기상청 기상데이터, 풍력발전기 주변의 풍향과 풍속 데이터 등을 수집하여 풍속과 풍향을 머신러닝을 통해 분석하면 전력생산을 미리 예측
 - 풍력발전기의 다양한 곳에 센서를 부착하여 수집한 진동 등 빅데이터를 수집하고, 인공지능으로 분석하면 풍력발전단지의 고장발생 위험을 미리 예측할 수 있음
- ❷ (디지털트윈) 디지털 트윈은 컴퓨터에 현실속 사물의 복제본을 만드는 개념으로 풍력발전기의 빅데이터를 인공지능을 통해 분석하면 풍력발전의 전력생산 뿐만 아니라 고장발생 위험을 미리 예측할 수 있음
 - 풍력발전시스템의 동장이나 운영 상태를 분석하고 진단하거나, 수명 예측을 통한 유지보수, 계획되지 않은 고장정지를 사전에 예방하는데 활용됨
- ❸ (블록체인) 블록체인 기술의 에너지 부문 적용 사례는 많지 않으나, 블록체인 기술의 에너지 부문 응용 사례는 점차 증가세이며, 블록체인을 활용하여 풍력 터빈의 유지·보수와 관련한 정보들을 투명하고 안전하게 저장할 수 있음
 - ※ 블록체인은 거래에 관한 일련의 내용을 블록 형태로 개인과 개인간 방식의 네트워크에서 분산 보관하고 참가자가 공동으로 기록하고 관리하는 네트워크 보안 기술임

[그림 6] 에너지분야 블록체인 적용



※출처 : IRENA(2019), Innovation Landscape Brief: Blockchain

- 풍력 터빈에 대한 유지보수 자료(그림7)를 블록체인을 활용하여 실시간으로 투명하고 안전하게 저장·관리함으로써 풍력발전 시스템의 유지관리에 관한 비용과 시간 절감 가능

[그림 7] 블록체인에 저장되는 풍력발전 터빈 유지보수 관련 자료



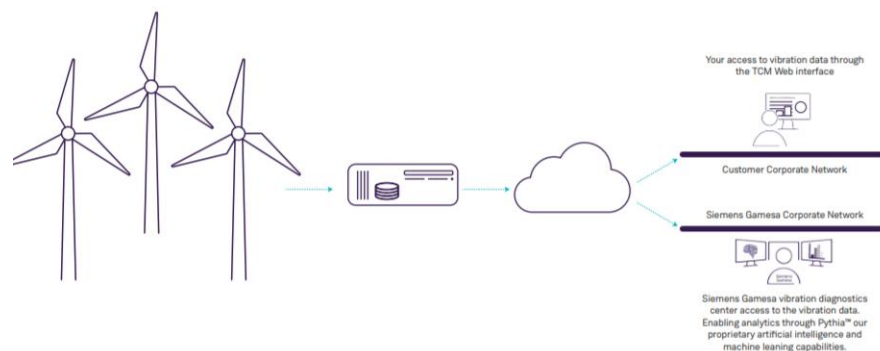
※ 출처: Blockchain for the next generation maintenance of wind turbines
(https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-next-generation-maintenance-wind-turbines-mba-llm-?trk=articles_directory)

미래 풍력발전의 디지털화 기술 사례

□ (사례①) Siemens Gamesa

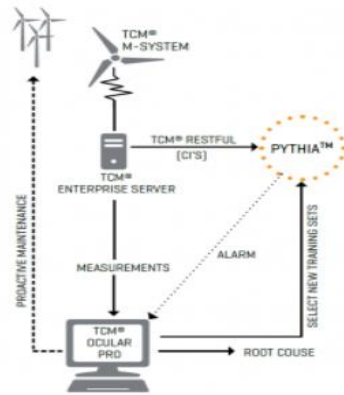
- 스페인에 본사를 둔 해상풍력 누적설치 기준 세계 1위인 선진기업으로, 주력 모델로는 직접 구동형 167m 8MW급 터빈을 보유하고 있으며, 최근에는 2024년 풍력발전 시장을 겨냥하여 직접 구동형 222m, 14MW급 터빈을 개발 중에 있음
- 풍력발전기의 개발 및 설치 뿐만 아니라 2014년에는 덴마크 브란데(Brande)에 원격 진단센터(remote diagnostic center) 설치하는 등 풍력단지 운영·관리에 대한 서비스를 제공하고 있음
 - ※ 1998년부터 전세계 풍력터빈에서 발생한 문제의 85% 이상을 원격으로 해결하고 있음
- 전세계 50여개가 넘는 국가의 50만개 풍력터빈에 설치된 6백만개 센서에서 발생하는 데이터를 덴마크 원격진단센터에 모은 후에 머신러닝, 인공지능 등 디지털기술이 탑재된 Phythia™을 활용하여 예방정비함

[그림 8] Simens Gamesa의 상태모니터링 및 데이터 공급 프로세스



※ 출처 : Siemens Gamesa(2021) Predict the future with Vibration Diagnostics

[그림 9] Pythia™ 구동 프로세스



※ 출처 : Siemens Gamesa Pythia™
(gramjuhl.com)

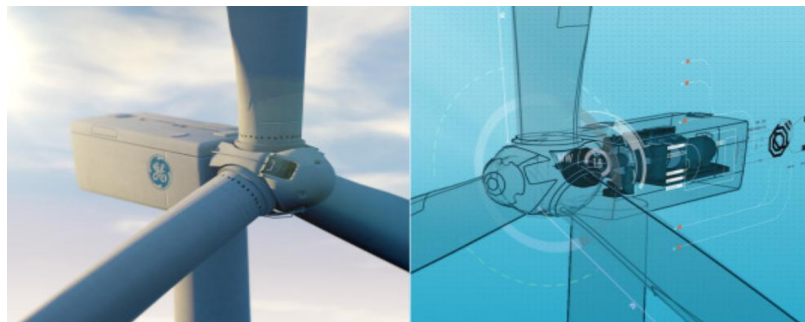
• Pythia™의 프로세스는 아래와 같음

- 드라이브트레인(메인베어링, 기어박스, 발전기)에서 오는 진동신호가 넷셀 내부에 있는 TCM® M-Sytem에 전달되고, 상태지표(CI, Condition indicators)로 식별됨
 - CI는 선택된 측정값과 함께 브란데 원격진단 센터의 TCM®서버로 전송됨
 - Pythia™ 플랫폼은 RESTfull 인터페이스를 이용하여 TCM®Enterprise에서 통합
- ※ REST인터페이스는 Pythia™와 같은 플랫폼이 인터페이스할 수 있는 API를 노출함

□ (사례②) GE renewable energy

- GE renewable energy는 미국에 본사를 둔 초대형 풍력발전기를 생산하며, 2020년 13.63GW 설치, 글로벌 시장점유율 14.05% 차지하는 세계 1위 기업임
- 최근에는 세계 최대 용량인 Haliade-X 12MW급 터빈 개발을 완료 후 시장 진입을 위한 상용화 단계를 진행 중에 있으며, 동일한 플랫폼에 상위급 모델인 Haliade-X 13MW급 및 14MW개발을 진행 중에 있음
- 디지털풍력단지(Digital Wind Farm)라는 개념을 도입하여 GE 고유의 하드웨어 및 소프트웨어를 활용한 데이터분석을 통해 풍력터빈의 전체 수명기간 동안의 효율성, 사이버보안, 안정성 및 수익성을 향상시키고자 함
- (Predix Platform) 신속하고 나은 의사결정을 위해 혁신적인 산업용 인터넷 애플리케이션을 지원하는 클라우드 기반 소프트웨어 플랫폼
- (App Suite) 매년 에너지 생산을 증가시키고, 풍력단지 수익성을 향상시키기 위한 프로그램
- (Digital Twin Technology) 풍력발전에 대한 디지털 모델을 적용하여 생산을 향상시키고, 운영 및 유지관리 계획을 최적화함

[그림 10] GE 풍력터빈과 디지털트윈

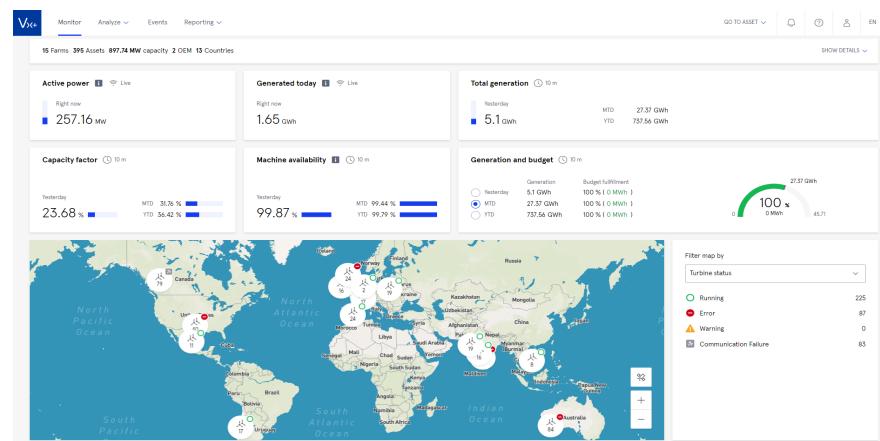


※ 출처 : GE Power & Water (ge.com)

□ (사례③) Vestas

- 덴마크에 본사를 둔 Vestas는 세계 최대 용량인 로터 직경 236m의 15MW 터빈 개발 중이며, 2024년 시장진입을 목표로 2022년에 실증 터빈을 개발 완료할 예정임
- 풍력터빈의 전력생산증가, 운영효율성 향상을 위한 디지털 솔루션을 제공하기 위해 2018년 Vestas는 Utopus Insights를 인수
 - Utopus Insights는 15년 역사의 IBM의 Smarter Energy Research Institute에 근간을 둔 회사로서 2017년에 설립
- Scipher은 고급 산업용 인공지능 및 IoT, 머신러닝을 활용한 에너지분석플랫폼으로서 Scipher.Vx, Scipher Vx+, Scipher Fx으로 구분됨
 - (Scipher.Vx) 과거 및 실시간 데이터를 활용하여 비정상적인 동작을 신속하게 식별하고, 주요 운영결과에 대해 시각화 함
 - (Scipher Vx+) 사전 예방적 풍력터빈성능 모니터링을 위한 고급분석을 제공
 - (Scipher.Fx) 5분에서 14일 기간의 정확한 재생에너지 예측을 제공하여 전력망에 대한 간헐적 에너지원을 보다 예측 가능하고 신뢰할 수 있도록 함

[그림 11] VESTAS Utopus Insight의 Scipher. Vx



※ 출처 : Vestas Utopus Insights(vestas.com)

□ (사례④) 코인플러그

- 정보통신산업진흥원 주관의 ‘2020년 블록체인 기술검증(PoC) 지원 사업’과제의 일환으로 한국남부발전과 협력하여 블록체인 기반 풍력발전 운영·보안 솔루션* 구축
 - * 풍력발전 데이터의 실시간 처리 가능한 고속 트랜잭션 처리, 비인가 접근 방지를 위한 분산 ID 인증기능, 안전한 데이터 전송 및 저장을 위한 분산 ID 암호화 통신기능, 무결성을 보장하는 풍력데이터 저장 기능, 블록체인 기반 방화벽 관리 기능
- ‘국산풍력 100기 건설 프로젝트’를 추진 중인 한국남부발전은 블록체인에 기반한 운영 솔루션 기술을 도입함에 따라 풍력 발전 데이터의 보안성과 정확성, 일관성을 유지하고 데이터의 결손과 부정합이 없는 무결성 확보 도모한 데이터 분산 저장 및 검증으로 풍력발전시스템의 보안성을 강화

시사점

- 풍력은 화석연료를 대체할 수 있는 재생에너지원으로서 경제성을 확보하기 위해 20MW급 이상까지 초대형화가 예상됨
- 이에 따라 미래에는 해상의 질 좋은 풍황자원을 따라 부유식 해상풍력이 개발되고, 초대형화에 따른 블레이드 길이로 인한 한계를 극복하기 위해 수직축 풍력 개발 또한 촉진될 것으로 전망됨
- 먼바다로 해상풍력이 진출함에 따라 증가되는 운영 및 관리(O&M)에 대한 비용을 절감하기 위한 노력이 필요하며, 이를 위해 인공지능, 디지털트윈 등 4차 산업혁명의 핵심 기술의 활용과 접목이 유용해짐
- 이미 Siemens Gamesa, GE renewables, Vestas와 같은 세계 풍력기업들은 풍력 터빈 개발 뿐만 아니라 설치 후 질 좋은 서비스를 제공하기 위해 디지털 기술을 활용하여 원격으로 글로벌 풍력터빈을 예방정비하여 풍력터빈운영의 신뢰성을 제고함
- 우리나라 풍력 O&M 기술수준은 최고기술보유국(EU) 대비 약 3.5년의 기술격차(2019년 기준)가 나는 것으로 조사되었고, 이는 풍력발전단지에 대한 설계, 운영, 유지 보수 경험이 충분히 축적되지 못한 데서 비롯되나, 서남해안 등 해상풍력 단지 설치 용량 확대에 따라 기술 축적도가 높아질 것으로 예상됨 (녹색기술센터, 2020)
- 앞으로 우리나라 또한 풍력발전 관련 빅데이터를 수집하여 클라우드에 공유하고, 인공지능, 머신러닝 등을 활용하여 분석기능을 강화하여 풍력단지의 운영효율성을 높이고자 하는 노력이 더욱 필요한 것으로 보임. 또한 풍력 발전 데이터의 보안성과 무결성을 확보하는 것도 중요한 과제 중 하나임

참고문헌

- 1) GWEC. (2021). Global Wind Report
- 2) BloombergNEF. (2021), The New Energy Outlook(NEO)
- 3) Wind Europe. Floating Offshore Wind Energy : A Policy Blueprint for Europe
- 4) Costa 등 (2021) New Tendencies in Wind Energy Operation and Maintenance
- 5) 송기욱. (2012). 풍력발전의 정비관리 기술
- 6) 변승현. (2018). 디지털 트윈과 시뮬레이터
- 7) IRENA. (2019). Innovation Landscape Brief: Blockchain, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
- 8) 박찬국, 정민, 민해경, 심주형. (2018), 블록체인, 에너지 부문 기회와 과제
- 9) Blockchain for the next generation maintenance of wind turbines.
https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-next-generation-maintenance-wind-turbines-mba-llm-?trk=articles_directory
- 10) Siemens Gamesa. (2021). Predict the future with Vibration Diagnostics
- 11) Siemens Gamesa PythiaTM. <https://gramjuhl.com>
- 12) GE Power & Water. <https://ge.com>
- 13) Vestas Utopus Insights. <https://vestas.com>
- 14) Coinplug. <https://coinplug.com/usecases/kospo-windpower-operational-security>
- 15) KOSPO Family. <https://kospomagazine.co.kr/page/vol115/view.php?idx=15>
- 16) 녹색기술센터 (2020). 2020 기후기술 수준조사 본보고서 PART- I [총괄/감축 편]

본 내용은 녹색기술센터(GTC)의 수시과제 [C2120401] 융복합 기후기술 연구개발 전략을 위한 전문가협의체 운영과 관련하여 연구 수행의 일환으로 수행되었습니다.

2021년 7호 2021 DECEMBER Vol.2 No.7

GTC BRIEF

발 행 인 정병기

발 행 일 2021년 12월 17일

발 행 처 녹색기술센터

주 소 04554 서울특별시 중구 퇴계로173
남산스퀘어 빌딩 17층

전 화 02.3393.3961

팩 스 02.3393.3919~20

홈페이지 <http://www.gtck.re.kr>

I S S N 2733-9696(온라인)
2733-9572(인쇄본)

디 자 인 리드릭 02.2269.1919



04554 서울특별시 중구 퇴계로173
남산스퀘어 빌딩 17층
Tel. 02.3393.3900
Fax. 02.3393.3919~20
www.gtck.re.kr

* 본 GTC BRIEF의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 센터의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.