

대규모 해상풍력 SCADA 개발을 위한 고려사항

김동욱*, 정남준*, 이재경*, 최효열*

*한전 전력연구원

e-mail:dongwook, njjung, jklee78, hychoi@kepcoco.kr

Issues for Development of a Large-Scale Offshore Wind Farm SCADA System

Dong-Wook Kim*, Nam-Joon Jung*, Jae-Kyung Lee*, Hyo-Yul Choi*

*KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation

요 약

전 세계적으로 신재생에너지에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 국내에서도 대규모 해상 풍력발전단지 개발을 진행중에 있다. 현재 풍력발전단지 운영 기술인 SCADA 시스템의 국내 기술 수준은 매우 낮은 수준으로 현장 적용 가능한 SCADA 시스템 개발이 시급한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 대규모 해상 풍력발전단지 SCADA 시스템 개발을 위해서 필요한 고려 사항을 분석하였다.

1. 서론

전 세계적으로 화석 연료 고갈 및 유엔 기후변화협약에 대응하기 위하여 각 국가별로 신재생에너지 개발과 보급에 주력하고 있다. 특히, 최근 일본 원전사고의 영향으로 더욱 신재생에너지에 대한 관심이 증대되고 있는 상황이다. 이 신재생에너지는 태양광, 태양열, 풍력, 소수력, 조력, 연료전지, 지열 등을 포함하고 있으며, 이 중 풍력은 CO2 배출과 방사능 누출 위험이 없는 무공해 천연 에너지면서 신재생에너지 중 발전비용이 낮은 수준으로 최근 국내외에서 활발하게 사업이 진행되고 있다[1].

<표 1> 해상풍력 및 기타 에너지원의 발전비용(EU기준)

	해상 풍력	육상 풍력	원자력	석탄 화력	가스 복합
발전비용 (€/MWh)	87	60.1	50	56.3	68.5

이러한 장점 때문에, 풍력발전 시스템은 미래에 가장 유력한 대체 에너지원으로 인정을 받고 있으며, 기술 진보, 대량 생산 그리고, 국가적 지원에 의해 경제성이 지속적으로 높아지고 있는 상황이다.

현재 진행되고 있는 풍력발전은 기술적 제한 문제등으로 인해서 육상 풍력발전 형태로 진행되고 있다. 그러나, 육상 풍력발전의 경우 설치 부지 확보의 어려움 및 소음과 경관 등의 문제로 대규모 개발이 어렵다. 따라서 현재 유럽에서는 풍력발전터빈을 해안 앞바다에 설치하는 해상

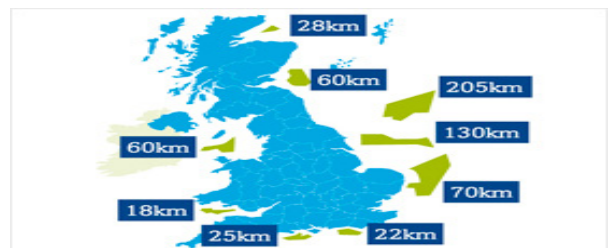
풍력발전이 시작되고 있다.

해상풍력발전이 주목받는 이유는 풍부한 풍력자원과 대형 발전단지 부지 확보가 가능하다는 점이다. 해상은 육지에 비해 평균 풍속이 높고 바람의 난류와 높이나 방향에 따른 풍속 변화가 적은 것이 특징이다. 해상풍력발전기의 풍차에 대해서는 소음이 육상만큼 문제가 되지 않기 때문에 날개 끝속도(Tip Speed)를 60m/s 정도로 제한하고 있는 것을 100m/s를 초과하는 수준까지 고속화가 가능해진다.



(그림 1) 해상 풍력발전 단지

2010년 영국은 Round 3 프로젝트를 통해 9개 지역에 총 32GW의 해상풍력 단지를 개발할 업체를 선정했다[2]. 영국의 Round 3 프로젝트 시행으로 해상풍력에 대한 관심이 고조되었고, 2010년 1GW에 불과했던 해상풍력시장은 2020년에 7GW로 7배가량 커질 전망이다.



(그림 2) 영국근해 Round3 선정지역

This work was supported by the New & Renewable Energy of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Knowledge Economy (Project No. 20113040020010). We would like to thank KETEP and Korea government MKE for the funding.

따라서, 미래 풍력발전 설비의 상당수는 해상에 구축될 것으로 보인다. 기존의 육상풍력에만 중점을 두었던 기술 개발이나 지식기반을 뛰어넘는 해상풍력발전을 위한 신기술과 노하우가 필요할 것이다. 해상풍력은 신기술뿐만 아니라 풍력터빈 크기 및 풍력단지 생산량 대규모화 및 기존 규모 이상의 전력 기반시설이 요구된다.

<표 2> 글로벌 해상풍력 시장전망(2011~2020년 기준)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	CAGR
설치량 (MW)	1162	1500	1958	2400	2700	3100	6915	19.5%

※ 출처 : EWEA(2009.8) Oceans of Opportunity ; WWEA(2011.4). World Wind Energy Report 2010

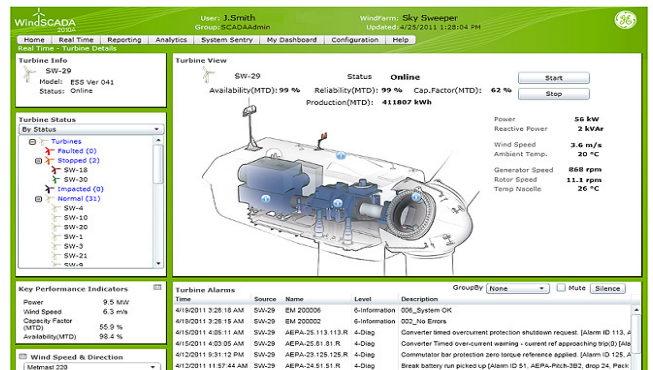
대규모 해상풍력발전단지 구축 연구가 진행됨에 따라서 이를 운영하는 SCADA 시스템의 대형화 연구가 같이 진행되어야 한다. 본 논문에서는 해상 풍력 발전단지의 대규모화에 따른 SCADA 시스템 구축 방안에 대해서 논의하고자 한다.

2. 풍력발전 SCADA 시스템

해상 풍력발전단지는 육상 풍력발전단지에 비해 접근성이 낮기 때문에 풍력발전기 사고 발생 시 정상 복구까지 장기간의 시간이 소요되는 문제를 갖고 있다. 따라서 해상 풍력단지의 운영을 지원하는 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템은 육상 풍력단지 SCADA에 비해서 고효율 및 고가용성을 요구한다. 이 SCADA 시스템은 운영자에게 해상 풍력발전단지의 실시간 상태 정보를 모니터링 할 수 있는 기능과 비상시 제어할 수 있는 기능을 제공한다.

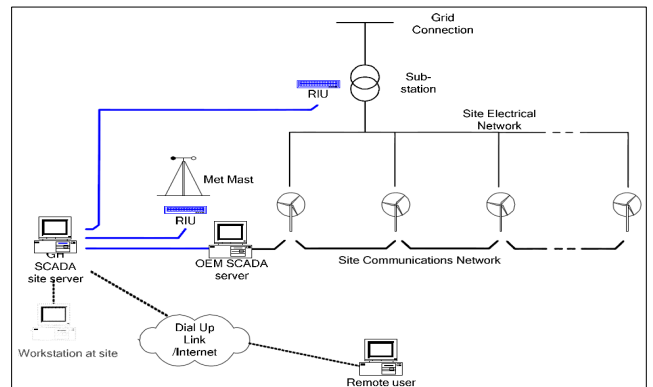
이러한 역할을 수행하기 위해 SCADA 시스템은 각 풍력발전기별로 내부 컴포넌트들에 대해 상태 감시 데이터 및 주위 환경(예, 기상) 정보들을 측정하여 중앙 상황실의 전송하여 분석 및 처리하는 기능을 제공한다.

현재 풍력발전 SCADA 시스템 제품 시장에서 외국계 회사인 Vestas[3], Bachmann[4], Beckhoff[5], 그리고 GE[6]이 두각을 나타내고 있는 상황이다. 이 SCADA 제품들은 자사 풍력발전기에 특화되어 개발된 특징을 갖고 있다. 예를 들면, 미국계 회사인 GE Energy는 자사의 풍력발전기 모델에 최적화된 WindSCADA[6] 제품을 제공하고 있다. 자사 풍력발전기에 특화된 SCADA 제품들 중 하나를 선정할 경우, 특정 회사에 기술적 종속을 초래하는 문제가 있다.



(그림 3) GE의 WindSCADA 스크린샷

또 다른 사례로, 영국 DTI (Department of Trade and Industry, 통상산업부)의 Sustainable Energy Program의 일환으로 개발된 최초의 이중 터빈용 SCADA 시스템인 GH SCADA 시스템이 존재한다. 이 SCADA 시스템은 이기종 풍력발전기와 호환성을 지원하기 위해서 RIU(Remote Interface Unit)라는 별도의 장치를 각 풍력발전터빈, 기상탑, 그리고 변전소(substation)에 각각 설치하여 운용하고 있다. 아래 그림은 GH SCADA 시스템의 구성을 보여준다.



(그림 4) GH SCADA의 System Architecture

결론적으로 대부분의 선진 기업들은 풍력발전기에 대한 최적의 운영 및 제어 기술을 확보하여 운영중에 있으며, 기술 보호를 위하여 타사 제품과의 상호 운영을 지원하지 않는 상태이다. 현재 국내 기술은 제어기술과 경험이 부족하여 SCADA 시스템 제품을 개발하지 못하고 있는 상황이다.

3. 대규모 SCADA 시스템 고려사항

소규모 해상 풍력발전단지 구축과 비교하여 대규모로 구축을 진행하는 경우 시스템적으로 고려할 사항이 많다. 아래 이때 발생 가능한 주요 이슈들을 기술하였다.

이기종 풍력발전기 구성 : 해상 풍력발전기 구축 공사는 설치공사 비용 및 생산된 전력을 육지로 전송해야 하는 문제로 구축비용이 육상 풍력발전기에 비해 1.5배 정도 높기 때문에 대규모 해상풍력발전단지 개발을 시간과 비

용 측면에서 어려움이 많다. 따라서 비용 또는 정책적인 고려를 반영하여 대규모 해상 풍력발전 단지 구축은 장기적인 구축 계획에 따라서 진행될 가능성이 높다.

이점은 대규모 해상 풍력발전단지 구축 시 도입되는 풍력발전기들 사이에 기능적 또는 물리적 특성 측면에서 이질적 요소가 포함될 가능성을 높게 한다. 즉, 대규모 해상 풍력발전단지를 위한 풍력발전기의 대규모 구매가 동일 제품 모델로 결정될 가능성이 매우 낮고, 구축 기간이 길기 때문에 동일한 제조사의 제품도 지속적인 개발로 인해 이전에 도입된 풍력발전기 제품과 비교하여 신제품들은 이질적인 요소들을 포함할 수 있다. 따라서 동일 발전단지 내의 풍력발전기들간에 존재하는 이질성을 해소하는 것이 중요한 문제들 중 하나이다.

풍력발전단지 확장성 지원 : 대규모 풍력발전 단지내에 신규 풍력발전기 도입 및 기존 풍력발전기의 제거를 SCADA 시스템에서 지원할 수 있도록 확장성이 SW설계시 반영되어야 한다. 일반적으로 확장성은 멤버의 변화를 반영하여 구성 환경 관리, 데이터 송수신, 제어에 관련된 기능이 되어 변경 이전과 차이 없이 이루어지는 것을 의미한다. 예를 들어, 신규 풍력발전기의 도입 시 발전단지내 구성정보에 반영되어야 하고, 신규 도입에 따른 데이터 추가 발생을 시스템에서 처리할 수 있도록 데이터 처리용 서버 추가를 통한 성능 및 기능 향상 여부가 중요하다.

대용량 데이터 수집 및 처리 : 해상 풍력발전단지는 지역적으로 접근이 어려운 문제를 갖고 있기 때문에 실시간으로 풍력발전기 모니터링 및 제어 기술이 요구되어진다. 모니터링을 위해서 풍력발전기 내부 컴포넌트들과 주위 환경에 대한 세부 정보들이 데이터화 되어 중앙 SCADA 시스템으로 전송되어야 하며, SCADA 시스템은 수집된 데이터들을 Database와 같은 기술을 이용하여 Repository 시스템을 구축 후, 지속적으로 수집되는 데이터들을 Repository에 축적해야 한다. 축적된 데이터들은 가공되어 통계 정보, 이력 조회, 예측 등과 같은 서비스 형태로 사용자에게 제공될 수 있다.

SCADA 시스템의 풍력 터빈 모니터링 기능은 풍력 터빈에서 생성된 데이터들을 수신하고, 이를 가공 처리하는 과정을 포함하고 있다. 이때 대규모 풍력발전 단지에 이를 적용할 때 예상되는 문제점은 방대한 데이터들이 SCADA 시스템으로 집중되어 SCADA 시스템의 처리 한계를 넘어서는 문제에 직면할 수 있다.

이러한 데이터 생성부터 가공까지 흐름은 대규모 풍력 발전단지에 적용할 경우 실시간 처리에서 문제가 발생한다. 풍력발전단지로부터 수신한 데이터를 처리해서 Database에 저장하는 작업에 오버로드가 걸리기 때문에

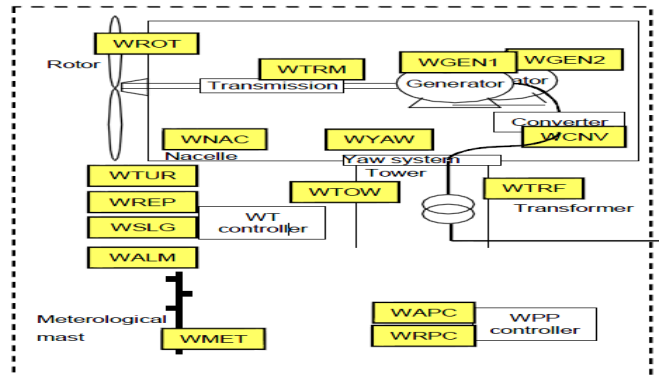
실시간 처리가 어렵게 된다. 또한, 시스템 장애 발생시 풍력 발전단지로부터 수신되는 데이터들을 전부 손실할 수 있는 상황이 발생할 수 있다. 복구 후에도, 손실된 데이터들을 복구할 수 없는 상황에 놓이게 되므로 안정적인 SCADA 시스템 운영을 위해서는 이중화 같은 Fault-tolerant 기법등이 적용되어야 한다.

4. SCADA 시스템 구축 방안

앞서 제기한 대규모 해상 풍력발전단지 구축 시 발생 가능한 이슈들에 대한 대책들을 아래와 같이 기술하였다.

풍력발전 표준화(IEC61400-25) : 해상 풍력발전단지 구축은 여러 제조사들의 풍력발전기들을 조합으로 이루어진다. 이를 위해서는 제조사별 풍력발전기간에 존재하는 이질성 문제를 극복하기 위한 방법이 필수적으로 요구된다. 이와 관련되어 국제 표준 IEC61400-25가 2006년 제정되었다. 이 표준은 2003년 제정된 변전소 자동화를 위한 표준 시스템 프로토콜인 IEC61850을 기반으로 확장하여 풍력발전기들의 이질성 문제 해결을 목적으로 하고 있다. 이 표준은 풍력발전기를 위한 모든 객체들을 통신 가능한 표준 LN(Logical Node) 형태로 정의하였다. 이러한 풍력발전기의 논리적 구성을 Information Model이라하며, Service Model인 ACSII (Abstract Communication Service Interface)를 정의하여 데이터 처리를 수행하는 알람, 리포트, 로그 등의 기능할 수 있다.

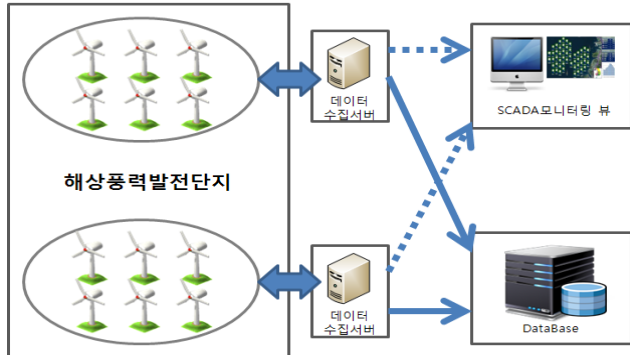
IEC61400-25에서 풍력 발전 시스템 및 ACSII 서비스를 위해 정의하고 있는 LN은 2개이며, Wind Power Plant 용 LN는 5개, Wind Turbine 용 LN은 13개이며, 풍력발전 시스템의 모니터링 항목은 다음 그림과 같다.



(그림 5) IEC61400-25의 Logical Node 구성

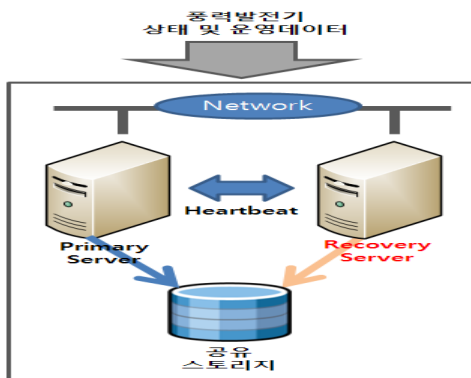
데이터 수집 및 처리 : 단지 내 개별 풍력발전기들은 끊임없이 상태 및 운영에 관련된 수많은 데이터를 생산한다. SCADA 시스템은 이 데이터들을 중앙 서버로 수집하여 실시간으로 처리가 필요한 데이터는 그 즉시 단지 운영자에게 서비스 형태로 제공하고, 수집된 데이터들을 Repository에 저장하는 작업을 동시에 수행한다. 이 작업에서 풍력발전기에서 생산한 데이터를 네트워크상에서 송

수신하는 작업과 Repository에 이 데이터들을 저장하는 작업들이 I/O 바운드 작업으로 분류되기 때문에 가장 큰 오버헤드가 발생시킨다. 따라서 대규모 풍력발전단을 대상으로 SCADA 시스템 구축 시, 아래 그림과 같이 이 I/O 바운드 작업을 실시간 처리가 필요한 작업과 별도 분리하여야만 대규모 데이터 처리가 가능하고, 전체 시스템의 안정성도 향상 가능하다.



(그림 6) 풍력발전기 데이터 분산처리 개념

서버 이중화 설계 : 서버 장애 발생은 풍력발전기로부터 전송되는 데이터 분실을 야기할 수 있으며, 서비스 제공 실패로 사용자 불편을 야기할 수 있다. 따라서 전체 SCADA 시스템 안정화를 위하여 서버 장애 대비를 위한 서버 이중화를 고려해야 한다. 그러나, 서버 이중화는 고비용을 초래하는 문제를 갖고 있기 때문에 내부 시스템들의 중요성을 고려하여 이중화 설계가 이루어져야 한다. 예를 들어, 풍력발전기로부터 데이터 수집 역할이 중요하기 때문에 데이터 수집 서버를 L4 스위치와 Recovery 서버를 이용하여 이중화 설계를 수행할 수 있다.



(그림 7) 서버 이중화 개념

6. 결론

현재까지 국내의 풍력단지 개발에 관련된 연구는 주로 기존 전력계통 연계와 풍력발전기 구조물에 대해서 이루어졌으며, IT관점에서 SCADA 시스템 개발에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 국외 경우 이미 메이저급 풍력터빈 제조사들이 이미 상용화된 SCADA 제품을 보유하여 높은 기술력을 갖고 있다. 그러나 국외 SCADA에 대한 연구는 학계 보다는 업계 중심으로 이루어졌기 때문

에 기술 장벽이 높다.

현재 국내에서도 서남해 지역을 대상으로 대규모 풍력발전단지 구축이 진행되고 있기 때문에 효율적이고 안정적인 SCADA 시스템이 개발이 요구되지만, 기술 수준의 낙후로 해외 기술에 종속될 가능성이 높아 SCADA 시스템 분야의 기술 개발이 시급한 실정이다.

이에 본 논문에서는 IT 기술 관점에서 SCADA 시스템 개발 시 필요한 고려사항을 분석해 보았다. 향후 이 분석 내용을 기반으로 현장적용 가능한 해상 풍력발전단지용 SCADA 시스템 개발을 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Hill. S. et all. Global Wind Sector. Macquarie Equities Research. 2011.7.6
- [2] Crown Estate <http://www.thecrownestate.co.uk/r3-developers>
- [3] Vestas Inc. "Vestas OnlineTMBusiness Operator's Manual," 2009.
- [4] Bachmann Electronic, <http://www.bachmann.info/>
- [5] Beckhoff , <http://beckhoff.com/>
- [6] GE Energy WindScada, http://www.ge-energy.com/products_and_services/services/wind_services/windscada.jsp