

특집 : 제주 스마트그리드 실증 단지

지능형 신재생(Smart Renewable) 실증 과제 소개

전진홍

(한국전기연구원 스마트그리드연구본부 신재생에너지시스템연구센터 선임연구원)

에너지 위기 및 기후변화에 대응하기 위한 녹색성장 동력기술의 핵심으로 2009년 12월에 시작된 스마트그리드 실증사업은 2010년 5월에 1단계 연구를 통해 기본설계와 실증센터, 홍보관 구축을 마치고 2010년 6월부터 본격적인 실증을 위한 2단계 연구가 진행되고 있다.

스마트그리드 실증사업 중 스마트 신재생 실증사업은 풍력 및 태양광과 같은 신재생전원과 대용량 전기에너지 저장장치를 이용하여 전력품질 제고 및 전력거래와 관련된 기술의 실증을 통해 신재생에너지 증가에 따른 공급안정성 제고 및 새로운 비즈니스 모델의 개발을 목적으로 한다.

본고에서는 스마트그리드 기술에 대한 본격적인 실증을 앞두고 있는 시점에서 현재 추진되고 있는 스마트 신재생 실증사업의 진행현황과 향후과제에 대해 살펴보는 기회를 가지고자 한다.

1. 스마트그리드

스마트그리드에 대해서는 많은 정의와 의견이 상존하고 있으나 간략하게 기존의 전력망(Grid)에 정보통신기술(Smart)을 접목하여, 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 전력정보를 교환함으로써 에너지효율을 최적화하는 차세대 전력망 기술로 정의할 수 있다.

스마트그리드가 도입됨으로써 예측 가능한 전력공급 패러다임(paradigm)의 변화는 크게 다음의 세 가지로 요약할 수 있다.

- 첫째, 공급자 중심의 중앙집중적 통제체제(centralized control)에서 소비자 중심의 분산형 상호작용체제(decentralized control)로 변화.
 - 둘째, 1차 에너지인 화석에너지 중심체제에서 2차 에너지인 전기에너지 중심체제로 전환.
 - 셋째, 단순한 물리적 공급 체제에서 다양한 융복합 서비스의 플랫폼을 제공하는 시스템으로 진화.
- 이러한 스마트그리드 도입을 통해 이루지는 패러다임의 변화는 양방향 전력정보 교환을 통하여 합리적 에너지 소비를 유도하고, 고품질의 에너지 및 다양한 부가서비스를 제공하

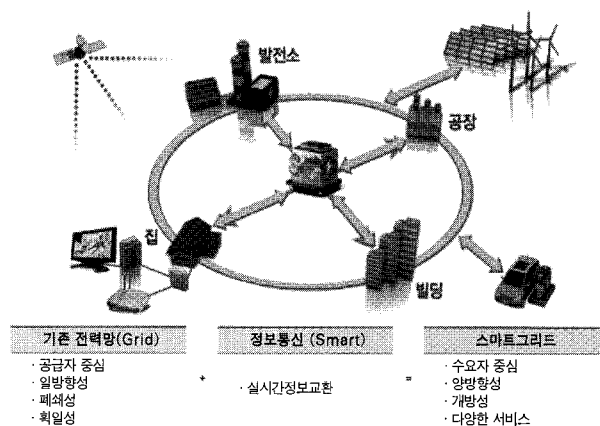


그림 1 스마트그리드의 개념

표 1 현재 전력망기술과 미래 스마트그리드기술

구분	2010년 전력망	2030 스마트그리드
통신	단방향, 비실시간	양방향, 실시간
소비자와 소통	제한된 범위	다양한 범위
미터링	전자기계적 미터링	디지털 미터링, RTP 가능
운전	수동 감시 정기적 유지보수	자동 감시 상대 기반 유지보수
발전	집중식	집중식 + 분산전원
전력 제어	제한적	자동, 광범위
신뢰도	신뢰도 낮음 사고 파급 수동 대비	신뢰도 높음 사고 한정 또는 자동 치유 자동 대비
복구	수동	자가 복구
시스템 토폴로지	수직상 정해진 방향 전력 흐름	네트워크 다양한 전력 흐름

표 2 현재 중전기산업과 미래 스마트그리드관련 산업

구분	2010	2030
전력 산업	-회색연료 위주의 발전형	-신재생 · 분산형전원 일반화
	-기저발전(원자력 · 석탄)·철두발전(LNG · 양수)	-기저발전(원자력 · 석탄) 위주 -지능형전력망 → 효율적 전력수요관리 →철두발전원 수요 감소
	-전력산업의 영역: 계량기까지	-전력산업의 영역: 계량기 이후 가전제품 계량까지 확대 -전기열악개선사업 일반화
	-공급자위주 제한된 전력시장	-다수의 공급자와 수요자가 참여하는 전력시장
중전 산업 및 통신 산업	-중전산업과 통신산업이 각각 고유한 산업영역으로 구분	-기존 중전기기와 IT 기술이 융합된 제품의 일반화 -소비자전력관리장치 등 새로운 전력설비의 일반화
가전 산업	-기능 및 성능위주의 제품개발	-전력상화에 반응하는 스마트가전제품(Smart Appliance) 개발 -조명 · 에어컨 · TV 등이 전기요금에 연동되어 전력사용 최적화
건설 산업	-편의성/디자인을 고려한 건물 설계	-효율적 전기이용이 가능한 스마트 홈 · 빌딩 확대 -지능형건물망, 재생에너지 수용으로 전력 효율 극대화
자동차 산업	-가솔린/디젤 엔진 위주	-전기자동차 일반화 -운송분야의 변화 촉진 -탄소배출 저감
에너지 산업	-석유판매(주유소)	-전력판매(충전소) -전기자동차 활성화를 위한 새로운 인프라

는 것을 가능하게 하며 또한 신재생에너지, 전기차 등 청정 녹색기술의 접목, 확장이 용이한 개방형 시스템으로 산업간 융·복합을 통한 새로운 비즈니스를 창출한다.

스마트그리드가 도입된 미래의 전력망의 모습은 크게 세 가지로 특징지을 수 있으며 그림 2에 나타내었다.

- 전력 인프라와 정보 통신 인프라가 융합된 고효율 차세대 전력망
- 발전-송전-배전-소비자에 이르는 계층 구조의 전력망에서 다양한 주체들이 소비자이자 공급자인 네트워크 구조의 전력망으로 변화
- 전력망이 전력공급을 위한 인프라에서 가전 통신 건설 자동차 에너지 등 비즈니스의 플랫폼 역할을 하는 전력망으로 진화

스마트그리드가 적용된 미래 전력망의 기술적인 특징은 전력공급자와 소비자 사이에 양방향 통신이 구현됨으로써 실시간 요금제, 수요반응, 전기자동차 등 다양한 신기술이 적용되어 있는데 있으며 이를 현재와 비교하여 정리하면 표 1과 같으며 이와 관련되어 파급될 관련 산업을 정리하면 표 2와 같다.

2. 지능형 신재생(Smart Renewable)

제주 스마트그리드 실증사업은 세계 최대 · 최첨단 스마트그리드 실증단지들을 조기에 구축하여, 관련 기술의 상용화 수출산업화를 촉진할 목적으로 제주도 구좌읍(제주 동북부 소재)에서 추진되고 있는 사업이다. 지능형 전력망(smart power grid), 지능형 소비자(smart consumer), 지능형 운송(smart transportation), 지능형 신재생(smart renewable), 지능형 전력서비스(smart electricity service)의 총 5개 분야에 42개월(2009.12.01.~2013.05.31.) 동안 총 2,395억원

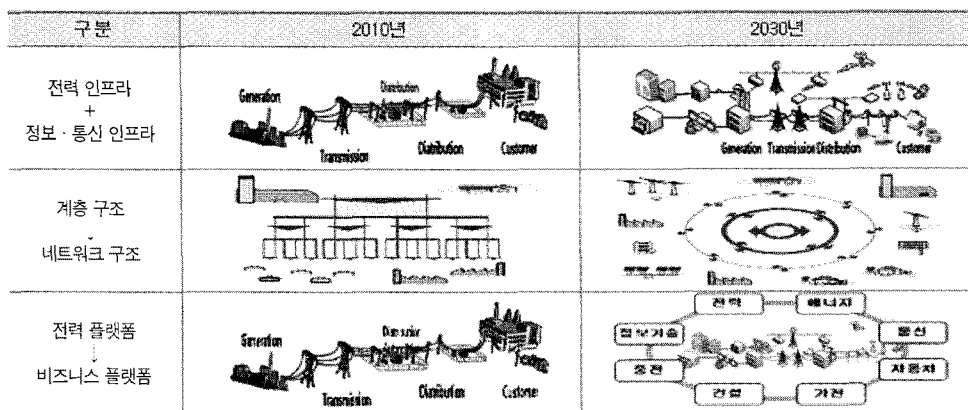


그림 2 스마트그리드의 미래 모습

표 3 지능형 신재생 분야의 단계별 목표

1단계 (2009~2012)	2단계 (2013~2020)	3단계 (2021~2030)
지능형 신재생발전 플랫폼 구축 및 실증 · 신재생발전 안정적 연계 · 마이크로그리드 시범단지 운영 · 소규모 전력저장장치 운용	지능형 신재생발전 안정적 연계운영기술 확보 · 신재생발전의 대량보급 체계구축 · 마이크로그리드 시범보급 · 중대용량 전력저장장치 운용	대규모 신재생발전 보급인프라 구축 · 대규모 신재생발전 보편화 · 마이크로그리드 상용화

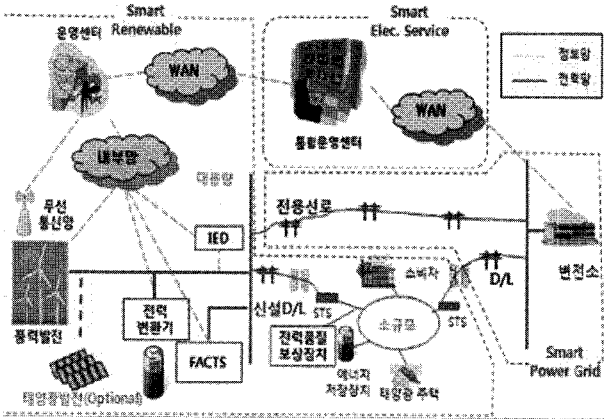


그림 3 지능형 신재생 구성 요소

(정부 685억원, 민간 1,710억)이 투자되고, 전력·통신·자동차·가전 등 스마트그리드 유관 기업들로 구성된 12개 컨소시엄 168사가 참여하는 대형 프로젝트이다. 그 중 지능형 신재생 분야는 발전이 간헐적이고 출력제어가 어려운 신재생 발전원을 기존의 전력망에 안정적으로 연계, 운용할 수 있는 인프라 구축과 에너지 자급자족이 가능한 가정(green home) 및 빌딩(net zero energy building), 마을(green village) 구현을 목표로 하며 단계별 목표는 표 3과 같다.

지능형 신재생 기술은 신재생에너지 보급에 장애가 되는 요인을 극복하여, 신재생 발전원을 기존의 전력망에 안정적 연계가 가능케 하는 기술로 마이크로그리드 기술, 에너지저장 기술, 전력품질 보상 기술, 전력거래 인프라 기술로 구성된다.

- 마이크로그리드 기술 : 충분하고 다양한 신재생 발전원을 포함한 분산전원과 부하의 통합적 관리를 통한 지역적 전가열 에너지 공급체계 기술
- 에너지저장 기술 : 배터리, 플라이휠, 압축공기저장장치 등 에너지저장 매체 기술 및 운용하는 기술
- 전력품질보상 기술 : 신재생발전원의 급격한 출력 변동과 전력조류 변경에 기인한 계통전압과 주파수 변동을 억제하는 전력품질 유지기술
- 전력거래 인프라 기술 : 실시간 전력요금제에 의한 실시간 전력입찰 및 발전량 계량을 위한 통신체계와 분산발전원 제어체계 관련 기술

표 4 지능형 신재생 핵심 요소기술의 수준

핵심 기술	기술 분류	세계수준	국내수준
마이크로그리드기술	핵심기기(EMS, PQC 등)	연구개발	연구개발
	제어, 보호 및 운용기술	연구개발	연구개발
에너지저장기술	실증 및 실용화	실증	연구개발
	소용량급 축전지저장장치	실용	실용
	소용량급 기타 저장장치	연구개발	연구개발
	중대용량급 축전지저장장치	실증	연구개발
전력품질보상기술	중대용량급 기타 저장장치	실증	연구개발
	저압/소용량급 기기 (DVR, SVC 등)	실용	실용
	고압/중대용량급 기기 (STATCOM, SVC, UPOC 등)	실용	연구개발
전력거래기술	대용량 출력발전단지의 전력품질 보상 등 운용기술	실용	연구개발
	실시간 발전요금제	미래기술	미래기술
	전력품질에 따른 차등요금제	미래기술	미래기술

표 5 지능형 신재생 기술개발 로드맵

구분	1 단계				2단계(2013~2020)				3단계(2021~2030)														
	2009	2010	2011	2012	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
기술개발	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
사업화	신재생발전 연계안정화기술 개발				대규모 신재생발전 연계안정화기술 개발				지능형 신재생발전 연계기술 개발														
	전력품질보상장치 기술 개발				마이크로그리드 운용기술 개발																		
	발전-부하리눅기술 개발				마이크로그리드 시스템 최적화기술 개발																		
제도	소규모 전력저장장치 운용기술 개발				수 MW급 전력저장 기술개발				수백 MW급 전력저장 기술개발														
	신재생발전 안전통합 실시				대규모 신재생발전 연계안정화 실시				지능형 신재생발전 연계안정화 실시														
	지능형 마이크로그리드 시범단지				대규모 마이크로그리드 시범단지				마이크로그리드 확산														
소규모 저장장치용 전기법률제정				중대용량 저장장치용 전기법률제정																			
그리드 코드 (정책, 법제도)				마이크로그리드 운영체계 수립 (정책, 법제도)																			

각 요소기술의 현재 국내수준은 다음과 같다.

- 마이크로그리드 기술
 - 핵심기기인 EMS, Gateway, 전력품질보상장치, 정지형스위치, 지능형전자장치 등 요소기기들의 연구가 완료된 시점이고, 상업화를 위한 실증 연구를 시작하는 단계
 - 일본은 대규모 실증연구를 통해 마이크로그리드 운영 기술을 확보하였으며, 미국, 유럽은 다양한 목적의 실증연구가 진행 중
- 에너지저장 기술
 - 전자기기 적용을 위한 소용량의 에너지저장 기술은 세

계적이나 송배전계통 적용을 위한 중대용량의 에너지 저장장치의 설계, 제작 및 운용 기술에 대한 검증 필요

- 전력품질 보상기술
 - 중소규모 정지형 무효전력보상장치, 동적 전압조정장치 등이 상용화되어 있으나, 중대형 송전급 전력품질 보상기기의 실적 및 상용화는 선진국에 비해 미진한 수준

- 전력거래 인프라 기술
 - 발전전력의 품질을 고려한 차등 실시간 발전요금제도의 도입은 초기 단계

지능형 신재생 기술 개발을 위한 국가로드맵을 표 5에 나타내었다.

3. 컨소시엄별 소개

지능형 신재생 실증사업은 한국전력공사, 현대중공업, 포스코ICT가 각각 주관사로 있는 세 개의 컨소시엄이 참여하여 과제가 진행되고 있다. 각 컨소시엄별 주요 목적 및 구성, 실증내용을 간략히 소개하고자 한다.

3.1 한국전력공사 컨소시엄

스마트리뉴어블 제주실증단지 구축사업의 과제명으로 진행하고 있는 한국전력공사 컨소시엄은 9개의 대기업과 8개의 중소기업이 컨소시엄¹⁾을 구성하고 있으며 한국전력공사가 주관기관으로 참여하고 있다. 신재생발전원의 운전효율 향상 및 출력 안정화 기술실증과 에너지 저장장치를 활용한 피크 분산 및 전력거래 구현을 실증목적으로 사업을 진행하고 있으며 정부출연 48억원, 민간부담 153억원을 합쳐 총 201억원의 사업비를 투입한다.

한국전력 컨소시엄은 국내형, 해외진출형, 소규모 보급형 등 크게 세 가지 비즈니스 모델을 검증한다. 이 세 가지 모델에는 공통적으로 신재생에너지원의 불규칙한 발전출력을 보상하기 위하여 출력증감에 따른 충방전 제어 기술을 사용하며 이를 통해 안정적인 발전출력과 품질 높은 전력을 공급한다. 기본적인 시스템 구성과 기능을 간략히 그림 4에 나타내었다.

국내형은 하루 전 고시 발전요금에 기반한 피크 시간대에 전력을 집중공급하는 모델로 평상시에는 계통에 일정전력을 공급하고 피크시간대에 공급량을 늘리는 것을 목적으로 한다.

해외진출형은 실시간 요금신호에 따라 전력을 판매하는 모델로 전기요금 신호가 낮은 야간에는 배터리에 충전하고 신호가 높은 주간에 전력을 공급하는 방식으로 발전사업자의

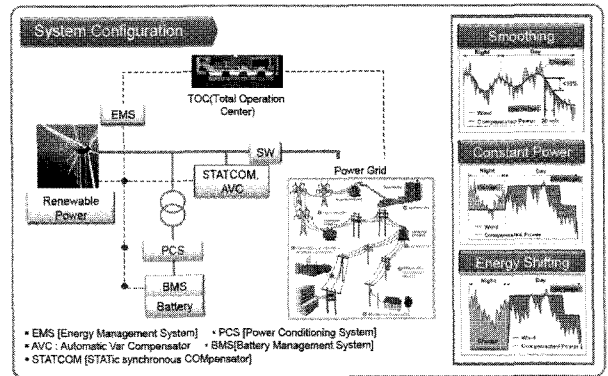


그림 4 한국전력 컨소시엄의 기본구성 및 기능

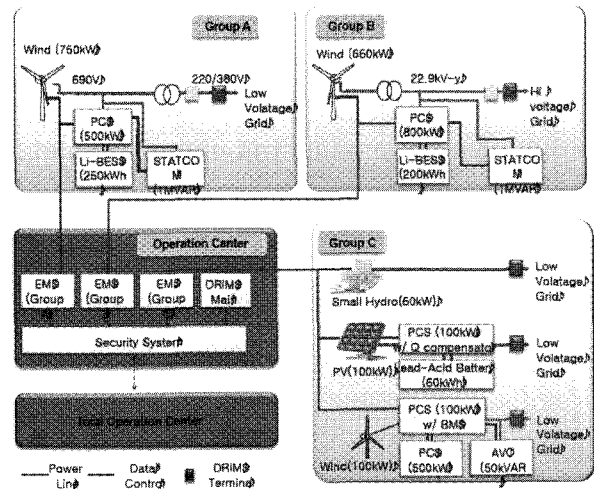


그림 5 한국전력 컨소시엄의 실증시스템 구성

수익 극대화를 목적으로 한다.

국내형과 해외진출형에는 대규모 제어장치를 별도로 구축하고 대용량 충방전을 위한 리튬이온 배터리와 제주 행원단지의 풍력발전기를 사용한다.

국내형의 에너지 저장장치는 LG화학의 500kW 리튬이온 배터리를 사용하고 전력변환장치는 LS산전의 제품을 사용한다. 해외진출형의 에너지 저장장치는 삼성SDI의 800kW 리튬이온 배터리를 사용하고 전력변환장치는 효성의 제품을 적용한다.

소규모 보급형에는 저압연계 소규모 분산형전원에 최적화된 경제적인 원패키지(One-Package) 솔루션을 실증한다. 소규모 발전기와 같은 다기능 일체형 소규모 제어장치를 활용하고 소용량 충방전에 적합한 장수명 연속전지 채용으로 저장장치의 비용을 절감한다. 전원은 램퍼스의 태양광발전,

¹⁾각주 LS산전, LG화학, 효성, 삼성SDI, 한전KDN, 한국전력기술, 퓨처시스템 코캠, 아트라스BX, 넥스콘테크놀로지, 이엔테크놀로지, 인텍FA, 삼화콘덴서, 수도전기, 한국남부발전 등

수도전기의 풍력발전, 남부발전의 해양소수력발전 등 다양한 소규모 보급형의 발전원을 사용한다.

초고속 광통신 네트워크는 한전의 배전능화 관련 통신망을 운영하고 있는 한전KDN이 구축한다. 네트워크의 안정성을 높이기 위해 실증단지 내 광케이블을 링(Ring)망으로 구성하고 스마트 리뉴어블 단지 내 통신망과 전력계통 제어망은 보안상 분리 운영한다. 현장 요건을 고려해 필요시 무선망을 구축할 수도 있다.

한국전력 컨소시엄의 전체 시스템 구성도를 간략히 나타내면 그림 5와 같다.

3.2 현대중공업 컨소시엄

Smart Renewable의 과제명으로 진행하고 있는 현대중공업 컨소시엄은 12개의 기관이 컨소시엄²⁾을 구성하고 있으며 현대중공업이 주관기관으로 참여하고 있다. 전력시장 참여를 통한 풍력발전의 전력거래 및 전력품질 향상을 위한 풍력발전 출력안정화 기술을 통한 지능형 신재생 시스템의 운영기술 실증과 마이크로그리드 운영기술의 실증을 목적으로 사업

을 진행하고 있으며 정부출연 46억원, 민간부담 69억원을 합쳐 총 115억원의 사업비를 투입한다. 실증을 위해 구성하는 전체 시스템의 구성도는 그림 6과 같다.

실증에 사용하는 풍력발전기는 제주 월정리에 위치하고 있는 에너지기술연구원의 1.5MW 고정속 풍력발전기를 사용하며 현대중공업은 풍력발전기의 기동·정지제어, 피치·요(yaw)제어와 냉·난방제어 및 설비에방관리를 위하여 풍력발전기 통합 감시·제어 시스템을 설치하였다. 이 시스템은 로컬제어기(PLC)와 스카다 정보 및 국제 표준인 IEC61400-25와 웹기술을 이용해 통합 감시시스템을 구성한다.

현대중공업 컨소시엄은 실시간 전력시장의 요금에 따라 풍력발전기의 출력을 제어하여 발전사업자의 이익을 극대화할 수 있는 비즈니스 모델을 검증하고자 하며 이를 위해 장주기 보상용 축전지와 단주기 보상용 축전지를 구성하였다.

장주기 보상용 축전지는 SK에너지의 1MWh(1.06MW-1H) 용량의 리튬폴리머 전지를 사용하며 이를 위한 전력변환장치는 현대중공업에서 개발한다. 단주기 보상용 축전지는 아이셀시스템즈코리아(iCel)의 250kWh(1.24MW-15분) 용

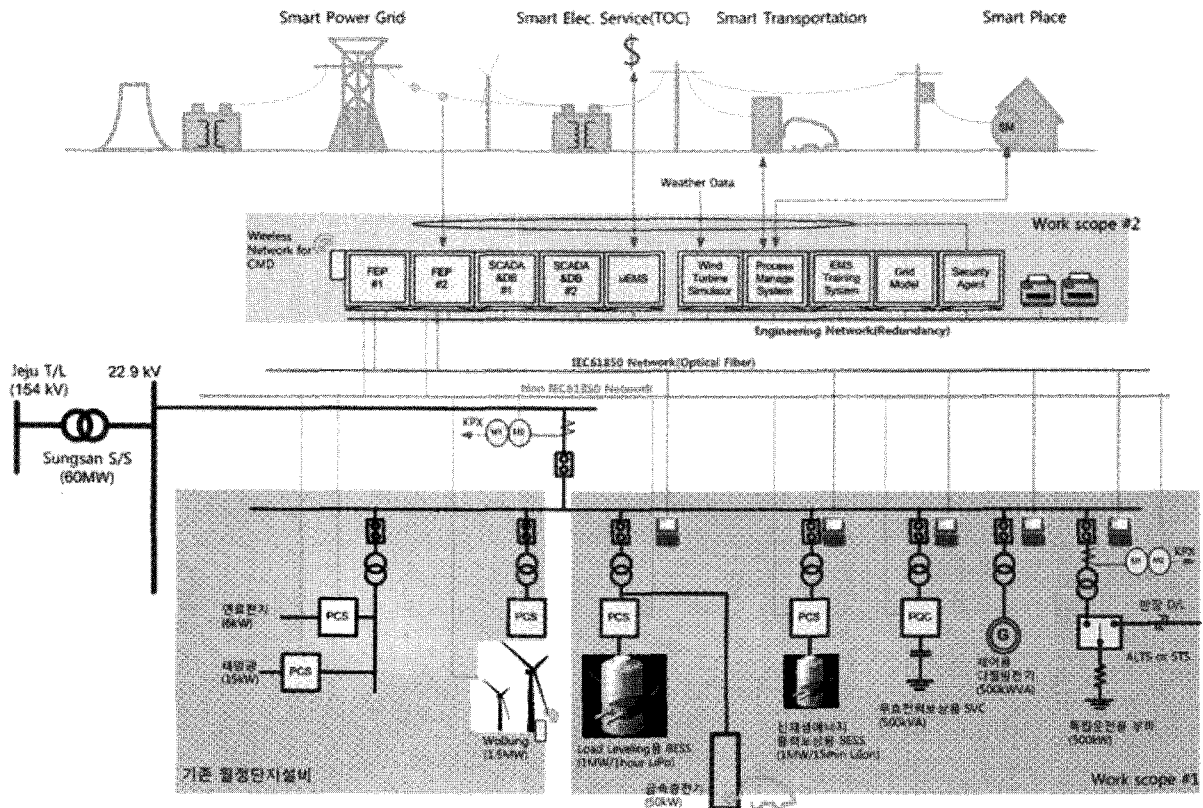


그림 6 현대중공업 컨소시엄의 시스템 구성

2)각주 에스케이텔레콤(주), SK에너지(주), (주)아이셀시스템즈코리아, 전력품질기술(주), (주)맥스컴 등

량의 리튬이온전 배터리를 사용하며 전력변환장치는 맥스컴의 1MW 변환장치를 사용한다.

유·무선 네트워크 구성은 SK텔레콤이 담당하고 있으며 신재생에너지원, 에너지저장장치의 전력망 연계와 배전망 관리 기능을 추가해 스마트그리드 전용의 에너지 관리시스템을 구축하고 유·무선망 이용 통합형 M2M 플랫폼 제공으로 유비쿼터스 형태의 전력설비 예방진단기능을 실증할 예정이다.

3.3 포스코아이씨티 컨소시엄

스마트그리드용 신재생 에너지원의 운용시스템 구축 및 실증의 과제명으로 진행하고 있는 포스코아이씨티 컨소시엄은 6개의 기관이 컨소시엄³⁾을 구성하고 있으며 포스코아이씨티가 주관기관으로 참여하고 있다. 대용량 풍력발전을 위한 지능형 출력안정화 시스템 구축 및 실증과 도서, 도심지역, 산업용에 적용 가능한 마이크로그리드 구축 및 실증을 목적으로 사업을 진행하고 있으며 실증을 위해 구성하는 전체 시스템의 구성도는 그림 7과 같다.

포스코아이씨티 컨소시엄에는 총 6개 기관이 참여하고 있

다. 주관사인 포스코아이씨티는 EMS, 충방전시스템(BESS) 등을 담당하고 포항산업과학연구원(RIST)은 RTDS(Real Time Digital Simulator)를 활용한 마이크로그리드의 계통모의 및 해석을 담당한다. 배터리는 LG화학과 우진산전이 담당하고 에너지기술연구원이 제주도 신재생에너지 자료 분석 및 운영·평가를 담당한다. 사업 전반의 시공 설계 및 감리는 제주도 업체인 대경엔지니어링이 맡았다.

포스코아이씨티 컨소시엄은 크게 두 가지 실증목표를 가지고 있다. 김녕지구를 중심으로 한 도서, 도심지역, 산업용에 적용 가능한 마이크로그리드 운영 플랫폼을 구축하는 것이고 다른 하나는 월정지구를 중심으로 한 대용량 풍력발전을 위한 지능형 출력안정화 시스템을 구축하고 실증하는 것이다. 특히 포스코아이씨티는 국내의 단위사업장을 중심으로 해외 수출 모델을 찾는데 주력한다. 월정·김녕지구 마이크로그리드 간의 통합운영을 시험해 다수의 마이크로그리드로 구성된 대형 산업체 비즈니스 모델을 실증한다. 포스코아이씨티는 신재생 에너지원을 최대한 활용해 CO₂배출을 최소화하고 배터리 용량을 최소화해 경제성을 확보할 계획이다.

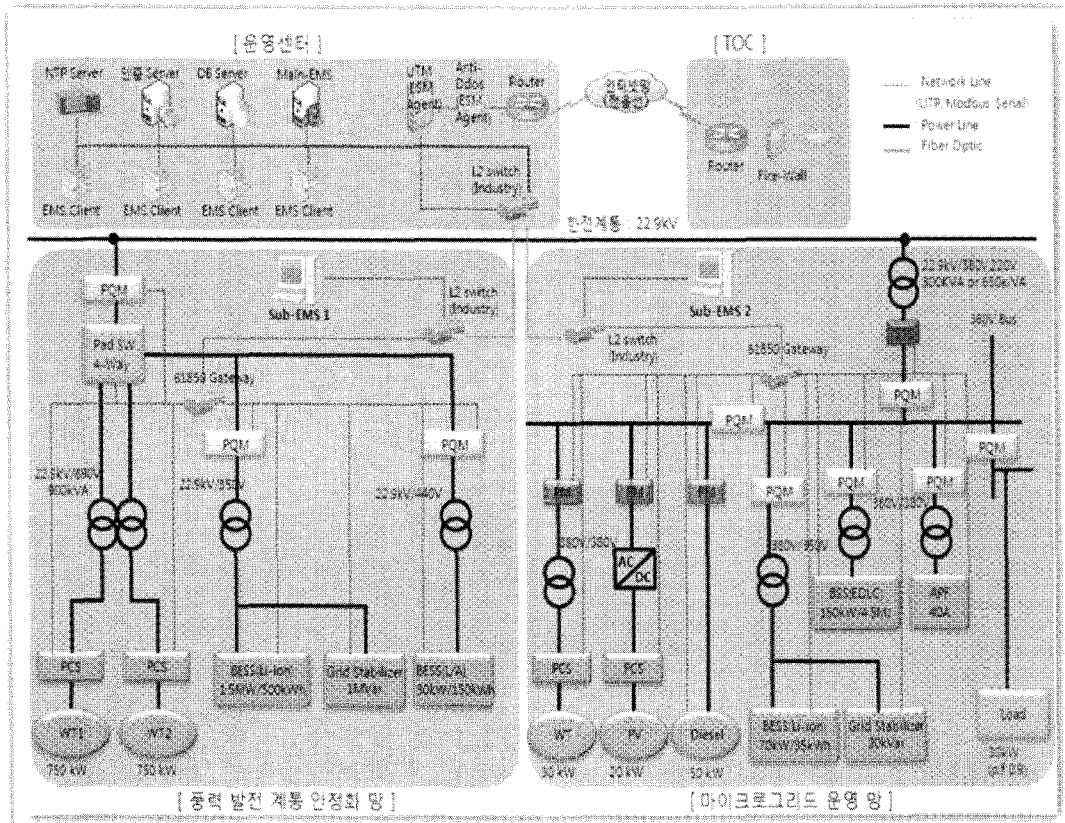


그림 7 포스코아이씨티 컨소시엄 시스템 구성

³⁾각주 LG화학, 우진산전, (주)대경, 한국에너지기술연구원, 포항산업과학연구원 등

4. 결론

본고에서는 스마트그리드 기술의 기본적인 개념과 스마트그리드 도입이 가지고 오게 될 미래 기술과 산업에 대하여 간략히 제시하였다. 또한 현재 제주도 구좌읍 일원에서 진행되고 있는 스마트그리드 실증사업 중 지능형 신재생 분야에 대하여 지능형 신재생의 개념 및 주요 기술 분야, 동향에 대하여 정리하였으며 국가로드맵 실무분과 위원회에서 발표된 주요 핵심요소 기술과 국가로드맵을 소개하였다. 지능형 신재생 실증과제를 수행 중인 한국전력 컨소시엄, 현대중공업 컨소시엄, 포스코아이씨티 컨소시엄의 주요 시스템 구성 및 기능, 실증 목표에 대하여 소개하였다.

지능형 신재생의 실증을 위해 많은 기술적인 노력이 이루어지고 있으나 비즈니스 모델 개발에는 아직 많은 어려움이 있다. 지능형 신재생과 같은 새로운 기술과 서비스가 성공하기 위해서는 창의적인 새로운 기술과 서비스가 경쟁적으로 등장하고 정착할 수 있는 환경이 있어야 한다. 그러나 아직까지 우리나라의 전력산업은 이러한 새로운 기술과 서비스가 시험되고 정착하기에 어려운 구조와 환경을 가지고 있다.

향후 진행되는 실증과정을 통해 기존 기술에 대한 검증과 예측하지 못 했던 많은 문제점들을 도출하고 보완하여야 하며 이를 통해 신재생 에너지원의 도입용량을 획기적으로 증대할 수 있으리라 생각한다. ■

참고 문헌

- [1] 스마트그리드사업단 홈페이지, www.smartgrid.or.kr
- [2] 스마트그리드 국가로드맵, 2010.12.16.
- [3] 한국에너지신문, 스마트그리드 선도기업/스마트 리뉴어블, 2010.5.
- [4] Microgrid Symposium 2011, 2011.5.
- [5] 문경섭, 전력시장의 새로운 도전 스마트그리드, 전기의 세계 2011년 5월호

〈 필 자 소 개 〉



전진홍(全鎭洪)

1972년 12월 16일생. 1995년 성균관대 공과대학 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년~현재 한국전기연구원 선임연구원.