

## Smart Grid 구축을 위한 기술 연구

\*양일권<sup>○</sup> \*정남준 \*오도은 \*차승태 \*\*이상호  
\*한전 전력연구원 \*\*충북대학교

### A Study of Technology for Smart Grid

Il-Kwon Yang<sup>○</sup>, Nam-Joon Jung, Do-Eun Oh, Seong Tae Cha, Sang Ho Lee  
Korea Electric Power Research Institute, Chungbuk University

**Abstract** - 전 세계적인 환경에 대한 요구를 충족시키기 위한 노력 및 정책에 따라 전력 에너지 산업 또한 커다란 변화의 요구에 부응하고 있다. 즉, 기존의 전력망에 IT를 접목하고 새로운 종류의 연료를 사용하는 전력원의 개발, 그리고 새로운 방법의 고객 참여 등을 통한 효율적인 에너지의 사용을 골자로 하는 정책들이 그것이다. 대표적인 정책은 바로 미국 의회가 지난 2007년 12월 '스마트그리드(Smart Grid)'라는 프로젝트를 법제화하여 지원방안을 연방법안으로 통과시킴으로써 주목을 받고 있는 'The Energy Independence and Security Act of 2007' 이다. 법안은 2008년부터 2020년까지 스마트그리드에 대한 연구개발, 시범사업 등을 국가 정책사업으로 추진한다는 내용을 담고 있으며, 매칭 펀드 등 자금지원 내용도 포함하고 있다. 스마트그리드는 IT를 기존 전력기술에 적용해 송전, 배전망(파워그리드)을 지능형으로 만들자는 개념으로, 2003년 DOE(Development of Energy)가 발표한 2030년까지의 전력인프라 발전 계획인 '그리드2030(Grid2030)'의 실천 전략으로 볼 수도 있다. 이러한 미국의 정책 방향에 따라 각 주마다 다양한 스마트그리드 관련 기술들을 적용하고, 요소 기술들을 축적시키고 있다. 본 논문에서는 Xcel Energy가 미국 최초로 추진하는 'Smart Grid City' 내용을 토대로 관련 기술과 추진전략 등을 살펴보기로 한다.

#### 1. 스마트그리드 개념 및 추진 동향

##### 1.1 스마트그리드 개념

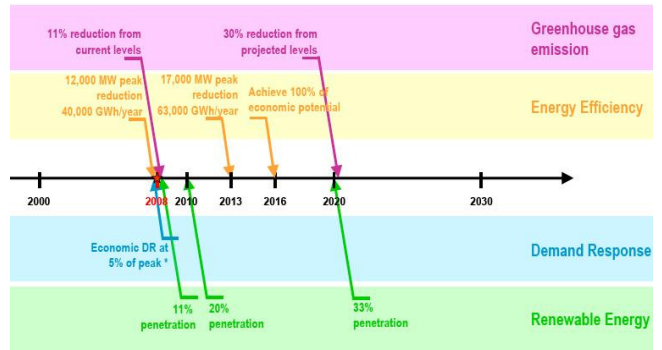
스마트그리드의 용어는 미국의 전력 지능화 프로젝트인 'Intelligent Grid' 개념에 대응되는 유럽의 전력망 지능화 프로젝트 용어로 활용되어 왔었다. 미국에서는 사전에 전력서비스의 문제를 예측하고 조치할 수 있는 '지능적인 전력그리드(Intelligent Grid)'의 구축을 목표로 미국 에너지성(DOE, Department of Energy)의 지원하에 IntelliGrid Consortium, The Modern Grid Initiative, GridWise 등 10여개의 연구단체가 관련 연구를 하고 있다. 최근 이러한 연구 결과의 실용화와 에너지 산업의 친환경화 요구가 맞물리면서 미국 의회에 의한 '스마트그리드(Smart Grid)'라는 프로젝트의 법제화를 이루게 되었다고 할 수 있다.

스마트그리드는 다양한 개념과 내용을 가지고 있지만 위와 같은 배경을 기반으로 한 스마트그리드의 일반적 정의는 그 자체 시스템의 일부가 과부하가 걸릴 경우 그 과부하를 줄이기 위해 전력 계통을 재조정하여, 잠재적인 정전 상황을 방지하는 분별 능력을 가질 만큼 지능화 및 자동화되어 있으며, 신 재생에너지원(풍력, 태양력 등) 및 분산전원의 최적화를 구현하며, 최소한의 개입으로 소비자가 최종사용 할 수 있는 에너지로 전환 할 수 있는 자가 모니터링 전력망이라고 정의 할 수 있겠다. 결론적으로 스마트그리드는 환경 문제, 에너지 보안 문제, 디지털 사회에 적합한 고객 수요(기대치) 증가, 에너지에 대한 관심 사항들 간의 균형을 요구하는 시장의 원동력에 기반한다고 볼 수 있다.

##### 1.2 스마트그리드 추진 동향

미국은 대체에너지 기술개발을 통해 석유 의존경제에서 탈피하겠다는 의도로 태양열에너지, 풍력에너지, 바이오연료, 수소전지 등에 초점을 두고 있다. 또한, 수도인 워싱턴 DC를 비롯한 22개 주에서는 전력생산 시 신 재생에너지 사용비율을 의무화하고 있다. 또한 실리콘밸리가 위치한 캘리포니아에서는 태양에너지를 비롯한 클린 테크놀러지가 반도체 이후 '제2의 실리콘'으로 떠오를 만큼 성황을 이루고 있다. 캘리포니아에서는 2010년까지 1990년 수준의 20% 아래로, 2030년까지 1990 수준인 현재보다 30% 이상화탄소 배출을 낮추겠다는 목표로 에너지 정책을 수행하고 있으며, 그의 목표를 달성 할 수 있는 신 재생 에너지 및 수요관리, 에너지 효율화 정책을 추진하고 있다. 아울러 캘리포니아에

는 Smart Grid를 위한 다양한 워크샵 및 공청회를 열어 공감대를 함께 한다. 특히, 캘리포니아 최대 전기 가스 업체인 PG&E는 2006년 기준으로 전력 생산량의 12%인 800MW를 재생에너지로 부터 얻고 있으며, 2020년까지 33%로 끌어 올리겠다는 목표와 2008년과 2009년에 5만 가구에 바이오가스를 공급하겠다는 목표를 가지고 있다. 그 외에도 PG&E는 스마트미터를 통한 전력 사용량 실시간 모니터링으로 수요량 변화에 따른 변동 요금 적용과 수천대의 플러그인 하이브리드 자동차로 풍력 등 재생에너지로부터 밤 시간 동안 배터리를 충전하고 전력수요가 피크를 이루는 낮 시간에 전기를 방출할 수 있는 정책을 시행하고 있다.



〈그림 1〉 California Energy Policy Target

그 외에도 'Southern California Edison'은 5백만개의 계량기를 스마트 계량기로 2009년에 전면 교체하는 계획을 추진 중이며, 기반시설 확충을 전력 배전 회로와 온오프 회로 스위치 자동화를 위하여 지난 5년간 50억 달러, 차기 5년간 90억 달러 예산 계획하고 있다. 그리고 American Electric Power에서도 2010년도부터 전자식 전력량계를 설치하여 2015년도까지 5백만 이상의 고객에 설치할 계획을 갖고 있다. 또한 주 차원의 정책을 보면 콜로라도는 2020년도 까지 연간 전기 판매량의 20% 절감, 미네소타는 2025년도까지 연간 전기 판매량의 30% 절감과 풍력에너지로부터 25%의 판매를 목표로 추진 중이다.

#### 2. 스마트그리드 시티 구축

##### 2.1 추진 내용 요약

Xcel Energy는 콜로라도 볼더(Boulder)에 미국의 첫 번째 통합 스마트그리드시티를 건설할 것이라고 2008년 3월 12일 발표했다. 본 프로젝트를 위하여 2007년에 이미 Xcel Energy는 Accenture, Current Group, Schweitzer Engineering Laboratories, Ventyx와 같은 기술전문가, 엔지니어링회사, IT 전문가들을 포함한 Smart Grid Consortium을 구성했다. 그들은 스마트그리드 시티 대상 지역 선정과 함께 약 4~6주간 스마트그리드 구현을 위한 범위 및 기초 설계를 위한 연구를 실시하고, 스마트그리드 시티의 1단계는 2008년 8월에, 2단계는 2009년 초에 완료 예정이다. 2009년 초에 사용된 기술 및 구축결과에 대한 평가가 이루어지며, 그 후에 평가를 거쳐 Xcel Energy는 연방 기관 및 규제 기관들과 8개 주에 스마트그리드시티를 확대하는 방안을 협력할 계획을 가지고 있다. 전체 소요 예산은 100million 달러이며, 일정 부분 펀드와 정부 등 지원 자금을 활용한다. 스마트그리드 시티로 선정된 볼더는 지리적인 중심지, 이상적인 규모, 모든 전력망의 구성요소를 접근한다는 점 이외에도 콜로라도 대학, NIST(the National Institute of Standards and Technology)을 포함하는 여러 연방 기관들이 포함된 도시라는 점 때문에 Smart Grid City로 선정되었다. Smart Grid City는 많은 기반시설과 사용자 요구를 개선하는 역할을 할 수 있을 것으로 예상되고 있으며, 다음과 같은

범위의 변화를 계획하고 있다.

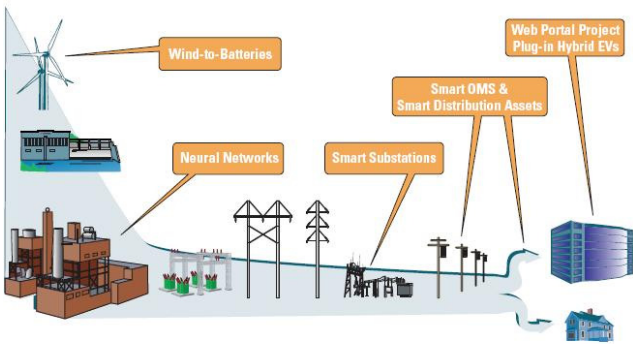
- 배전망을 통한 실시간, 고속, 양방향 통신을 제공하는 동적인 전력시스템 통신 네트워크를 위하여 현재의 검침 기반을 변환
- 변전소의 원격 모니터링, 실시간에 가까운 데이터 처리와 최적화된 성능이 가능한 스마트 변전소의 변환
- 완전히 자동화된 가정용 에너지 사용을 위하여 컨트롤 장비 및 시스템의 설치를 고객이 할 수 있도록 함.
- 쉽게 분산전원 기술을 쉽게 활용하도록 지원하는 통합 기반 구축(PHEV, battery systems, wind turbines, solar panels)

## 2.2 추진 전략 및 방향

사업 추진을 위하여 Xcel Energy는 첫째 스마트그리드 비전을 실현하기 위하여 영향력있는 파트너와의 협력 및 정확한 비전을 공유하고, 둘째 비전과 현재의 기술적 능력을 반영하여 투자 회수 비율을 반영한 공공 정책 전략 개발, 그리고 마지막으로 스마트그리드 구성요소들을 테스트하고, 그 효과 등을 증명하여 위험관리, 상세 전개 전략을 결정하는 세 가지 목표로 접근하였다.

그 목표 달성을 위하여 Xcel Energy은 (I) Quick-hit projects, (II) Smart Grid City, (III) Xcel-wide deployment of proven technologies와 같은 단계를 설정하여 추진할 예정이다.

1단계 Quick-hit project들은 진행 중이며, 2단계 Smart Grid City는 2008년부터 2010까지 계획 중이다. 3단계는 먼저 추진되는 1, 2단계 수행 결과에 따라 진행 예정이다. 1단계 Quick-Hit Projects는 스마트그리드의 개념을 빠른 시일 내에 보여주고, 파트너들에게 투자 기회를 얻어내며, 스마트 그리드 개념을 내부적으로 확립하는 계기를 만들기 위하여, 7개의 프로젝트를 선정하여 전력망에 지능화를 접목할 수 있는 다양한 기술들을 테스트한다. 그 대상이 되는 프로젝트로는 풍력전기를 저장하여 전력망에 되돌릴 수 있도록 하는 'Wind Power Storage'를 비롯하여 'Neural Networks', 'Smart Substation', 'Smart Distribution Assets', 'Smart Outage Management', 'Plug-in Hybrid Electric Vehicles', 'Consumer Web Portal'이다. 2단계 Smart Grid City 구현은 스마트그리드 기술의 포괄적인 시연이 되며, 이전에 수행한 Quick-hit Project의 구성요소들이 100% 배치된다. 그래서 이 스마트그리드 시터는 정보 통합을 위한 진정한 스마트그리드 개발 테스트베드가 될 것으로 기대하고 있다.

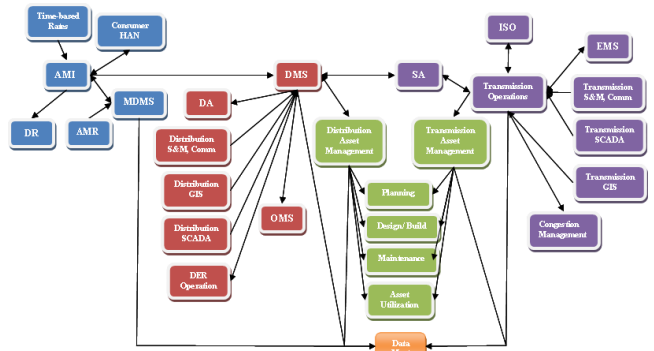


〈그림 2〉 Xcel Energy의 Quick Hit Project

## 3. 스마트그리드 관련 기술

### 3.1 요소 기술 정의

스마트그리드 구축의 일반적인 목적이 환경 영향을 최소화하고 보존하기 위한 기술의 적용과 전력 생산과 서비스까지 정보 교환을 통한 고객의 선택, 전력망의 신뢰도 향상, 효율적인 에너지 전송 및 저장 등으로 볼 수 있으며, 그 목적을 달성하기 위하여 스마트그리드 추진 시 가능한 기술의 시장 및 분야는 (1) 양방향 통신이 가능한 스마트메터, (2) 홈네트워크(HAN) 장비와 스마트 어플리케이션, (3) 수요관리 및 분산 전원, (4) 전압, 주파수 등 전력 요인들의 자동 보정, (5) 장거리 전송을 위한 초전도 케이블, (6) 태양광, 풍력 등 무공해, 저 탄소 전기 발전을 위한 기술, (7) 에너지 저장 장치, (8) Data integration 및 control, Communication, (9) 상호 운영성을 고려한 표준 아키텍처 및 어플리케이션 등을 고려 할 수 있겠다.



〈그림 3〉 Key Technology Suites for Smart Grid

## 3.2 Intelligent grid 기술과 Smart Grid

DOE의 Grid2030 계획과 함께 추진된 미국내 Intelligent Grid 프로그램들은 각 연구 성격에 부합되는 다양한 연구결과물들을 생산했으며 이 결과물들은 현재의 Smart Grid 구축의 기반 기술로 활용되면서 Xcel Energy가 추구하는 Smart Grid City의 구성요소로서의 역할을 하고 있다. 한편 전력연구원 이 가입하여 활동하고있는 EPRI 주관의 IntelliGrid 프로젝트인 SCE, Duke Energy, Oncor Electric Delivery, EDF 등이 추진하는 AMI 프로젝트, Salt River가 추진하는 Substation Data Integration 프로젝트, Alliant Energy의 Distribution Monitoring System, Polish Power Grid 의 FSM, New York Power Authority의 PMU Infrastructure 등은 스마트그리드 아키텍처를 위한 좋은 방법론적인 어플리케이션으로서 역할을 하게 될 것이다. 그 외에도 아래와 같은 송변전분야 IntelliGrid 적용 연구사례들은 스마트그리드 구축의 Key Technology 역할을 하게 될 것이다.

〈표 1〉 송변전 스마트그리드 적용 연구사례

구분	SRP	TVA	BPA
특징	기존통신망에 스마트그리드 개념 적용 및 통합연구	미국내 최초의 I E C 6 1 8 5 0 Multivendor 연구 과제	인텔리그리드와 그리드와이즈 연구과제 영향으로 시작
주요 기술 개발	변전소 성능최적화 고장예측/고장방지 설비유지/보수	변전소 성능최적화 (보호, 제어, 감시, 자동화 기능) PMU 및 센서 온라인 전력설비 모니터링	대용량 전력 수송 전압/주파수안정도 평가
적용 개소 (구간)	500 / 230 kV Browning 변전소	500/161kV Bradley 변전소	Olympia-Shelton S/S간 14.5마일 ('08년 계획)

## 4. 결 론

본 논문에서는 지구 환경 영향 최소화 및 효율적 에너지 활용을 위하여 추진되고 있는 Smart Grid 프로젝트에 관한 개념을 정리하고, 미국의 Xcel Energy가 발표한 스마트그리드 시터 내용을 토대로 관련 기술 등을 살펴보았다. Smart Grid City의 잠재적인 이익은 운영비용 절감, 고객 위주의 에너지 관리, 전력망 신뢰성 향상, 효율적인 에너지 관리 및 보안, 신 재생에너지의 사용 증가, 하이브리드 전기 자동차 및 지능적인 가정용 기기의 적용 등 다양한 혜택이 있다. 위의 사례에서 보듯 Smart Grid의 실현은 각국의 현실에 적합한 비전을 정립하고, 목적과 정확한 전략에 의해 다양한 산업표준과 연구 도입된 IntelliGrid 아키텍처와 같은 공통적인 아키텍처를 적용하여 구현되어야 할 것이다. 또한 사례의 1단계 연구에서 보여지듯 Smart Grid 구성요소 기술에 대한 연구와 구현이 선행되어야하며, 지능화된 전력망 운영에 필수적인 각종 장비의 분석과 표준화 그리고 상용화가 요구된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 정남준외, Intelligent Grid 연구개발 프로그램 조사 연구, 전기학회 하계학술대회, 2007
- [2] CEC, 2007-Integrated Energy Policy Report, 2007
- [3] Xcel Energy, Xcel Energy-SmartGridWhitePaper, 2007
- [4] Angela Chuang, California Smart Grid Open Industry Workshop Presentation, 2007
- [5] Don Von Dollen, IntelliGrid Status- Workshop Presentation, 2008