

# 스마트 그리드 기술 동향

이일우 | 박완기 | 박광로 | 손승원

한국전자통신연구원

## 요약

본 고에서는 스마트 그리드(또는 지능형 전력망)의 기술 동향에 대해 살펴보고자 한다. 스마트 그리드는 에너지의 효율적 이용, 신·재생 분산형 전원의 보급 확대 기반, 무정전/고품질 전력서비스 제공, 에너지/환경 문제의 주요 해법, 신성장동력 그리고 전국민 녹색생활 가속화를 위해 반드시 이루어야 할 국가적 아젠다의 대표 주자로 평가 받고 있다. 특히 본 고에서는 스마트 그리드에서의 IT역할에 대해 기술하였는데, 전력망 자가치유, 사용자 수요반응, 전력품질 보장, 전력 거래/유통, 전력망 보안 및 표준 등과 같은 스마트 그리드의 특징과 속성을 실현시키는 필수 도구로서의 역할에 대해 살펴본다.

을 위해 국가 성장의 핵심동력 정책으로 추진중이다. 정부, 정책당국자, 사업책임자 및 주요 이해관계자가 스마트 그리드의 필요성 및 중요성에 대한 공감대 형성되고 있으며, 많은 관심이 집중되고 있는 분야이기도 하다. 스마트 그리드는 고속도로 건설 또는 인터넷 발달과 비견될 정도로 중요하며 포괄적인 관점에서 접근이 이루어지고 있다.

본 고에서는 스마트 그리드의 정의와 필요성을 살펴보고, 국내외 정책 및 기술동향을 기술하였다. 또한, 스마트 그리드의 주요 구성 기술을 정리하였으며, 관련해서 스마트 그리드에서 적용되고 실현되고 융합되는 IT 기술의 내용을 살펴보았다.

## II. 스마트 그리드 정의 및 필요성

### I. 서론

#### 1. 정의

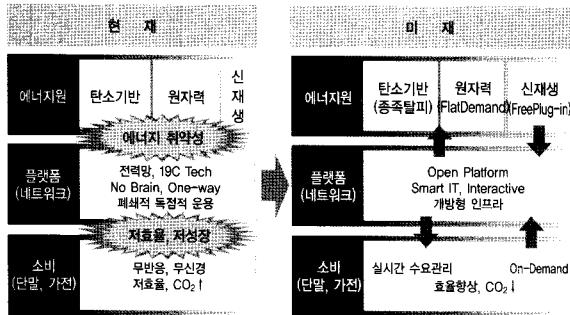
2030년까지 미국의 스마트 그리드 시장은 4,000억달러(약 500조원), 국내의 스마트 그리드 시장은 약 68조원으로 예상된다. 이는 스마트 그리드가 제2의 휴대폰, 반도체 시장이 될 것이라고 예상하는 이유이기도 하다.

스마트 그리드의 등장 배경을 살펴보면, 저탄소 녹색성장이 전 지구적 과제로 등장하면서 온실가스 배출을 최소화하는 그린에너지 산업 혁신의 핵심으로 스마트 그리드가 출현하였으며, 국내에서는 환경이 일자리와 성장을 견인하고, 일자리와 성장이 환경을 보호·투자하는 신 패러다임 실현

스마트 그리드는 IT를 활용하여 전력생산 및 소비 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 효율을 최적화하고 에너지 프로슈머(prosumer: 에너지의 생산자(producer)인 동시에 사용자(consumer)가 될 수 있다는 의미를 가지는 합성어)의 등장을 가능케 하는 차세대 전력망이라고 정의할 수 있다. 현재의 전력망과 다가올 스마트 그리드 기반의 전력망의 비교를 다음(그림 1)에 나타내었다. 스마트 그리드는 전통적인 에너지 자원과 재생가능한 에너지 자원을 통합시키고, 에너지 소비를 감소시키기 때문에 녹색전력으로 불리며, 단기적 측면에서 스마트 그리드는 온실가스 감축을

통해 환경을 개선하고, 지능적·효율적으로 기능하여 에너지 자원의 비용이 상승하는 시기에 합리적이고 감당할 수 있는 가격으로 서비스를 제공할 것이고, 장기적으로는 우리 일상생활의 많은 면에서 변화를 촉진시킬 것으로 기대된다.

동차, 연료전지 등 분산형 전원을 수용하기 위해서는 계통 연계를 포함한 전력망의 지능화가 필요하게 된다. 또한, 발전원별로 다양한 품질의 전력이 제공됨에 따라 사용처별로 품질 등급에 적절한 발전원을 공급으로써 전력 사용 효율을 증대시킬 수 있다.



(그림 1) 현재의 전력망과 미래의 전력망

## 2. 필요성

우리나라의 전력 산업은 해방 이후 꾸준히 성장하여 현재의 경제성장을 이룩하는데 밑거름이 되어왔으며, 90년대 후반의 인터넷 혁명을 일으키고 디지털 강국으로 변모시킬 수 있게 한 기반 인프라이다. 국가의 경제성장을 주도하면서 성장해 온 전력산업은 이제 심각한 도전에 직면하고 있다. 자원의 빈국으로서 원자재 상승에 대한 대처 방안, 에너지 과소비 억제 문제, 전력사업자의 누적 적자, 전력의 안정적 공급 등 해결해야 할 일이 그것이다. 스마트 그리드를 통해서 다음의 과제들을 해결하고자 한다.

### • 에너지의 효율적 사용

스마트 그리드의 수용가측 핵심 구성요소인 수용가 전력 관리장치를 통해 전기 사용 행태 및 전기요금을 실시간으로 보여주어 사용자가 장치를 제어하도록 하여 자발적인 에너지 절약을 유도하도록 한다. 또한 전기요금이 저렴하고 수요가 낮은 시간대로 전력수요를 분산함으로써 피크전력을 관리하여 확대되는 전력공급을 위한 전력시스템 신규 건설 등 투자비용을 절감한다.

### • 신·재생 분산형 전원의 보급 확대

태양광, 풍력 등 전력생산이 불규칙적인 발전원과 전기자

### • 무정전, 고품질 전력서비스 제공

전력망의 고장 지점 확인, 대체 경로 및 발전원 연결 등 자기치유(self-healing) 기능 극대화를 통해 무정전, 고품질 전력망 운영이 가능해진다. 전력품질에 민감한 반도체 제조 공장과 같은 품질에 민감한 업체에게는 고품질의 전력을 제공함으로써 정전이나 불안전 전력으로 인한 피해를 줄일 수 있다.

### • 에너지·환경 문제의 주요 솔루션

신·재생 전원의 보급 확대 기반을 조성하고 전기차 보급 인프라를 구축함으로써 에너지 자급율을 높여 에너지 안보를 강화하고, 석유, 석탄 등 화석연료 수입을 감소하여 무역수지 불균형을 해소할 수 있다. 특히 기후변화협상에 선제적 대응으로서의 역할을 수행한다.

### • 신성장 동력으로서의 먹거리 창출

국내 20조원 규모의 사회간접자본 투자를 통해 일자리 창출과 내수 진작 효과를 기대할 수 있으며, 전력산업과 통신산업의 퓨전제품인 스마트 그리드 제품을 통해 세계 전력 시장의 1%내외 점유율을 확대하여 수출 증대를 도모할 수 있다. 전력, 중전, 가전 및 통신부문에서 세계 일류기업군을 보유하여 지속가능한 경제 발전의 가능성을 제공할 수 있다.

### • 국민 녹색생활 혁명 가속화

사용자들의 경제적인 전력 소비를 통해 온실가스 발생량을 줄이고, 전기자동차 등을 통해 청정 환경을 영위하고 자가 생산한 전력을 전력시장에 되팔아 가정경제의 이득도 제공할 수 있다.

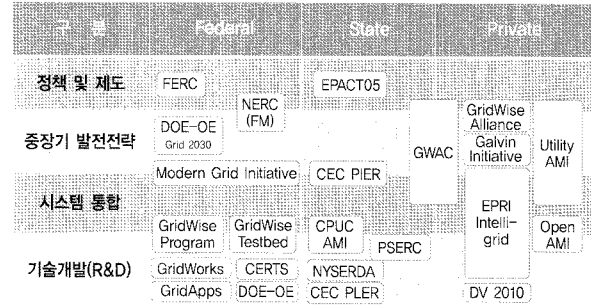
### III. 스마트 그리드 국내외 동향

#### 1. 스마트 그리드 국외 동향

##### 가. 미국

세계 각국은 국가적 차원에서 차세대 전력망에 대한 검토가 이루어지고 있으며, 미국은 2000년 전력대란, 2001년 대규모 정전사태 및 2003년 중동부지역 정전사태를 경험하고, EPACT05(Energy Policy Act of 2005), EISA07(Energy Independent and Security Act of 2007) 등 관련 법안들을 마련하였다. 미국에서의 스마트 그리드는 미국 전력중앙연구소(EPRI)의 인텔리 그리드, Modern Grid Initiative, GridWise 등 10여 개가 넘는 기관과 단체에서 전력시스템의 지능화 및 선진화에 대해 지속적인 연구의 결과물로 탄생한 것이다. 미국의 회복과 재투자법(American Recovery and Reinvestment Act)의 일환으로 미 에너지부에서 기존의 전력망을 현대화하기 위한 노력을 지원하기 위하여 39억 달러의 투자를 계획하고 있기도 하다. 스마트 그리드 투자금 프로그램에 33억달러, 스마트 그리드 시연 프로그램에 6억1천5백만 달러를 투자하고자 2009년 7월 말 현재 프로젝트 제안을 받고 있다. 미국의 스마트 그리드 주요 프로그램을 다음 그림 2에 나타내었다. 인텔리그리드(Intelligrid)는 미국 스마트 그리드 프로젝트를 대표하는 프로그램으로써 2003년 DOE의 지원아래 EPRI에 의해 시작되었으며 각국의 전력회사, 연구소 및 대학 등이 참여하여 구조, 사용자 포털, DER/ADA(Distributed Energy Resource/Advanced Distribution Automation), FSM(Fast Simulation and Modeling) 등 크게 네 가지 영역으로 나누어 과제를 수행중이다. Modern Grid Initiative는 2005년 DOE-OE(Department of Energy's Office of Electricity Delivery and Energy Reliability) 및 NETL(National Energy Technology Laboratory) 주도로 설립되었으며 2006년 5월, 2007년 3월 Modern Grid v1.0과 v2.0을 완성하였다. 그리드 와이즈 프로그램(GridWise Program)은 2003년부터 DOE-OE 주관으로 산업계(IBM, Google, GE등) 중심의 GridWise Alliance와 표준화 선도를 위한 GWAC(GridWise Architecture Council)을 운영중이다. 특히 2009년 6월 15일에는 한국스마트그리드 협회와 GridWise Alliance간에 한미간 스마트 그리드 투자포

럼이 개최되었다.



(그림 2) 미국 스마트 그리드 주요 프로그램

또한, 미국은 2003년 6월에 Grid2030이라고 하는 국가적 통합 스마트 그리드 구축 계획을 다음 <표 1>과 같은 내용으로 수립하였다.

<표 1> 미국 Grid2030 프로젝트의 10년별 계획

2010년	2020년	2030년
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 양방향 통신이 가능하고 요금 거래 인터페이스를 갖춘 차세대 스마트 미터기 개발</li> <li>- 그리드와 결합한 지능형 가전 기구와 전기제품 개발</li> <li>- 수요자 중심 운영과 분산 전원개발로 전력 시장에 소비자 참여 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plug &amp; Play 방식으로 전력, 냉난방, 습도 조절 기능을 갖춘 수요자 중심의 종합 에너지시스템 개발 (임대 방식으로 확충)</li> <li>- 전압, 주파수 등의 자동 제어로 완벽한 전력품질 제공</li> <li>- 원거리용 초전도 케이블 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 어느 소비자가 원하든지 안정적이고 효율성이 높은 디지털화된 전력시스템 사용</li> <li>- 전국 어디서나 저탄소 청정 에너지의 사용 가능</li> <li>- 누구나 사용할 수 있는 에너지 저장 시스템 개발</li> <li>- 국가 초전도 케이블 전력망 구축</li> </ul>

##### 나. 유럽

유럽 각국은 신·재생에너지 중심의 분산형 전원의 보급 확대, 환경 보전, EU국가간 전력 거래에 중점을 두고 스마트 그리드를 추진하고 있으며, 특히 풍력 등 신·재생 에너지의 보급 확산에 적극적이다. 유럽 태양광산업협회의 2009년 6월 자료에 따르면 스마트 그리드 기술 및 에너지 저장장치 보급으로 태양에너지 발전의 비중을 현재의 1%이하 수준에서 2020년 12%로 상향 추진예정이다. 미국과 달리 공통 아키텍처와 다양한 통신 기술의 상호운용성을 보장하는 표준이 마련되어 있지 않으나 최근 스마트 그리드 표준에 대한 움직임이 나타나고 있는데, 프레임워크 연구 프로그램을 통

하여 스마트 그리드 플랫폼(SmartGrids Technology Platform) 개발을 착수하였다.

핀란드는 정부 차원에서 지원으로 스마트 계량기 보급을 통한 에너지 절감 정책을 추진중이며, 3백만 가구중에서 약 20% 정도는 이미 스마트 계량기를 보유하고 있다고 한다. 영국 정부가 총 70억 파운드를 투입해 2020년까지 스마트 계량기 보급을 대폭 확대하기로 했고, 독일은 남부 지역에서 MEREGIO(Minimum Emissions Region)로 알려진 스마트 그리드 프로젝트를 시범 운영중이다. 이탈리아 전력회사인 ENEL은 2001년부터 스마트 그리드 구축을 위한 프로젝트의 일환으로 약 2,700만 가구를 대상으로 스마트 미터 교체 작업을 완료하였다.

네덜란드의 수도 암스텔담에서는 스마트 그리드 인프라와 같은 전력 및 정보통신이 광범위하게 결합한 기술을 적극 활용하기 위한 에너지 효율 정책을 추진중이며, 그리스 라리싸(Larissa) 지역에서는 전력선 통신과 무선랜을 결합한 가입자 망을 통해 변압기 감시, 원격 워터 펌프(Water pump) 제어, 인터넷 서비스 등을 제공하고 있다. 프랑스 Poitiers 지역에서는 전력선 통신과 무선랜을 결합한 가입자 망을 통해 빌딩 에너지 관리 서비스와 인터넷 서비스 등을 제공중이다. 유럽은 범유럽 연구개발 프로그램인 (Framework Program 7 : FP7)에서 IT 기반 에너지 효율화 과제를 추진중이며, 2020년까지 에너지효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 전체 에너지의 20%를 재생에너지로 대체 (Triple Twenty 전략)할 예정이다.

#### 다. 일본

Cool Earth-21을 통해 주요 에너지 혁신 기술 개발을 추진중이며, 2050년까지 온실가스 감축 50% 달성을 위해 21개 핵심기술을 선정한 바 있다. 에너지 안정공급의 확보, 재생 가능 에너지의 원활한 도입과 효과적인 활용, 수송수요와 일체화된 에너지 절약 및 에너지 유효 이용을 실현하기 위한 시스템으로서 스마트 그리드 TIPS(Triple "I" Power Systems)를 추진중이다. 지적(Intelligent), 상호영향적(Interactive), 통합적(Integrated)의 뜻을 가지고 있으며, 수송수요 측의 전기 이용 상황과 가격정보 등을 기반으로 기기의 이용을 변화시키는 수요 반응(Demand Response), 수송수요 측 계통과 전력 기간 계통의 연계 운용, 차세대 정보통신

인프라 구축 및 차세대 유통기기의 개발 등의 과제를 수행중이다. 또한, 재생에너지 기반의 "그린 이노베이션 재팬"이라는 프로젝트를 통해 2010년까지 신·재생에너지의 전력 생산을 12.33GWh까지 끌어올릴 계획이다. 스마트 그리드 전력 시스템과 관련하여 4개의 주요 프로젝트가 진행중인데, 간략한 내용은 다음과 같다.

#### • 수송수요 분야 전력시스템 프로젝트(CRIEPI 주관)

분산전원간 자율적 제어, 수송수요 신전력 서비스 및 루프 또는 메쉬(mesh) 구조의 수송수요 인프라 구축

#### • FRIENDS 프로젝트

스마트배전 기술 연구, 다품질 전력구조, 분산전원 및 저장장치 사용, 신 전력정보 서비스 및 스마트 가전, 스마트 홈 분야에 대한 연구 수행

#### • 슈퍼 노드 네트워크 프로젝트(국가과학기술부 주관)

FACTS(Flexible Alternating Current Transmission System) 기기 통합, 배전계통의 메쉬 구조, 분산전원의 클러스터 제어, 전력 품질 향상

#### • 신 전력네트워크 시스템(METI주관)

다품질 전원 체계, 다수 분산 전원의 통합 제어 및 분산 전원의 유연한 연계

일본 신에너지·산업기술 종합개발기구(NEDO : New Energy & Industrial Technology Development Organization)에서 수행하는 실증사업으로서 하치노헤시 신에너지 등 지역집중 실증 연구 프로젝트를 추진중인데, 태양광과 풍력, 바이오매스 등 다양한 신에너지들을 IT를 기반으로 제어하여 가정에 전력을 공급하는 소규모 분산형 전원 네트워크(마이크로 그리드 시스템)이다. 시미즈 건설은 전기 에너지를 저비용으로 안정하게 공급할 수 있는 마이크로그리드를 자사 기술 연구소내에 구축하여 실증 시험중이다.

#### 라. 기타 국가

중국 최대 전력사인 'State Grid Corp'는 2009년 기술표준을 시작으로 2020년까지 스마트 그리드를 구축할 계획이며,

인텔과 GE등과 협력하여 스마트그리드 프로젝트를 진행 중이다. 6.6%의 송전과정 손실율을 감소시키고 약 11백만 킬로미터의 노후화된 송전선 문제를 해결하기 위해 스마트그리드 추진 계획을 국가전망공사 주관으로 추진 중이다.

호주는 ISG(Industry Strategy Group)를 설립하여 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 규격을 제정하였으며, 2009년 5월부터 Country Energy와 IBM은 약 10만 가구를 대상으로 파일럿 프로그램을 추진 중이다. 현재까지 시장은 스마트 계량기 차원으로 국한되어 있었으나, 빅토리아 주의 스마트그리드 인프라 개발투자와 함께 점차 스마트그리드 구축 사업으로 확장되고 있다. 호주 정부는 태양광 개발의 모멘텀을 이용하여 스마트그리드 프로젝트에 1억 달러를 배정하고 브로드밴드 네트워크 이니셔티브(National Broadband Network initiative)와 연계하고 있다.

이상과 같이 각국의 정책이나 기술 동향을 종합/분석해 보면, 미국은 노후화된 전력 인프라의 교체와 스마트 홈과 같은 수용가 서비스 제공, 유럽은 신·재생에너지 중심의 분산형 전원의 보급 확대 및 EU 국가간 전력 거래, 그리고 일본은 에너지 관리 측면에서 초점이 맞추어져 있는 것으로 판단된다.

## 2. 스마트그리드 국내 동향

2009년 2월 16일 대통령 주재 녹색성장위원회 1차 보고에서 “세계 최초 국가 단위의 지능형 전력망(Smart Grid) 구축”에 대한 국가 비전 발표를 시작으로 다양한 정책들이 수립되었으며 국내외 스마트그리드 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 상황이다. 현재까지 제시된 스마트그리드 관련 목표들을 정리해 보면, 국가에너지소비의 3%(전기에너지의 10%)를 절감하고, 원전 7기(1,000MW급)에 해당하는 피크 부하 6%를 낮추고, 국가 온실가스 배출량을 41백만톤 감소시키며, 화석연료 수입 감소로 100억불의 외화를 절약할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

최근에는 지능형 전력망(Smart Grid) 로드맵 수립 추진위원회를 통해 스마트그리드 추진 방향 및 기술 내용을 정리하고 있다. 또한, 7월 9일 개최된 기후변화 주요국 회의(MEF: Major Economies Meeting on Energy Security and Climate Change)에서 스마트그리드 실무그룹 의장역을 맡아 다자간 리더십 확보 및 스마트그리드 분야에서의 글로벌

입지를 강화하고 있다. 5월 21일에는 스마트그리드 산업의 건전한 발전과 신·재생에너지 및 양방향 전력시스템의 이용촉진을 도모하기 위한 한국스마트그리드협회(KSGA: Korea Smart Grid Association)를 창립하여 운영 중이다. 올해 6월에는 개발된 기술의 상용화 및 수출산업화를 촉진하기 위해 스마트그리드 시범단지인 제주특별자치도를 선정하였으며, 7월 현재 제주실증단지 구축 관련 기업설명회를 진행 중이다. 국내에서는 2005년부터 한국형 에너지관리 시스템 개발을 포함하여 전력IT 10대 국책과제를 진행 중이다. 개발된 결과물들은 실증단지에서 안정성, 내구성, 호환성 등을 시험하게 된다. 또한, HAN(Home Area Network), BAN(Building Area Network), IAN(Industry Area Network) 망을 기반으로 중·소규모 신재생 에너지(태양광, 풍력), 중·소규모 전력장치, 전기자동차 충전장치, 스마트 미터/가전기기/사무기기/산업자동화 기기, 에너지 정보 관리 시스템 및 빌딩/공장 자동화 시스템이 포함되는 스마트그리드 구축을 추진 중이다.

## IV. 스마트그리드 기술

### 1. 주요 기술 동향

본 절에서는 전력산업의 개방형 플랫폼 지향의 스마트그리드 구현을 위한 주요 기술에 대해 살펴보고자 한다.

#### • AMI(Advanced Metering Infrastructure)

양방향 통신, 공급자와 수용자의 능동적인 참여를 통한 수요반응(DR)으로 에너지 효율을 높이는 스마트그리드 실현에 필수적인 핵심 인프라로서, 양방향 통신을 지원하고 사용자에게 전력사용 정보를 제공하고 수요반응을 통한 에너지 효율향상을 도모하는 지능형 전력량계(스마트미터), 사용자의 에너지 사용량, 요금제도, 예상요금 등의 정보를 인지하고 자발적으로 에너지 절감을 위한 반응을 수행하기 위한 사용자 수요반응기기, 대용량 전력자원을 통합관리하기 위한 전력정보관리시스템 그리고 전력공급자와 사용자를 연계하는 역할을 수행하는 스마트그리드 전력서비스 네트워크로 구성된다.

#### • HAN(Home Area Network)

홈게이트웨이/홈서버는 가정내 정보가전을 포함한 각종 기기를 유무선통신 인프라를 통해 제어하고 관리하는 역할을 담당하고 있으며, 전력 스마트미터와의 연계가 필수적이다. 스마트 그리드 실현에 있어서 기 개발되고 구축된 인프라를 활용함으로써 경제적인 구현 및 조기 상용화 추진이 가능하다는 측면에서 중요한 기술이다.

#### • 전기자동차

재충전이 가능한 전기자동차는 전지로만 구성된 전기자동차, 내연기관과 축전지의 2개 동력원을 이용하는 하이브리드 자동차, 그리고 외부의 전력을 이용하여 배터리를 충전할 수 있는 하이브리드 자동차가 있다. 특히 PHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)는 심야의 저렴한 잉여 전력을 충전하여 근거리 이동에 필요한 에너지로 사용하고, 새로운 개념의 에너지 저장 기기, 즉 이동형 전원으로서의 역할을 담당한다.

#### • 스마트 네트워크 기술

스마트 그리드 요소 기술들을 위한 인프라를 제공하는 측면에서의 통합 통신 플랫폼 기술이며, 상호호환성을 지원하는 개방형 통신 아키텍처가 필요할 뿐 아니라 전력분야에 있어서 글로벌 스탠다드가 필요한 분야이다. PLC(Power Line Communication), BPL(Broadband over Power Line), ZigBee, WiFi, SUN(Smart Utility Network), Wibro를 포함한 모바일네트워크, TCP/IP 초고속인터넷망 등이 사용자 및 액세스, 백본 전력망의 인프라로 적용될 수 있다.

#### • 스마트 그리드 보안 기술

스마트 그리드를 구성하는 요소별 신뢰성과 보안이 요구될 뿐 아니라 전력망, 시스템, 서비스, 종단 장치 등 전반에 걸친 보안 적용이 필요하다. 전력 측정 데이터 및 통신 모듈에 대한 tampering 및 서비스 거부(DoS), 크로스 서비스 공격 방지 기술과 정보의 불법 변경 및 유출 방지 기술 및 시각화 기반의 신속한 보안상황 인지 기술이 필요하다.

#### • 실시간 감시 시스템

송전선로에서 발생할 수 있는 위기상황을 실시간으로 감

시함으로써 송전선로의 고장을 예방하고 아울러 설비의 유효 전력의 여유를 고려하여 보다 효율적으로 송전선로를 운용하기 위한 기술이며, 전력시스템 광역감시시스템, 선로의 동적허용량 평가 기술, 누설 전류센서, 전자식 변압기 등이 포함이다.

#### • 스마트 배전 기술

전력설비 자동화 시스템은 전력을 생산·수송·공급하는 대상설비에 따라 급전종합 자동화설비, 원방감시제어설비(SCADA:Supervisory Control And Data Acquisition), 배전자동화(DAS:Distribution Automation System) 시스템으로 계층 구조를 형성하고 있으며, 배전자동화는 모든 전력 계통의 자동화를 완성할 수 있는 기반이 되는 기술로써 광범위하게 산재되어 있는 배전설비를 IT 시스템을 이용하여 집중 원격 감시 및 제어하고 선로고장 구간 및 최적 계통 전환 등 배전 계통 운용을 지능화하는 기술이다.

#### • 변전 자동화 기술

변전소의 로컬 및 원격 제어와 현재 상태를 감시하는 기술로써 IED(Intelligent Electronic Device) 기반의 디지털 변전 시스템으로 통합되며 지역 제어, 감시, 시스템 구성 등에 대한 HMI(Human Machine Interface)를 제공한다.

#### • 스마트 계통 운영 기술

통신 및 제어 기술을 수단으로 녹색에너지원과 분산전원을 seamless하게 기존 간선망에 연계시키는 기술로서, 신·재생에너지, 분산전원, 배터리 저장 장치, PHEV, 전력 전자소자, 실시간 요금체계 등의 모든 요소들이 안정적이며 신뢰할 수 있는 방법으로 통합될 수 있도록 하는 운영기술 및 제반 환경 관련 기술이다.

#### • 전력 저장 기술

심야 등 전기 사용의 오프 피크시에 전기를 저장하고 주간 피크시에 전기로 변환시켜 부하의 이동에 따라 평준화시키기 위한 기술으로써, 기존의 연축전지를 전력저장용으로 개량한 형태와 나트륨-유황(Na-S), 아연-규소(Na-Br), 아연-염소(Zn-Cr) 전지 등이 고려되고 있다. 태양광, 풍력, 지열, 바이오 매스 등의 자연에너지에 의해 생성되는 전력의 저장

장치 및 전기자동차에의 응용 등에 사용된다.

• 신·재생에너지 기술

신·재생에너지란 화석연료를 변환하여 이용하거나(신에너지 : 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질산유가스화, 수소 에너지) 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등 자연의 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지(재생에너지 : 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열)를 말한다. 청정에너지이자 지속가능발전을 견인하고 스마트 그리드 실현을 견인할 기술주도형 미래에너지 기술이다.

2. IT 기반 스마트 그리드

스마트 그리드는 전력 산업에 IT 기술이 융합되는 신전력 서비스이며, 따라서 IT가 기존 전력망에 어떤 형태로 접목되느냐, 또는 새로운 패러다임을 만들어 갈 것이냐가 성공의 관건이란다 이견은 없을 것이다. 본 절에서는 IT 기반의

스마트 그리드 실현을 위한 방안에 대해 몇 가지 솔루션/메커니즘을 소개하고자 한다. 스마트 미터, 전기차 충전 인프라, 분산형 전원(배터리), 실시간 전기 요금제, 전력망의 자가치유(self-healing) 기능, 신·재생에너지 생산 및 판매, DC전원 공급 체계, 다양한 전력 품질 선택 등에 대한 접근 방안을 기술하고자 한다. 스마트 그리드는 다음 (그림 3)과 같이 전력 중심의 스마트 발전·송전·변전·배전 및 스마트 계통 운용 기술과 IT 기반의 양방향 소비자 인프라 및 스마트 응용 서비스 기술로 크게 대별할 수 있고 각 부분별 실현 기술을 간략하게 나타내었다.

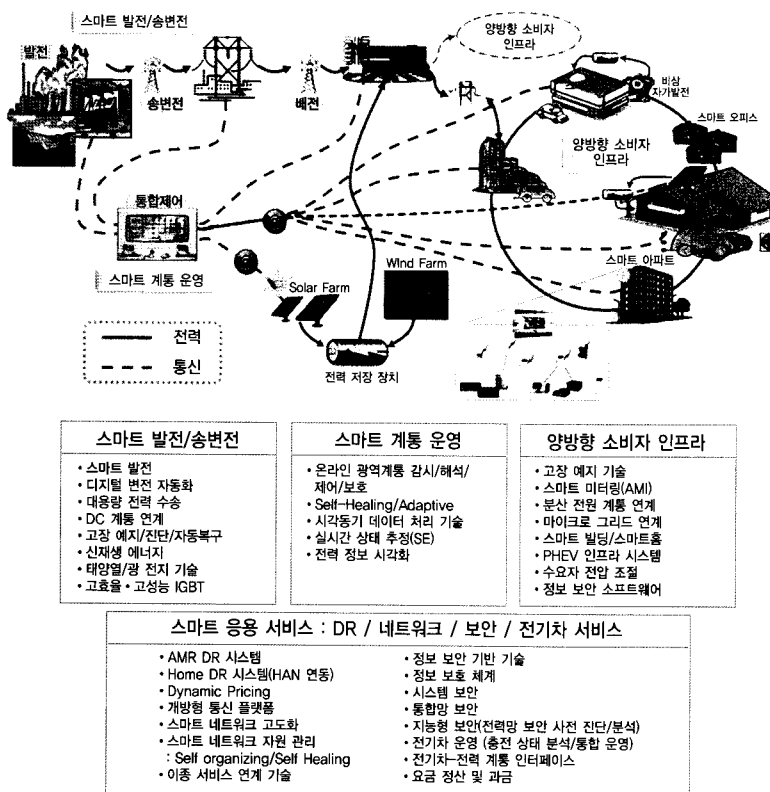
스마트 그리드에서 IT는 스마트 그리드의 특징인 자가치유(self-healing), 수요반응(demand response), 보안(security), 전력 품질 보장(power quality), 그리고 전력 거래(power trading)를 실현시키는 필수 도구이며, 양방향 유무선통합 통신망, 센서 네트워크, 알고리즘 기반 관리, 프레임워크 S/W 등의 IT 기술이 전력망의 지능화를 가능하게 한다. 스마트 그리드 주요 요소별 IT 기술의 역할에 대해 간략하게 기술하였다.

• 자가치유(self-healing)를 위한 메커니즘

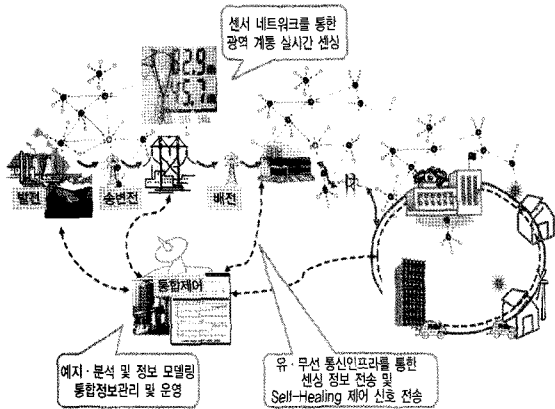
현재의 전력망은 자가 진단이 어렵고, 고장 및 정전 발생 가능성이 상존하며, 사고시 수동 복구를 해야 한다. 스마트 그리드는 전력망 전계통을 센서 네트워크를 통해 실시간 감지 및 센싱하고, 이를 유무선 통합 인프라를 통하여 전송하고, 수집된 정보를 바탕으로 예측, 분석 및 정보 모델링, 통합정보 관리 및 운영을 통해 전력망 실시간 복구를 수행하게 된다.

• 수요 반응(Demand Response) 및 에너지 효율 메커니즘

스마트 그리드를 위한 주요한 메커니즘 중의 하나로써, 실시간 전력 미터링, 센서 정보를 활용한 원격 측정 및 수요 관리, 제어를 통한 에너지 효율화 달성을 위한 기술이다. 각종 장치의 에너지 소모량



(그림 3) 스마트 그리드 구성도



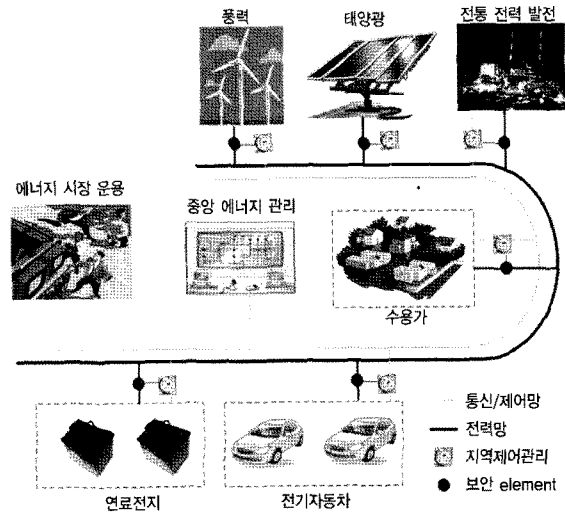
(그림 4) 자가치유를 위한 IT기술

을 측정하고 제어·관리 정책이나 알고리즘, 외부의 정보(실시간 요금) 등과 연계하여 어떤 반응(제어)을 나타내기 위한 기술이다.

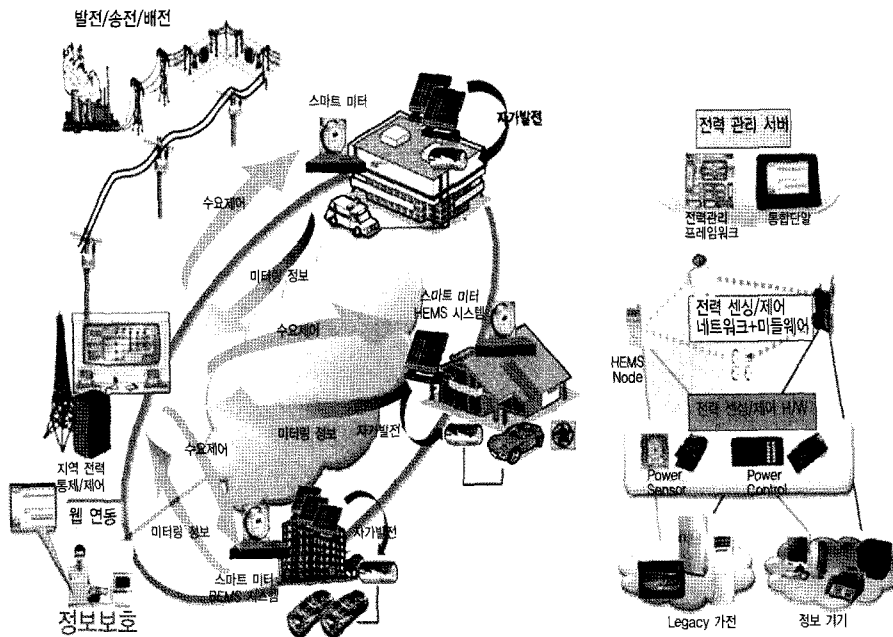
• 전력 품질(power quality) 보장 메커니즘

태양광, 풍력 발전, 연료 전지, 전기자동차 등과 같은 분산된 자원들을 결합하여 수용가에서 안정적으로 사용할 수 있

는 전력을 공급하기 위해서는, 양방향·실시간 전력망 제어를 가능케 하는 통신·제어망 기술, 분산전원들의 원격 모니터링을 포함한 센싱과 측정기술, 분산 전원간의 seamless 한 스위치오버 제어 관리 기술 등으로 구성된다.



(그림 6) 전력 품질 보장을 위한 IT기술



(그림 5) 수요 반응 및 에너지 효율화를 위한 IT기술



• 전력 유통(power trading) 메커니즘

빌딩, 가정에서 신·재생에너지를 이용하여 직접 전력을 생산하고 잉여 전력은 전력 수요자에게 판매할 수 있는 환경을 제공하기 위해서, 전력 운용 전반에 걸친 통합 통신 플랫폼 기술, 실시간 대용량 정보 처리 및 보안 기술, 전력 소비량 등과 같은 전력 정보의 실시간 모니터링 기술, 전력 정보 브라우징, 품질/요금 검색 등을 위한 사용자 인터페이스 기술과 전력 생산후 저장, 공급에 필요한 운용 메커니즘을 포함한 충전 스테이션 기술로 구성된다.

• 보안(security) 메커니즘

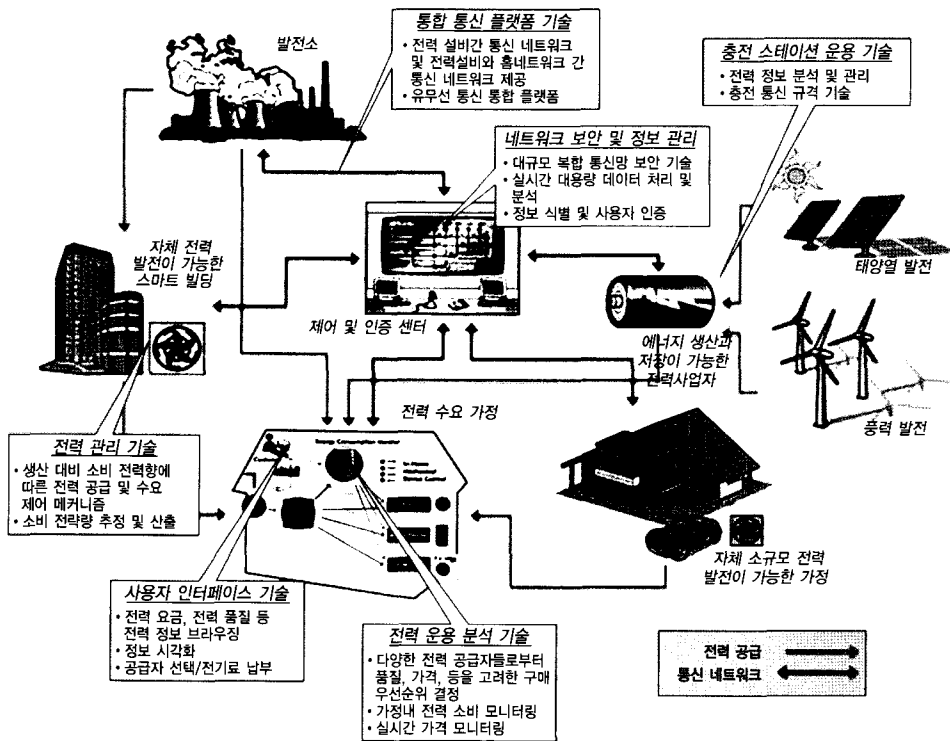
스마트 그리드에 대한 외부의 물리적, 사이버 공격이 발생하여 전력망이 손실을 입을 경우 국가적인 안보 위협이 발생할 수 있으며, 스마트 어플라이언스 보안, 측정/제어 정보 무결성, 장치간 상호인증, 크로스서비스 공격, DoS 공격 방지, 제어시스템의 침해사고 탐지/대응/복구로 구성된다.

V. 결 론

본고에서는 스마트 그리드의 정의와 필요성, 해결해야 할 과제에 대해 기술하였으며, 미국, 유럽, 일본을 포함한 스마트 그리드 국내외 동향을 살펴보았다.

마지막으로 스마트 그리드 구축을 위한 주요 구성 메커니즘과 관련한 IT 기술이 기여할 수 있는 내용을 간략하게 제시하였다. 세계 최초의 국가단위의 스마트 그리드 구축 및 상용화 세계 선도 국가로서의 역할을 수행하는데 있어서 전력망과 IT의 효율적이고 적절한 융합 기술은 무엇보다도 중요한 이슈이자, 한편으로는 IT 자원이 풍부한 우리에게는 기회인 것이다.

또한, 스마트 그리드는 기술의 변화뿐 아니라 사고방식의 변화를 통해 완성될 것이며, 고객이 직접 사용하고 선택하는 에너지 서비스로서의 역할에 대한 중요성이 증대될 것임은 분명한 사실이다.



(그림 7) 전력 거래/유통을 위한 IT기술

Acknowledgements

"본 연구는 지식경제부 및 산업기술연구회 협동연구사업의 일환으로 수행하였음. [제로카본 그린홈 개발 :그린홈 에너지 관리 플랫폼 개발]"

또한, 본 고는 ETRI 스마트 그리드 TFT와 그린컴퓨팅연구부 TFT 노고의 결과물을 기반으로 하였으며, ETRI 미래기획위원회, 한동원 부장님, 전종암 팀장님, 김재영 팀장님, 장중현 팀장님, 전영애 책임, 신철호 선임, 오미경 박사, 윤재관 박사, 이은서 박사를 포함한 모든 TFT 팀원들께 감사드립니다.

문헌

[1] US department of Energy office of Electric Transmission and Distribution "Grid 2030- A national vision for electricity' s second 100 years"

[2] Patrick Mazza(PNNL), "Powering up the smart," 2005.

[3] Amin, M. and B.F. Wollenberg "Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century," IEEE Power and Energy Magazine, Vol 3, No 5, Sep/Oct., 2005.

[4]http://tdworld.com/mag/power\_future\_distribution

[5] Electric Power Research Institute, "Electricity technology roadmap: Meeting the critical challenges of the 21st century. Summary report, product no. 1010929," 2004.

[6] Electric Power Research Institute, "The integrated energy and communication systems architecture: Volume II: Functional requirements," 2003.

[7] Glotfelty, J. "Transforming the grid to revolutionize electric power in North America. Presentation to the U.S. Department of Energy Office of Electric Transmission and Distribution" 2004.

[8]http://tdworld.com/mag/power\_future\_distribution

[9] 캘리포니아주 에너지위원회 :  
http://www.energy.ca.gov/

[10] GE global research : http://www.ge.com/research/

[11] Pacific Northwest National Laboratory :

http://www.pnl.gov/

[12] Power and Energy System : http://energy.ece.uiuc.edu/

[13] 스마트 에너지 연합 : www.smart-energy-alliance.com

[14] http://www.pserc.org/index.html

[15] 지식경제부 : http://www.mke.go.kr/

[16] 파워IT코리아 : http://www.powerit.re.kr

[17] CEC, "Public interest energy research 2006 annual report," 2006.

약력



1992년 경희대학교 공학사  
1994년 경희대학교 공학석사  
2007년 충남대학교 컴퓨터과학박사  
1994년 ~ 현재 한국전자통신연구원 그린컴퓨팅연구부 책임연구원  
2009년 ~ 현재 한국전자통신연구원 그린컴퓨팅연구부 전문위원  
관심분야 : 그린IT 기술, IT융합기술, 스마트 그리드, 홈네트워크, 그린홈/그린빌딩, P2P

이 일 우



1991년 충남대학교 공학사  
1993년 충남대학교 공학석사  
2006년 충남대학교 공학박사  
1993년 ~ 2000년 국방과학연구소 선임연구원  
2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 그린컴퓨팅연구부 선임연구원  
관심분야 : 그린 IT, HEMS/BEMS, 스마트그리드, 홈네트워크

박 완 기



1982년 경북대학교 공학사  
1985년 경북대학교 공학석사  
2002년 충북대학교 공학박사  
1984년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
2004년 ~ 2008년 디지털홈연구단 홈네트워크그룹장  
2008년 ~ 2009년 융합기술연구부문 U-컴퓨팅연구부부장  
2009년 ~ 현재 융합기술연구부문 그린컴퓨팅연구부부장  
관심분야 : 디지털홈, 그린홈, 스마트 그리드, 지능형 홈네트워크

박 광 로



1984년 경북대학교 공학사  
1994년 연세대학교 공학석사  
1999년 충북대학교 공학박사  
1983년 ~ 1986년 ㈜삼성전자 연구원  
1986년 ~ 1991년 ㈜LG전자 Hi8mm캠코더팀장  
1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 융합기술연구부문 소장  
관심분야 : IT융합기술, 바이오센서기술, 정보보호기술, Green IT 기술, 인지감성기술

손 승 원