

스마트 그리드 기술 동향: 전력망과 정보통신의 융합기술

A Trend Analysis of Smart Grid Technology: The Convergence of Electric Power Network and IT Technologies

IT 융합기술 동향 및 전망 특집

목 차

- I. 개요
- II. 개념 및 특성
- III. 정책 및 시장 동향
- IV. 스마트 그리드 기술
- V. 기술개발 동향
- VI. 표준화 동향
- VII. 결론

도윤미 (Y.M. Doh)	USN응용기술연구팀 책임연구원
김선진 (S.J. Kim)	RFID/USN서비스연구팀 선임연구원
허태욱 (T.W. Hoe)	USN응용기술연구팀 선임연구원
박노성 (N.S. Park)	USN응용기술연구팀 연구원
김현학 (H.H. Kim)	USN응용기술연구팀 연구원
홍승기 (S.K. Hong)	USN응용기술연구팀 연구원
서정해 (J.H. Seo)	RFID/USN서비스연구팀 연구원
전종암 (J.A. Jeon)	USN응용기술연구팀 팀장

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 정보통신 선도기반기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [u-City 적용 센서 네트워크 시스템 개발]

기존 전력망에 정보통신기술을 접목하여 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성 향상을 꾀하고자 하는 스마트 그리드의 비전은 태양력 및 풍력과 같은 신재생 에너지, 전기자동차 (EV), 배터리와 같은 저장 장치, 수요반응 등으로 대표된다. 스마트 그리드에서는 에너지원, 전력, 통신, 소프트웨어, 컴퓨팅, 가전기기, 반도체 등 다양한 기술이 복합적으로 얽혀 있으며, 사업자 및 정책도 기술요소만큼 복잡적이다. 본 고에서는 전력 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 자원을 거래하는 모습까지 포함하는 차세대 전력망 기술인 스마트 그리드의 개념 및 특성, 관련 기술 파악을 통하여 중요성을 살펴보고, 관련된 국내외 정책 및 시장동향, 국내외 기술개발 동향에 대해서 기술하고자 한다.

I. 개요

저탄소 녹색성장이 전(全) 지구적 과제로 등장하면서 온실가스 배출을 최소화하는 그린에너지 산업 혁신의 핵심으로 스마트 그리드 개념이 출현하였다. 스마트 그리드는 기존 전력망에 정보통신기술을 접목하여 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 향상시키고, 전력의 생산 및 소비 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망 기술이다.

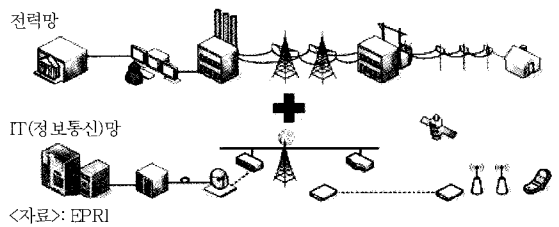
현재 미국은 노후화된 전력계통의 고도화, 유럽은 신재생 에너지의 활용 활성화, 일본은 효율적인 에너지 관리 등과 같이 각 국가별 필요성을 중심으로 스마트 그리드 기술을 경쟁적으로 추진하고 있다. 한국은 향후의 국가발전 신패러다임으로 “저탄소 녹색성장”이라는 비전을 제시한 바가 있으며 이를 위한 구체적인 실행방안으로 세계 최초 국가단위 스마트 그리드를 2030년까지 구축할 계획을 가지고 스마트 그리드 선도국가로서 국제협력을 주도할 예정이다.

본 고에서는 스마트 그리드의 개념 및 특성을 통하여 중요성을 파악하고, 정책 및 시장동향, 관련 기술에 대해서 살펴본 후 국내외 스마트 그리드 기술

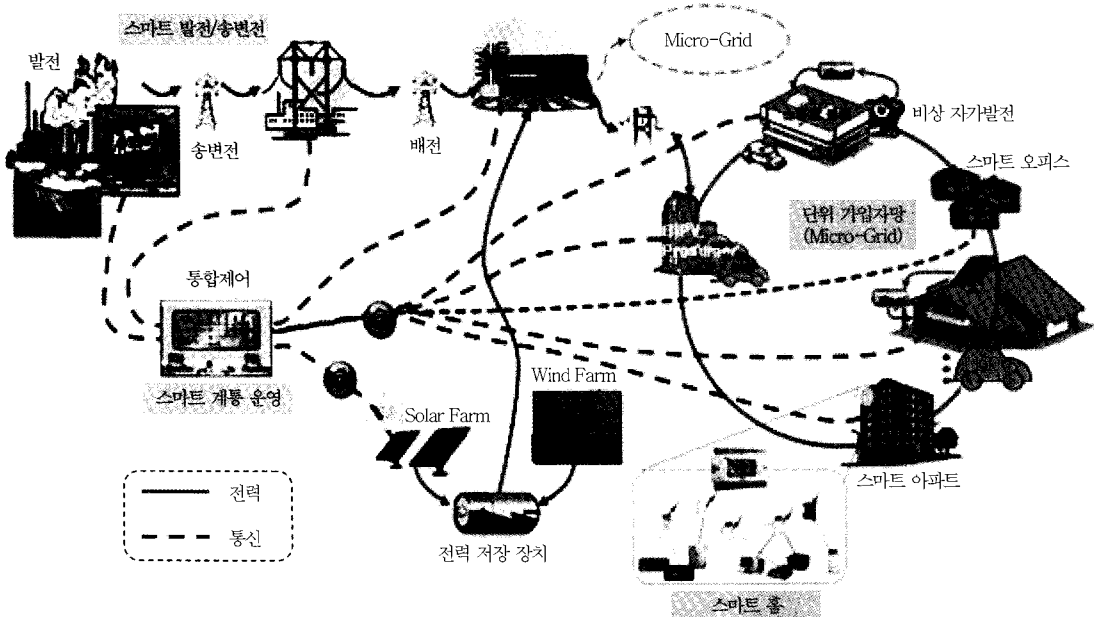
개발 동향 및 표준화 관련 동향에 대해서 다루어 보기로 한다.

II. 개념 및 특성

지금까지 전력 네트워크에서는 품질 좋은 전력 공급, 선로 상태 감시, 외부 공격에 대한 복구력 증강, 전력 사용량 자동 파악, 피크 전력 수요예측의 다각화 등과 같이 다방면의 현대화 노력을 기울여오고 있다. 그러나, 에너지원의 고갈, 지구온난화 방지 및 탄소 배출량 감소라는 인류 절대적 과제에 대한 해결책 강구와 맞물리면서 생산과 소비에 이르기까지 전력 시스템 및 관련 네트워크를 디지털화, 지능화함으로써 에너지 생산·관리·활용의 효율화하고



(그림 1) 스마트 그리드의 개념



(그림 2) 스마트 그리드의 구성

부가가치 실현이 더욱 절실히 요구되고 있다. 이는 스마트 그리드로 정의되고 녹색혁명의 근간으로 세계적으로 주목을 받고 있다.

스마트 그리드는 (그림 1)과 같이 전력 시스템과 IT 기술이 융합된 전력망의 진화된 형태이다. 여기서 전력망이란 발전, 송전, 배전, 소비에 이르기까지 전력을 실어 나르는 모든 설비 및 기기를 의미한다. 스마트 그리드는 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 꾀하는 한편, 전력 생산·소비 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 효율을 최적화하며, (그림 2)와 같이 기존의 전력 시스템은 물론 전기자동차, 신재생 에너지와 함께 에너지 프로슈머(prosumer)의 등장으로 미래의 에너지 생산 및 유통이 다양화될 것으로 예상되는 차세대 전력(에너지) 네트워크로서 미국 MGI[1]에서 제시하는 특징과 더불어 다음과 같은 특성을 지닌다.

• 에너지 관련 콘텐츠를 가진 에너지 인터넷

100여 년 지속되어온 전력 네트워크가 소수 공급자 중심의 수직적·통제적·중앙 집중식 네트워크였던 반면, 스마트 그리드는 다수의 생산자, 소비자 간의 상호작용에 기반하는 수평적·협력적·분산적 네트워크의 특성을 지니기 때문에 ‘에너지 인터넷’으로 불리기도 한다[2].

• 실시간 가격제에 기반한 피크 에너지 수요 제어

지금까지의 전력 네트워크는 전력 수요가 피크에 이르는지 모니터링하고 예측하는 방법을 모색하고 대처하여온 반면, 스마트 그리드에서는 소비자에게 시간대에 따른 적절한 가격을 제공하여 소비자가 스스로 기기 사용 시간대를 옮기도록 유도한다. 이는 피크 수요전력을 제공하기 위한 설비 및 운용 비용을 줄일 수 있는 효과로도 반영되므로, 스마트 그리드에서는 소비자에게 동기를 부여할 수 있는 적절한 실시간 가격제의 도입이 가장 중요하다.

• 신재생 에너지, 분산 전원의 통합

장기적인 관점에서 태양광, 풍력 등 신재생 에너지의 확대에 따른 전력망 제어의 필요성이다. 태양

광, 풍력과 같은 신재생 에너지의 활용은 탄소배출량 감소 측면에서 주요한 에너지원으로 주목 받고 있지만, 그 생산량이 시간에 따라 일정하지 않은 간헐적인 특성을 가진다. 또한, 미래의 충전식 자동차도 군집된 에너지원으로 활용할 수 있는 면으로 중요성이 부각되고 있으며, 특성상 분산 및 이동 특성을 띤다. 현존하는 전력 네트워크를 기반으로 이들을 효율적으로 통합 활용하기 위해서는 분산 및 이동에 관련된 정보 통신 및 운영 관리 기술이 중요하다. 예를 들어, 태양광 발전 시스템은 기존의 전력 시스템과는 달리 태양광이 가능한 어떤 곳에서나 발전이 가능한 반면 중앙 집중된 통제는 불가능하고, 밤낮, 그리고 날씨에 따라 발전량이 불규칙하여 조정이나 예측이 어렵다. 이를 해결해주는 인프라가 곧 스마트 그리드인 것이다.

• 에너지를 거래하는 새로운 서비스 패러다임

소수 에너지 공급자 중심의 네트워크에서와는 달리 스마트 그리드에서는 기존 에너지는 물론 신재생 에너지, 분산 전원의 연계 및 활성화로 다수의 에너지 공급자의 출현으로 현재 주식거래처럼 에너지 거래를 기반으로 하는 새로운 서비스와 관련된 신생 업체 및 산업이 등장한다. 대형 발전소에서 최종 소비까지 일방적으로 전력을 공급받아 사용한 만큼 지불하던 기존의 전력망 방식과는 달리 Smart Metering을 통한 에너지의 Micro Generation이 가능하여 발생한 여분을 나누어 쓸 수 있다. 따라서, 신재생 에너지 생산의 경우 생산, 소모하고 남은 에너지의 매매가 출현한다. 이러한 에너지 관리와 거래를 위해서는 전화, 미디어, 전자상거래 등 다양한 IT 기반 서비스 기술을 토대로 전력 시스템에서의 IT 기술 결합이 부각된다.

Ⅲ. 정책 및 시장 동향

1. 정책 동향

미국은 2000년 전력대란, 2001년 대규모 정전사

〈표 1〉 미국의 스마트 그리드 주요 프로그램 및 법안

Grid 2030	2003년 7월에 수립한 21세기 전력시스템에 대한 최초의 국가 비전으로 차세대 송전, 초전도체, 전력저장, 분산시스템 등을 미래 기술로 선정하고 단계별로 국가적 통합 스마트 그리드 구축을 위한 계획 수립
인텔리그리드 (IntelliGrid)	미국의 스마트 그리드를 대표하는 프로젝트로 2003년 DoE의 지원 아래 EPRI에 의해 시작되었으며, EPRI를 중심으로 세계의 수많은 전력 회사, 연구소 및 대학 등이 참여하여 과제 수행
EPACT05	Smart Metering 시스템 구축을 권고하여 주 정부법제화를 요청하였으며, 이에 미국 연방 및 주정부, 연구기관이 참여한 다수의 AMI 관련 연구 프로젝트 수행
EISA07	스마트 그리드를 위한 연구, 개발, 예시 프로그램 등을 조목별로 성문화한 법률

태 및 2003년 중동부지역 정전사태 경험을 통해 <표 1>과 같이 EPACT05와 EISA07 법안 등을 마련하여 산·학·연·관이 참여한 다양한 프로그램을 추진하고 있다. 특히, 오바마 행정부가 들어서면서 녹색뉴딜정책 차원에서 재정 지원, 기술 유치, 표준안 마련 등의 다양한 지원책을 강구하고 있다[2],[3].

유럽은 2030년까지 스마트 그리드 분야에 1 trillion 유로를 투자할 계획으로, EU 차원에서 신재생에너지 중심의 분산형 전원의 보급 확대, 환경 보전, 태양광 에너지 보급, EU 국가 간 전력 거래에 초점을 두고 스마트 그리드 프로젝트를 추진하고 있다. 특히, 범 유럽 연구개발 프로그램(Framework Program 7)을 통해 에너지 집약, 에너지 디자인, 에너지 소비 관련 IT 기반 에너지 효율화 과제를 적극 추진하고 있으며, 2020년까지 에너지효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 전체 에너지의 20%를 재생에너지로 대체하는 Triple Twenty 전략을 수행중에 있다[3],[4].

일본 경제산업성은 2007년 12월 Cool Earth 정책 수립을 시작으로, 2008년 3월 2050년까지 온실가스 배출량을 반감시키기 위한 ‘Cool Earth-에너지 혁신 기술 계획’을 발표하였고, 이를 통해 ITS, 고효율 IT 기기 및 네트워크, HEMS/BEMS 및 지역 EMS, 이산화탄소 회수 및 저장 등의 에너지 관리기술을 핵심기술로 IT 분야를 비롯한 21개 분야의 주요 에너지 혁신 기술 개발을 수행하고 있으며, 국가

차원의 신 전력 네트워크 시험·시범 단지(약 10개 사이트)를 구축하여 분산전원 통합 실증 시험을 추진하고 있다[3],[4].

한편, 국내에서도 이미 2005년부터 발전, 송배전, 사용자 등 전력 네트워크를 지능화하기 위한 10대 국책과제를 선정하고, 이에 대한 기술 개발을 진행하고 있다. 특히, 2009년 2월 대통령 주재의 녹색성장위원회 1차 보고에서 “세계 최초 국가 단위의 지능형 전력망 구축”에 대한 국가 비전이 발표되고, 우리나라가 기후변화주요국회의(MEF)에서 이탈리아와 함께 스마트 그리드 선도국가로 지정됨에 따라 이를 달성하기 위해 에너지·환경문제 대응, 차세대 성장동력화, 저탄소 생활화를 주요 과제로 추진하면서 국제적인 차원에서 공동으로 수행할 수 있는 상세 로드맵을 수립중에 있다[3]-[5].

또한 개발된 기술의 상용화 및 산업화 촉진을 위해 실증 시스템을 구축하여 검증 및 평가체계를 구축하는 지능형 전력망 시범 단지 사업을 추진하고 있다. 2009년 7월 제주도 구좌읍으로 시범 단지가 결정되었고, 송·변전 시설, 분산 전원 장치, 전기자동차 충전 시설 및 AMI 등에 대한 기술실증이 완료되는 대로 2011년부터 시범도시를 중심으로 대규모로 보급할 계획이다[3].

2. 시장 현황 및 전망

전세계적인 관심이 집중되는 차세대 성장동력인 스마트 그리드의 시장 예측을 위해서는 우선 세계 인구 증가와 이에 따른 전력설비 시장에 대한 예측이 필요하다. 세계 인구는 2000년 61억 명에서 2030년 81억 명으로 약 20억 명의 증가를 예상하고 있다. 이를 바탕으로 현재의 전력 수요 제외 계층과 신규 인구에 의한 새로운 전력 서비스 고객을 감안하여 추정해보면 2030년까지 증가는 23억 명이 될 것으로 예상하고 있다. 또한, 전력 환경 변화로 인한 전력 수요는 2004년 14,000TWh에서 2030년 28,000TWh로 두 배가 될 것으로 예상된다. 이러한 전력 수요의 증가에 따라 WEO는 2030

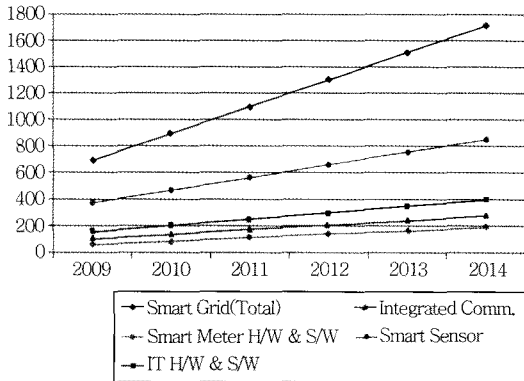
년까지 전력부분의 신규 투자 규모는 약 11.3조 달러에 달할 것으로 예상하고 있으며, 국제에너지기구(IEA)에 따르면 이 중 스마트 그리드 관련 세계 시장규모는 2030년 최소 3조 달러 수준에 달할 것이라고 발표하였다[6].

스마트 그리드 시장의 규모와 예측 방법에 있어서는 각 기관별로 약간씩 상이하나 전력분야 전문 시장조사기관인 SBI 최근 보고서에 따르면, 스마트 그리드 시장은 크게 통합 커뮤니케이션, 스마트 미터 하드웨어 및 소프트웨어, 스마트 센서/디바이스, 그리고 IT 하드웨어 및 소프트웨어로 구분할 수 있으며(그림 3) 참조, 전체 시장규모는 2009년 전체 693억 달러에서 2014년 1,714억 달러로 연평균 약 16%로 성장할 것으로 예상된다[7].

물론 SBI에서 분류한 4개의 영역 모두 IT 기술과 직·간접적인 연관이 있으나, 그 중에서도 가장 관련이 깊은 통합 커뮤니케이션과 IT 하드웨어 및 소프트웨어 분야만 보더라도 전체의 약 38%를 차지하는 수준으로, 스마트 그리드 시장에서 IT의 역할이 얼마나 중요한가를 알 수 있다.

한편 정부는 2009년 6월 지식경제부의 한국형 스마트 그리드 비전 발표에서 세계 최초로 국가단위 스마트 그리드를 구축하겠다고 밝혔다. 이를 통해 2030년까지 약 68조 원 규모의 스마트 그리드 관련 내수시장을 창출하고, 50만 개의 신규 일자리가 창출될 것으로 기대하고 있다[8].

(단위: 억 달러)



(그림 3) 스마트 그리드 기술의 세계 시장규모

IV. 스마트 그리드 기술

스마트 그리드 분야는 전력과 IT 기술을 융합하여 다양한 서비스를 가능하게 하는 AMI 시스템은 물론이고, 발전, 송전 및 배전망의 전력계통 고도화, 신재생 에너지의 활용, 전기자동차 등 에너지 및 환경 관련하여 이슈가 되고 있는 기술들 중 전기와 관련된 모든 것에 직간접적으로 관계를 맺고 있다.

• 스마트 계통 운영 기술

컴퓨터나 통신 기술을 활용하여 현장에 직접 가지 않고도 원거리에서 산재되어 있는 배전선로용 개폐기를 조작하고, 고장구간을 자동 색출할 수 있는 전력설비 원격제어 시스템으로 정전구간 및 정전시간을 최소화시키는 효과를 보인다.

관련하여 전력설비 자동화시스템은 전력을 생산·수송·공급하는 대상설비에 따라 급전종합자동화설비(EMS), 원방감시제어설비(SCADA), 배전자동화시스템(DAS)으로 계층구조를 형성한다.

- 급전종합자동화설비(EMS): 발·변전소를 포함한 전 전력계통을 관장하는 컴퓨터 시스템으로 하위에 SCADA 시스템으로부터 정보를 취득
- 원방감시제어설비(SCADA): 발전소를 제외한 송·변전설비를 관장하는 컴퓨터시스템으로 관리처 단위로 설비를 운용
- 배전자동화시스템(DAS): 광범위하게 산재되어 있는 배전설비를 컴퓨터시스템을 이용하여 배전사령실에서 집중 원격 감시·제어하고 선로 고장구간 및 최적 계통전환 등 배전계통 운용업무를 현대화하는 설비

공급측에 중점을 둔 전력산업 구조를 고객중심의 서비스로 전환시키기 위한 스마트 계통 운영 기술은 고도화된 통신 및 제어 기술을 수단으로 모든 종류의 발전기, 즉 녹색에너지원과 분산전원을 간선망의 장벽 없이 연계시키는 기술로서 표준화와 모듈화를 사용하여 전력 제공 사슬 전반에 걸쳐 비용을 낮추고 발전과 수요 측면 사용자를 위해 보다 빠르고 단순한 연결을 보장하는 수요와 분산 발전(DG)의 전

력 네트워크 연결을 위한, “플러그 & 플레이” 인터페이스 모듈 세트에 대한 기술을 개발하는 것으로 관련 모듈은 환경 친화적이며 개별 수요에 대한 고도의 맞춤이 가능해진다. 표준화, 모듈화, 프로그램화가 가능한 가능성을 통한 규모의 경제가 가능하여 비용 절감과 보다 확장 가능한 계통으로 이어진다.

• AMI 기술

기존 원격검침(AMR) 보다 기능이 향상된 개념으로, 아래와 같이 지능형 전력량계, 소비자 수요반응 기기, 지능형 전력정보 관리시스템, 지능형 전력서비스 네트워크 등 다음의 4가지 기술로 구성된다.

- 지능형 전력량계(스마트 미터): 양방향 통신을 지원하고, 사용자에게 전력사용 정보를 제공, 수요반응을 통한 에너지 효율향상을 촉진
- 소비자 수요반응기기(수요반응): 빌딩, 홈 등과 같은 소비자의 에너지사용량, 요금제도, 예상요금 등 에너지에 대한 다양한 정보를 인지하고, 자발적으로 에너지절감 프로그램에 동참할 수 있도록 의사결정을 돕는 제품
- 지능형 전력정보관리시스템(MDMS): 수요 측의 대용량 전력자원을 통합관리하고, 이의 효율적인 운영·배분과 함께 신속하고 직관적인 그린 에너지 정책결정을 지원
- 지능형 전력서비스 네트워크(SUN): 전력회사의 상위시스템과 전력량계, 고객을 연계하는 역할을 수행하며, 앞으로 스마트 그리드로 전력계통이 진화할 경우 AMI 구성요소를 포함해 스마트 그리드의 통신망으로 활용할 수 있는 스마트 전력통신 기술

• 수요반응 기술

부하를 줄이고 에너지 사용비용을 줄이기 위한 수요반응은 전통적으로 전력회사가 건물관리자에게 전화로 알려줌으로써 전기 부하를 줄이도록 하는 방법을 이용하여 왔다. 최근에는 수요측 에너지 관리(DSEM), 자동화된 오류검출과 진단(AFDD), 더 나아가 건물 시스템 확장과 voice, video, data, light-

ing, HVAC, IAQ, DG, metering, access control, UPS management 등의 IT 기술의 통합을 포함하여 다음 단계로의 발전이 가능하다.

• 사용자 영역 네트워크 기술

AMI 기술과 수요반응 기술은 사용자 영역에서의 기기 상태 관리 및 제어로써 완성된다. 사용자 영역에서 스마트 미터는 스마트 그리드 최종단의 사용자의 에너지 관리 프로그램뿐만 아니라 사용자 영역 네트워크에서의 기기의 상태 관리 및 제어와 연계하는 게이트웨이 역할도 수행하게 된다. 일반 가정 영역에서는 전력회사가 소유한 스마트 미터와 같은 장비들은 물론 가전기기 제조회사나 사용자가 직접 구입한 다양한 스마트 그리드 장치들이 어울려서 동작한다.

• 신재생 에너지 연계 및 충전 기술

플러그인 하이브리드 전기자동차(PHEV)는 석유 이후의 대체에너지를 이용한 운송수단으로 기대를 받고 있으며, 전기를 사용한다는 점에서 스마트 그리드와도 관련을 맺고 있다. 외부의 전기 소스를 이용하여 배터리를 충전할 수 있으며, 일반 하이브리드 자동차에 비하여 용량이 큰 배터리를 차량의 화물칸에 탑재하게 된다. 차량에 있는 코드를 콘센트에 꽂아 두면 간단하게 탑재된 대용량 배터리를 재충전할 수 있으므로 스마트 그리드에서 필요 시에 전력 공급 장치로 사용될 수 있다는 것이다. 차후 집전 지점(collection points) 가설 장소와 방식에 관한 규명 및 배터리를 충전하는 것만큼이나 간단하게 배터리로부터 전기를 빼낼 수 있는 방식 등에 대한 연구가 필요할 것으로 예상된다.

• 보안 기술

현재까지 전력망은 폐쇄형, 단독망 운영관리로 보안이 크게 문제되지 않았지만, IT가 결합됨에 따라 정보통신 네트워크 기기에서 발생하고 있는 보안 문제가 나타날 수 있는 우려가 높다. 고객의 프라이버시 노출, 정보 도용, 사용요금 조작은 물론, 전력 시스템의 마비까지 기존 전력망에서 나타나지 않았

던 새로운 위협의 가능성이 도사리고 있다. 따라서, 스마트 그리드 전반적으로 새로운 국면의 기술적인 보안 대책이 마련되어야 함은 물론, 스마트 그리드 구축과정으로부터 밀착성 있게 구현되어야 한다.

V. 기술개발 동향

1. 국내의 기술

스마트 그리드 분야의 기술을 주도하고 있는 국가는 미국이다. 대통령의 지원 아래에 많은 재원을 투입하여 국가 차원에서 지원하고 있다. 그 외에는 EU 및 일본, 호주에서도 기술 개발에 활발한 움직임을 보이고 있다.

• 미국

미국의 전력 네트워크는 100년 이상 지속되었으며, 100만 메가와트 이상의 전기를 발전할 수 있는 시설을 보유하고 있다. 그러나, 2000년 시카고 상품거래소(Chicago Board of Trade)에서 한 시간 동안의 정전으로 인한 20조 달러 상당의 거래 지연,

2003년 북동부 지역의 정전은 60억 달러 상당의 경제적 손실과 같이 시설의 노후화로 인해 큰 정전이 발생하고, 소비자들이 많은 피해를 입었다. 피크 수요 증가 대비, 전력품질은 이를 따라가지 못하고 있다. 이에 대한 대응수단을 확보한다는 관점에서 스마트 그리드라는 새로운 기술 개발에 착수하고 관련 기술을 선점하려고 노력하고 있으며, 성장 동력 추진을 위한 수단으로 첫번째 고려 대상으로 보고 미국 에너지부(DoE) 주관으로 Grid 2030과 같은 정책적인 비전 발표를 하였다.

이와 더불어 각 주의 에너지 규제기관은 그 동안 자기 주의 문제만 고려하던 스마트 그리드 추진에서 벗어나 연방에너지규제위원회(FERC)와 협력 관계를 유지하고 있으며 스마트 그리드 관련 투자 조기 상각제도, dynamic pricing, 소비자에 의한 송전망 전기 재판매 허용 등 규제를 정비하고 있다. 미국의 주요 산업체에서의 스마트 그리드 관련 추진 동향을 <표 2>에 기술하고 있다.

이에 부합하여 전력중앙연구소(EPRI), Modern Grid Initiative, GridWise 등 10여 개 이상의 기관에서 전력 시스템의 지능화 및 선진화에 대해서 연

<표 2> 미국 주요산업체 스마트 그리드 추진 동향

미국전력 연구소 (EPRI)	2001년부터 전력과 IT를 결합한 스마트 전력망인 인텔리 그리드(IntelliGrid) 구축사업 추진 - 아키텍처, 컨슈머 포털, DER/ADA, FSM 등 크게 네 가지 영역으로 나뉘어 연구 진행중 - 스마트 미터기, 가전제품에 들어갈 스마트 칩, 전력저장기술, 연료전지, 고온 초전도체 등도 활발히 연구 개발
Intel, Google, Dell, MS, NEC 컨소시엄	- 전력절약기술 개발 및 IT 활용의 환경부하 감소 연구를 위해 CSIC 프로젝트 사업 추진 - 스마트 그리드와 관련된 전력반도체 지속적인 투자 - GE와 협력하여 IEEE 2030 스마트 그리드 표준화 추진에 주도적 참여 - 스마트 그리드 상호운용성 및 Knowledge Framework에 대한 표준화 추진
Itron	- 미국, 캘리포니아 지역 전력공급자인 Southern California Edison(SCE)과 2012년까지 4백만 개의 양방향 무선 통신 Smart Meter 공급 계약 체결 - SCE는 고객의 수요반응(DR), 전기수송(Electric-Transportation) 및 스마트 그리드 기술을 실현시키기 위한 Edison SmartConnect 프로그램 추진 - 2009년 7월 남아프리카의 케이프타운에 온라인 전기 선지급 매매 시스템 설치 - 벨기에 지역의 전기 및 가스 공급자인 EANDIS와 2009년부터 3년간 가스 스마트 미터 공급 계약 체결 - 2009년 영국에서 고객 중심의 인터넷 기반 에너지 관리 및 지불 솔루션인 EnergyPOINT.net 제품 출시
IBM	- Project Big Green 전략 발표, 친환경 및 에너지 절감 정책을 구체화 - 서버 가상화, 에너지와 시스템 관리의 통합, 소프트웨어 측면에서의 전력 관리 등을 적용시켜 전력 절감 및 자원 효율화 도모 - 북미, 유럽, 아시아의 유틸리티 회사들과 협력하여 지능형 전력망 분야 기술 개발 주도적 추진 - Edison Project 컨소시엄에 가입함으로써 지능형 전력망 분야 기술 개발 구체화 - 미국 에너지부(DoE) 등과 공동으로 스마트 그리드 시범사업인 "Olympic Peninsula Project"를 시행해서 25% 정도의 전력량 절감효과 확인 - 미국 그리드와이즈협회 주도(구이도 바텔스, IBM 글로벌에너지부문 사장) - 지경부장관 임석 하에 한국스마트그리드협회와 MOU 체결

구를 진행중에 있다. 그 중에서도 전력중앙연구소(EPR)에 의해 시작된 인텔리그리드(IntelliGrid)는 가장 대표적인 스마트 그리드 연구 프로젝트이다. 2003년 DoE의 지원으로 시작한 이래 세계적으로 많은 수의 전력회사, 연구소 및 대학들이 참여하고 있으며, 아키텍처, 컨슈머 포털, DER/ADA, FSM 등 크게 네 가지 영역으로 나누어 연구를 진행중이다. 제품별로는 스마트 미터기, 스마트 가전제품용 칩, 전력저장기술, 연료전지 및 고온 초전도체 등에 대해서 연구를 수행중이다.

전력회사로서는 남가주 에디슨(Southern California Edison)사가 16억 달러 정도의 재원을 마련하여 스마트 그리드 프로그램에 투자중이다. 2007년에는 아이트론 사의 스마트 미터기 6,550개로 필드 시험을 마쳤으며, 2009년부터 주택 및 소규모 상업용 소비자를 대상으로 530만 개의 스마트 미터기를 설치할 예정이다. 부하 제어(load control) 서비스도 2009년을 시작으로 본격적으로 서비스할 계획이다. 향후 PHEV와의 전력망 연계를 고려한 기술도 개발중에 있다. 오스틴 에너지(Austin Energy)사는 2008년에 13만 여 대의 스마트 미터기와 7만 여 대의 스마트 써모스탯(Thermostat)을 필드에 설치하였으며 2009년에는 이를 각각 27만 여 대와 7만 여 대를 추가로 더 설치할 예정이다. 송배전망의 감시를 위해서도 1만 여 대의 전력망 감시기도 설치 계획중이다. 온코(Oncor)사는 2008년 8월에 정부로부터 첨단계량시스템 사업의 승인을 얻었고, 2012년까지 3백만 개의 스마트 미터기를 설치할 계획이며, 첨단계량시스템 도입으로 얻어지는 경제적 효과를 소비자에게 다시 돌려주기 위한 프로그램 및 규정을 도입 계획중이다. 그리고 세계 최대 규모의 전압보상장치(static var compensator)를 설치하여 전력 네트워크의 용량 및 품질을 한 단계 개선할 계획이다.

• EU

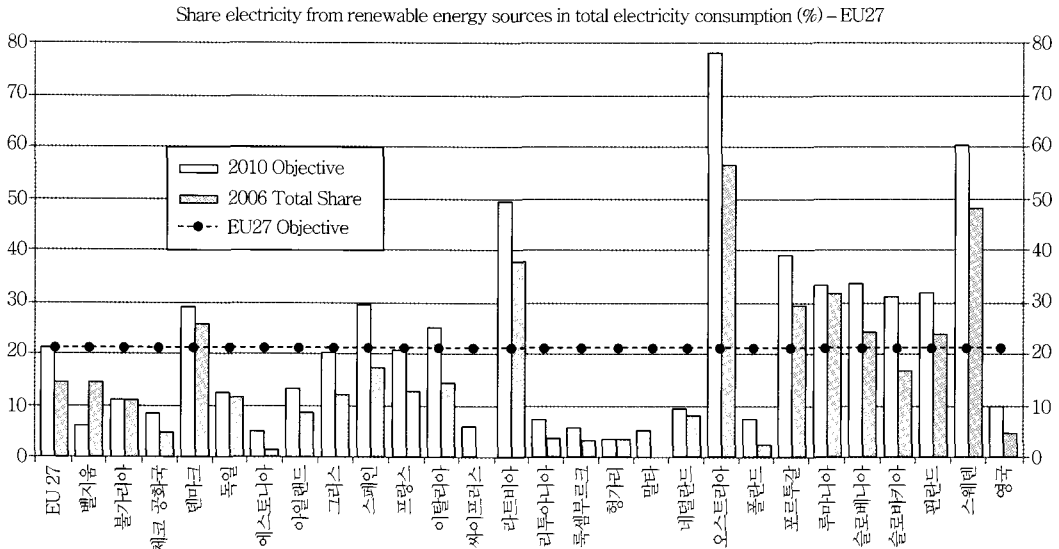
EU는 국가간 경계를 넘어선 지능형 전력망 프로젝트를 추진하고 있고, 풍력 등의 신재생 에너지의

확산에 적극적이며, EU 국가들간 신재생에너지 중심의 분산형 전원의 보급 확대, 환경, 보전, 국가간 전력 거래에 초점을 맞추고 있다. 현재 유럽의 스마트 계량기 보급 수준은 전체 가정 대비 6% 수준이고, 2012년까지 25~40% 정도 보급될 것으로 보고 있으며, 온실가스 감축과 에너지 보존 목표 달성을 위해 보다 태양에너지 친화적인 정책을 추진하고, EU 회원국의 온실가스 배출량을 2020년까지 1990년 대비 20% 감축을 목표로 점진적으로 2030년까지 지능형 전력 네트워크 분야에 투자할 계획에 있다.

EU 국가들의 에너지 소비는 2006년 통계로는 전 세계 총 에너지 소비 국가 중에서 미국과 중국 다음으로 15.5%의 비중을 차지하고 있으며, 그 중에서 재생에너지 비중은 7.1%에 이를 정도로 크다. 2010년까지 총 전기소비 중에서 재생에너지원에 의한 전기 비율이 21%에 이르게 될 것으로 추정한다.

2005년 스마트 계획을 발표하고 스마트 그리드 구축 전략을 고도화 하였으며, 스마트 그리드 전략을 위하여 5개의 연구부문과 19개의 세부과제를 설정하였는데, 주요 연구과제로는 스마트 배전망 구축, 효율적인 장거리 에너지 공급, 송-배전 자산관리, 지속적인 운영과 전력공급 관련 미래예측기술의 개발, 고객 인터페이스 기술의 혁신 및 표준화, 규제 개혁방안 등이 있다.

EU의 스마트 그리드 전략은 전통적인 전력 부하에 대한 전력 네트워크 관리 전략일 뿐만 아니라, 수송 및 가전 등 다양한 산업분야에서도 이익을 창출할 것으로 예상하고 있다. 2006년 EU 국가들이 사용하는 총 에너지에서 가전 및 서비스 부문의 소비가 38.7%로 가장 높고, 수송 부문이 31.4%로 다음을 차지하고 있다. 따라서 PHEV 또는 전기자동차의 개발은 에너지 효율을 400%까지 향상시킬 수 있을 것으로 예상하고 있고 스마트 그리드 기술의 도입은 잠재적으로 큰 이익을 가지고 있을 것으로 본다. 범 유럽 연구개발 프로그램(FP7)에서 IT 기반 에너지 효율화 과제를 포함하여 적극 추진하여 2013년까지 110만 가구에 AMI 서비스를 적용할 것으로 전망하고 있다. 또한, Triple Twenty 전략



<자료>: Euro Stat, Dec. 2008.

(그림 4) EU 가입국들의 전기소비 중에서 재생에너지원에 의한 전기 비율[9]

에서는 2020년까지 에너지효율을 20% 제고하고, 온실가스를 20% 감축하고, (그림 4)와 같이 전체 에너지의 20%를 재생에너지로 대체하는 것을 목표로 삼고 있다.

핀란드에서는 2008년 Landis+ Gry사(세계 최대의 전기 측정회사)가 약 150,000가구를 위한 스마트 미터 기술을 배치할 수 있는 설비회사들과의 계약을 완료하였고, 정부 차원에서 규제정책으로 설비업체들이 2013년 말까지 핀란드 가정의 80%까지 스마트 계량기를 설치한다고 규정하였다.

영국에서는 정부차원에서 2020년까지 총 70억 파운드를 투입해 스마트 계량기(AMI) 보급을 대폭 확대한다는 계획을 세웠고, 독일에서는 남부지역에서 MEREGIO로 알려진 지능형 전력망 프로젝트를 시범 운영중에 있으며, 이탈리아에서는 전력회사인 ENEL이 2001년부터 시작하여 약 2,700만 가구에 스마트 미터의 교체 작업을 완료하였다. 그리스의 Larissa 지역에서는 전력선 통신과 무선랜을 결합한 가입자 망을 통해 변압기 감시, 원격 water pump 제어 및 인터넷 서비스 등을 제공하고 있다. 프랑스의 Poitiers 지역에서는 전력선통신과 무선랜을 결합한 가입자 망을 통해 빌딩 에너지관리 서비스와 인터넷

서비스 등을 제공하고 있다. 네덜란드의 수도 암스테르담에서는 지능형 전력망 인프라와 같은 전력과 정보통신이 광범위하게 결합한 기능을 적극적으로 활용함으로써 에너지 효율 정책을 추진하고 있으며, 인공성을 조성하여 조력, 태양광, 연료전지를 기반으로 하는 스마트 시티 건설 계획을 세웠다.

• 일본

경제 산업성에서 2050년까지 온실가스 감축 50% 달성을 목표로 ITS, 고효율 IT 기기 및 망, HEMS/BEMS 및 지역 EMS 등의 에너지 관리기술과 같은 21개의 핵심 기술을 선정하고, 2007년 12월부터 Cool Earth-21이라는 이름으로 에너지 혁신 기술의 개발을 추진하고 있다. 뿐만 아니라, 2차 전지 개발을 위하여 샤프는 간사이전력과 함께 2010년 사카시에 시범 단지를 조성하고, 도쿄전력과 히타치는 도쿄 공업대와 함께 관련 기술을 공동으로 개발하고 있다. 일본 전력중앙연구소에서는 전력의 안정공급, 재생가능 에너지의 원활한 도입과 활용, 수요측과 일체화된 에너지절약 및 에너지 유효 이용을 실현하기 위하여 지적(intelligent), 상호영향적(interactive), 통합적(integrated)의 뜻을 가지는 TIPS(Triple "I" Power Systems)를 제안하여 추진중에 있다.

추부전력, 도요타 모터, NTT, 일본 NGK, 미쓰비시 중공업, 교세라와 아이치현에 의해 추진되고 있는 아이치 프로젝트는 태양광 발전과 충·방전이 가능한 2차 전지, 연료전지를 조합하여 전체 출력을 제어한다. 특히 사항은 미래 순환형 사회구현의 일환으로 레스토랑의 음식물 쓰레기에서 생성된 메탄 발효가스와 전시회장 건설시 벌채한 목재 등을 고온으로 가스화한 것을 각각 연료로서 연료 전지에 공급한다. 그리고, 플랜트 발전은 계통 전력과 6.6kV의 한 점에서 결합되는 마이크로 그리드를 구성하여 전력의 수요와 공급이 컴퓨터에 의해 최적의 상태로 제어된다.

일본 신에너지·산업기술 종합개발기구(NEDO)에서 수행하는 하치노헤 프로젝트는 하치노헤, 아이치, 교토에 실증 단지를 마련하여 하치노헤시, 미즈비시 연구소, 미즈비시 전기와 공동 사업을 진행중으로 태양광과 풍력, 바이오매스 등 다양한 신에너지들을 IT 기반으로 제어하여 가정에 전력을 공급하는 소규모 분산형 전원 네트워크(마이크로 그리드)를 구성한다. 이는 총 길이가 5.4km, 6.6kV 육상 분산 전산을 이용하여 6명의 사용자에게 공급되며 광섬유 IP 네트워크를 통해 모니터링과 시스템을 제어한다.

2. 국내 현황

국내에서는 미국 등 해외 선진국가들 보다는 늦었지만 정부의 녹색성장 정책과 맞물려 최근 빠른 속도로 진척되고 있다. 국토가 작은 것을 이점으로 2030년까지 전 국토에 걸쳐 지능형 전력 네트워크가 도입되는 세계 최초 국가단위의 지능형 전력 네

트워크 구축을 목표로 하고 있다. 녹색성장위원회의 로드맵을 요약하면 (그림 5)와 같고 2030년까지 녹색/품질요금제를 통해 에너지사용량 15% 감소를 목표로 한다[10].

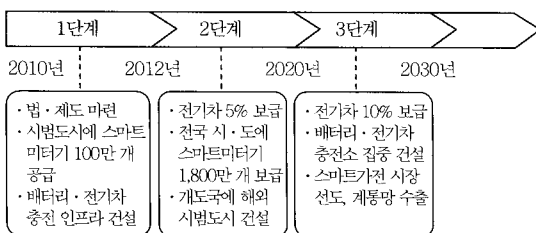
한국전력은 2009년 8월 중으로 제주시에 스마트 그리드 시범단지 조성을 시작하였다. 시범단지에는 풍력/태양광으로 생산된 전기의 송배전 시설, 분산 전원장치(배터리), 전기자동차 충전소, AMI 시스템 등 스마트 그리드 관련한 많은 기술들이 도입될 계획이다. 대략 3천 가구를 대상으로 2012년까지 내구성과 안전성을 검증할 계획이다.

그 외에는 국책과제 중에 녹색 전력 IT 10대 과제에 한전 KDN, LS 산전, 현대중공업, 효성 등의 기업체와 더불어 전력거래소, 전기연구원, 전력연구원, 한국전력 등의 공기업 및 연구소들도 참여하고 있다. 10대 과제는 전력의 송배전망 개선, 상태 감시 및 관리 등의 시스템 기술 등이 포함되어 있다.

연구개발의 효율성을 높이기 위해서 국내에서는 단체들 간의 협력도 활발하다. 한국스마트그리드협회(KSGA)가 설립되어 회원사들 간의 협력 및 정보와의 정책 협조를 이끌어낼 계획이다. 현재 19개사가 가입을 하였으며 2010년에 100개 회원사를 확보할 계획이다. 국외 협력도 계획중인데, 90여개 회원사를 확보하고 있는 미국의 GridWise Alliance와 협력양해각서 체결 및 공동투자포럼 개최를 추진중이다. 전력분야 3대 연구기관인 한전 전력연구원, 한국전기연구원, 기초전력연구원들도 각각 응용 기술개발, 기반기술개발 및 시험 인증, 기초연구 및 인력양상으로 역할을 분담하여 협력한다는 계획을 얼마전 발표하였다.

정부는 차세대 전력기술과 IT 기술의 융합을 위한 전력 IT 프로젝트로서 전력 IT 기술에 대한 민·관 공동기술개발을 통해 2005년부터 2012년까지 2,547억 원 규모의 10대 과제를 개발중에 있다. 전력 IT 1단계 지능형 전력 네트워크 개발기술의 상용화를 추진하고 수출산업화를 위한 지능형 전력 네트워크 통합실증단지(test bed)를 구축중이고, 스마트 계량기 보급계획을 발표하면서, 2009년 8,000대 시

스마트 그리드 관련 정부의 실천계획(단위: 달러)



(그림 5) 녹색성장위원회의 스마트 그리드 로드맵

범 보급, 2011년 상용화를 목표로 기술 개발을 진행 중으로 시범 도시 선정을 준비하고 있다.

VI. 표준화 동향

스마트 그리드의 표준화는 아직 초기 진행 상태이다. 북미와 유럽은 독자적으로 스마트 그리드에 대한 상호 운용성 표준을 추진하고 있다. 미국은 EPRI와 NIST를 중심으로 스마트 그리드의 상호운용성 표준화를 주도하고 있으며, 유럽은 'European Technology Platform, Smart Grids'를 중심으로 표준화를 진행하고 있다.

<표 3>에서와 같이 스마트 그리드의 전력관리 기술 분야는 IEC와 IEEE, ISO, OpenAMI에서, 전력망 보안기술은 IEEE, NERC, IEC, NIST에서, 국내에서 스마트 그리드의 전력기술 분야에서의 국제표준은 IEC를 중심으로 진행되고 있으며, 많은 부분이 기존 전력망 표준규격의 준용이 예측된다. 국내표준에서도 전력분야에 있어 IEC 표준을 적용하고 있다.

스마트 그리드의 전력기술 분야의 표준화 대상 요소는 사용자, 시장, 서비스 사업자, 계통 운영, 발전, 송·변전 및 배전이다.

스마트 그리드의 IT 분야 국제표준은 ISO, ITU를 중심으로 진행되어 왔으며, IT 기술의 스마트 그리드 적용을 위한 표준화 노력은 ZigBee Alliance,

HomePlug, IEEE 등 포럼 및 컨소시엄을 중심으로 표준화가 진행되고 있다. 미국은 정부차원에서 스마트 그리드 표준 프레임워크를 고안중이며, EPRI와 NIST가 협력 상호운용성 표준 진행중이며, 개발된 상호운용성 표준 및 프레임워크를 FERC에서 기술개발에 적용토록 규정을 제정하였다. 정책관련은 TTA와 기술표준원에서 추진하고 있다.

2009년 4월 프랑스 파리에서 미국, 일본, 중국, 한국 등 13개국 전문가가 참석하여 IEC의 스마트 그리드 상호운용성 표준을 위한 로드맵 작성 회의를 하였고, 2009년 9월에는 미국 에너지부(DoE)의 주관으로 차기회의가 개최될 예정이며, 스마트 미국 에너지부 그리드 글로벌 표준 개발 협력을 위한 지침서를 개발 예정이다.

IT 분야에서의 국내표준화는 전력 IT 표준화 포럼을 설립하여 전력 IT R&D 과제 참여연구자들 위주로 'R&D와 표준의 동시 추진'에 역점을 두고 추진하고 있으며, 기술표준원 및 TTA를 중심으로 표준전문가 그룹을 중심으로 표준화가 추진되고 있다.

전력 IT 표준화 포럼의 표준화 추진 결과로 IEC 규격의 KS 부합화를 완료(30종)했거나 부합화를 추진(18종)중이며, IEC 관련 국제표준화 서울총회 및 WG 회의를 국내에서 개최하여 단체표준(15종)을 개발하였다.

기술표준원은 우선 가이드 및 세부 지침을 포함한

<표 3> 분야별 표준화 추진 동향

기술분야	표준내용	표준화 단체
지능형 전력관리 기술	택내 지능형 전력관리프레임워크, 시스템, 장치, 전력 제어/관리 프로토콜	IEC/ISO
	Smart Utility Network PHY & MAC 기술	IEEE 802.15.4g/e
	Mesh Routing 기술	IEEE 802.15.5
	스마트 그리드 인프라를 위한 Wibro 기술	IEEE 802.16
	스마트 그리드와 마이크로 그리드 연동	ISO/IEC
지능형 전력망 보안기술	지능형 에너지 관리 시스템과 전력 소비량수집네트워크간 인터페이스	OpenAMI, IEEE
	스마트 그리드 기기/시스템의 상호호환	IEC TC57
	스마트 그리드 기기/시스템 보안	IEEE 1686-2007, UCAIug AMI-SEC SSR
	스마트 그리드/인프라 보안	NERC CIP 002-009
	스마트 그리드에서의 데이터 통신보안	IEC 62351
정책	스마트 그리드 개인 정보 보안	NIST SP, NERC CIP
	전력 IT 시스템 자율 관리 정책 전력에너지 사용량 기반 전력절감관리 정책	TTA, 기술표준원

약 1,000여 개에 달하는 규격 중 약 500여 개 규격에 대해 신규 제정을 하거나 기존 규격을 새롭게 개정하는 방안을 추진키로 하고, 풍력, 태양광 등 신재생 에너지를 비롯해 연료전지, 전기자동차 등 스마트 그리드 산업과 연계되는 이종 산업군의 세부 표준 규격안도 병행 마련하며, 셀, 칩, 모듈을 비롯해 가정용 수소연료전지, 전기자동차 등 스마트 그리드와 관계되는 해당 부품과 솔루션의 표준안도 함께 추진하고 있다. 2009년 10월에 '지능형 전력망 표준화 포럼 워크숍'을 추진하여 해외 선진국의 스마트 그리드 기술개발 동향과 표준화 동향을 공유하고, 2009년 11월에 '스마트 그리드 국제 표준화 회의'를 미국에 이어 한국에서 개최하여 지능형 전력망 관련 세부 표준안의 국제 표준 준용 계획을 공식 준비중이며, 2009년 12월에 항목위주의 스마트 그리드 표준화 로드맵 작성 예정으로 긴박하게 돌아가고 있다.

스마트 그리드의 광범위한 분야, 복잡성으로 인하여 현재, 기관 및 국가별 표준화 추진을 진행하고 있으나 앞으로 10년 이상 진화할 것으로 예측하고 있으며, 다양한 스마트 그리드 구축사업이 추진되고 있는 가운데, 스마트 그리드 사업의 이해당사자가 다양하고 기술범위가 복잡하여 상호운용성을 갖는 공통적 표준을 결정하기 위한 협의의 메커니즘 구축이 중요할 것이다.

Ⅶ. 결론

이미 수 년 전부터 반도체 기술과 인터넷 기술 확산으로 상징되던 실리콘밸리의 닷컴들도 에너지 산업과 관련된 와트컴(WattCom)으로 옮겨가고 있다 [11]. 전력망의 지능화라는 비전은 오래 전부터 차근차근 추진되어 왔으나, 최근 들어서는 탄소 배출량 감소, 지구온난화 방지라는 명제에 따라 선진 각국의 정책입안 및 표준화는 더욱 가속화되고 있다. 인류가 인터넷이라는 정보 교환의 인프라를 통하여 다양하고 풍요로운 생활을 영위할 수 있도록 급속히 발전하였듯이 에너지를 위한 인프라 구축을 통한 도약을 눈앞에 두고 있다.

스마트 그리드는 에너지의 효율적 이용, 무정전·고품질 전력서비스 제공, 신재생 분산형 전원의 보급 확대 기반 마련, 에너지-환경문제의 주요 솔루션, 신성장동력 그리고 녹색생활 가속화를 위해 반드시 추진해야 할 과제로 꼽히고 있다. 특히, IT 기술은 스마트 그리드의 자가치유(self-healing), 수요반응(demand-response), 보안(security), 전력품질 보장(power quality), 그리고 전력거래(power trading)를 실현시키는 필수 도구로 자리매김되며, 양방향 유·무선 통합 통신 네트워크, 센서 네트워크, 알고리즘 기반 관리, 프레임워크 소프트웨어, 보안 등의 최신 IT 기술이 전력 네트워크의 지능화를 위한 원동력으로 보여진다.

또한 스마트 그리드 시스템 도입으로 인해 새로이 창출되는 사업영역으로는 수요반응 프로그램, 홈 네트워크 전력관리자, 에너지포털서비스, 에너지효율컨설팅, 통합 검침, 소형 신재생 전원, 소형 전력저장장치, 전기자동차 운영서비스, 탄소 배출권 및 RPS 수익사업 등이 예상된다.

큰 기대를 모으고 있는 스마트 그리드의 비전을 조기에 실현시킬 만한 기술 성숙이 충분하지 않으므로 지속적인 지능형 기술이 에너지 기술과 융합되어야 한다. 스마트 그리드로 향하는 과정의 첫번째 이득은 AMI를 통한 시간대별 실시간 에너지 가격제에 의한 수요 반응을 통하여 가능하다. 그러나, 현재 국내는 용도별 전기요금 체계를 기본으로 전압별-시간대별 요금체계를 추가하고 있으며 주택용에는 누진제를 적용하고 있다. AMI의 핵심요소인 실시간 가격신호 체계 도입을 어렵게 하여 장애요인으로 작용하게 되므로 정책적인 변화가 요구된다. 또한, 전력에 대한 독점체제는 스마트 그리드 시스템 도입에 따라 기대되는 역동적 새로운 시장의 창출에 필요한 신규자본의 유입, 기술 발전 및 일자리 창출 등을 억제하는 우려로 예상된다.

하지만, 한국의 세계 최첨단 정보 통신(IT) 기술은 그 어느 나라보다 앞선 스마트 그리드 구축 기회를 가지고 있다. 스마트 그리드가 실현되면 기반 조성, 핵심 기술 개발 및 신 비즈니스 활성화로 글로벌

경쟁력 확보, 신산업 및 녹색일자리 창출과 저탄소 녹색 사회가 실현되고, 스마트 그리드의 국가 브랜드화로 지속적인 경제성장을 달성할 수 있다.

● 용어해설 ●

에너지 프로슈머(Prosumer): 에너지 생산과 소모, 두 가지를 모두 수행할 수 있는 객체로서, 신재생 에너지를 생산하여 여분을 거래할 수 있는 능력을 가질 수 있다.

스마트 미터(Smart Meter): 스마트 그리드를 구성하는 요소로서 기존의 미터보다 좀 더 상세하게 에너지(전력) 소모량을 측정할 뿐 아니라, 원격 공급 연결-차단, 전력 품질 모니터링, 원격 미터링(AMR) 및 과금에 이르는 통신 수단을 통한 정보 전달 기능 등 기술 융합으로 더욱 지능화된 기능을 수행한다. 신재생 에너지의 생산량을 측정할 수 있으며, 넓게는 가스 및 수도 소비량 측정까지 포함한다.

약어 정리

AFDD	Automated Fault Detection and Diagnostics
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMR	Advanced Meter Reading
BEMS	Building Energy Management System
DAS	Distribution Automation System
DG	Distributed Grid
DoE	Department of Energy
DSEM	Demand Side Energy Management
EISA07	Energy Independence and Security Act of 2007
EMS	Energy Management Systems
EPACT05	Energy Policy Act of 2005
EPRI	Electric Power Research Institute
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
HEMS	Home Energy Management System
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission

MDMS	Meter Data Management System
MEF	Major Economies Forum on Energy and Climate Change
MEREGIO	Minimum Emissions Region
MGI	Modern Grid Initiative
NIST	National Institute of Standards and Technology
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SUN	Smart Energy Network
TWh	Tera-Watt hour
WEO	World Energy Outlook

참고 문헌

- [1] The National Energy Technology Laboratory (NETL), "A Vision for the Smart Grid," 2009.
- [2] 고통수, "녹색성장 구현을 위한 지능형 전력망(Smart Grid) 도입," 산업연구원 Issue Paper 2009-244, 2009. 6.
- [3] 한국전자통신연구원, "지능형 전력망(Smart Grid) 국가브랜드화를 위한 IT 전략 보고서," 2009. 8.
- [4] 전종암 외 4인, "지능형 전력망구축을 위한 스마트에너지 기술," 한국통신학회 2009년도 하계종합학술발표회, IT 기반융합서비스 세션, 2009. 6.
- [5] 전기신문, "스마트 그리드 로드맵 8월 말 초안 윤곽," 2009. 7. 27.
- [6] 전력 IT 분과위원회, "그린에너지 전략로드맵 보고서, 2008. 2.
- [7] SBI, Smart Grid Technologies, Markets, Components and Trends Worldwide, 2009.
- [8] 디지털타임즈, "2030년까지 한국형 스마트 그리드 구축," 2009. 6. 5.
- [9] <http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu> 참조
- [10] 매일경제, 2009. 7. 17.
- [11] 조선일보 "한물간 '닷컴 신화' 자리에 부는 '와트 컴 붐'," 2007. 3. 15.