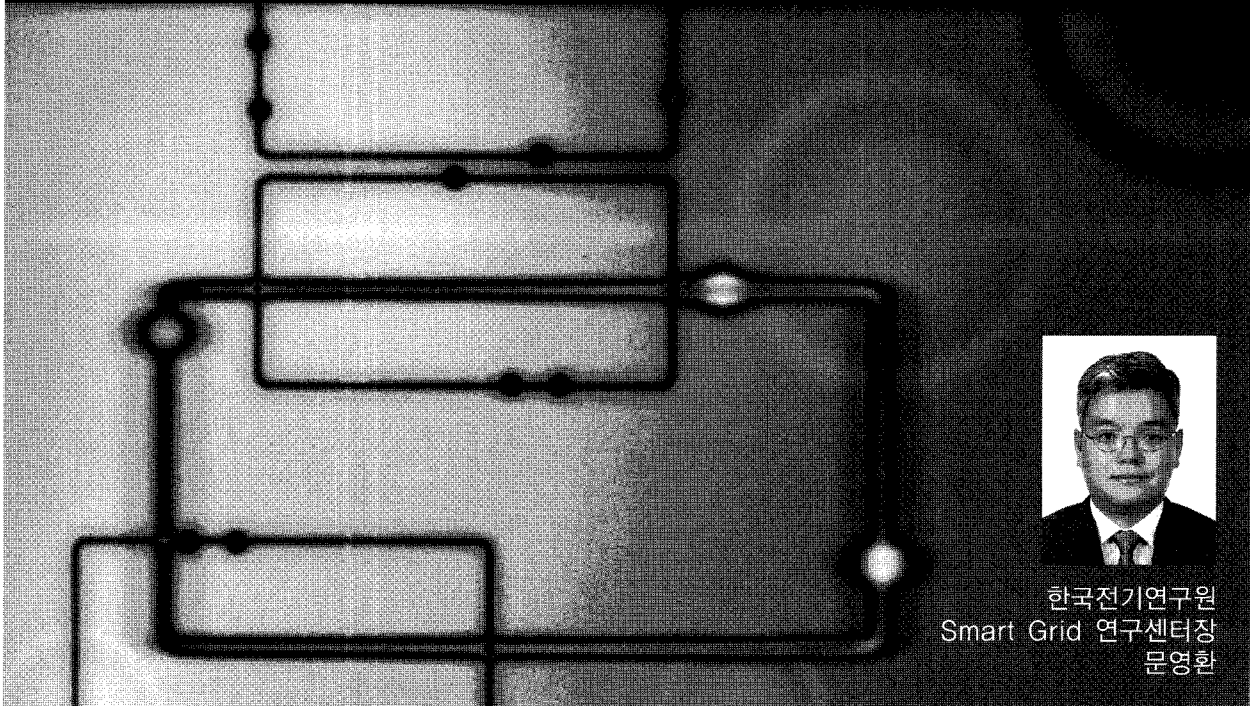


스마트 그리드 기술과 전망 (Smart Grid Technologies and Prospects)



한국전기연구원
Smart Grid 연구센터장
문영환

1. 서 언

전기는 대단한 상품이다. 오늘날 현대사회를 지탱하고 있지만 전기를 만들고 각 가정으로 수송되는 전력계통을 쉽게 주어진 것으로 받아들이고 있다. 수송시스템인 전력망은 그동안 그런대로 잘 운영되어 왔으나 향후 예상되는 큰 변화와 도전을 극복할 수 있을 것인가? 오늘날 대부분 사람들은 발전이 먼 곳에서 집중 생산되는 것으로 생각한다. 그러나 세상은 바뀌고 있다: 발전소는 효율이 더욱 높아지고 탄소배출은 감소되고 새로운 신재생에너지가 점진적으로 증가하고 있으며 통신기술은 눈부시게 발전하고 있다. 또한 전력사업 환경은 시장 자유화와 선택과 경

쟁이 커지고 있는 상황이다. 발전분야는 더 이상 “규모의 경제”에 의한 대규모 중앙발전소를 위주로 운영되지 않게 된다. 이제부터는 효율 높고 깨끗한 중간 또는 소규모 발전이 나타나게 되며 가정에서도 소용량 마이크로 발전기가 사용될 수 있으며 수백만의 가구가 보유한다면 엄청난 효과가 나타날 것이다.

예를 들어 이제 각 가정에서 직접 전기를 생산하고 남은 전기를 전력망에 판다고 가정해보라. 아니면 전기요금의 혜택을 주고 전기사용을 15분 정도 자제해 달라고 하면 수용가는 준비가 되어 있는가? 우리는 집에서 전기자동차를 꽂아서 충전하기도 하고 그 청정 에너지를 다시 필요한 시기에 가정에서 쓰기를 원하고 있다. 미래의 이러

한 모습은 매우 흥미로운 기회이며 이러한 모든 것들이 스마트 그리드로 가능해질 것이다.

흔히 '지능형 전력망' 이라 부르는 스마트 그리드란 전력산업과 통신 그리고 IT 산업이 결합해 안정적이고 고효율의 지능화된 전력망을 구축하는 것이다. 다시 말하면 현대의 정보통신기술(IT)을 활용해 공급자와 사용자가 양방향으로 실시간 정보를 교환, 에너지 효율을 최적화하는 차세대 시스템을 뜻한다. 스마트 그리드는 기존보다 업그레이드된 전력망을 아우르는 큰 개념으로서 에너지 효율성 향상에 의한 에너지 낭비를 줄이고, 신재생 에너지에 바탕을 둔 분산 전원의 활성화를 통해 화석연료에 대한 에너지 의존도를 줄여 온실가스 감소효과를 거두는 것을 목적으로 한다. 스마트그리드는 IT와 유틸리티의 결합인 만큼, IT분야에 우수한 기술을 가진 우리 기업의 진출 성공가능성도 높다고 판단되므로 관련 업계의 지속적인 관심과 기술개발이 필요한 시점이다.

본 기고에서는 최근 주목을 받고 있는 스마트 그리드 기술에 대한 이해를 위하여 2008년 미국 에너지부에서 발표한 스마트 그리드 계획을 중심으로 기술과 미래를 전망하고자 한다.

2. 스마트그리드의 배경

그동안 전력공급은 소위 전력망(Grid)라 부르는 전력 인프라설비에 의해 비교적 성공적으로 높은 신뢰도를 유지하며 운전되어 왔다. 그러나 1980년대 이후 인구 증가와 주거공간의 확장, 대형 TV와 에어컨, 컴퓨터의 증가로 송배전 선로의 용량이 한계에 달하고 있다. 20세기 초반에 설계된 현재의 전력시스템은 21세기 새로운 환경에 적합하지 않으며 그동안 에너지 가격이 비교적 낮아서 에너지 효율, 환경, 소비자 선택 등을 고려할 필요성이 적었다. 예로서 과거 100년 동안 이어온 대규모 네트워크 사업인

전력산업과 통신산업의 상징적인 변화를 비교해보면 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

- 1) 전력산업 : 백열전구, 발전소, 변압기, 모터, 송배전, 계량기, 에어컨
- 2) 통신산업 : 전화기, 교환원, 전자식교환 전화기, 광통신, 무선통신, 인터넷 폰

만일 전화기를 발명한 알렉산더 벨이 21세기에 나타난다면 핸드폰, PDA 등 현대 통신기술을 이해할 수 없을 것이나 초창기 전력망 설계자인 토마스 에디슨이 지금 당장 살아오더라도 현대 전력망을 매우 친숙하게 느낄지도 모를 일이다.



그림 1. 토마스 에디슨과 알렉산더 벨

그러나 현대사회에서 전기에너지가 차지하는 비중이 전체 에너지의 40%에 도달하고 환경보호의 중요성이 강조되는 상황에서 전기에너지 절약과 대정전 방지, 신재생에너지의 활용이 커다란 이슈가 되고 있으며 이는 국가경제 성장과도 연계되어 정책이 수립되고 있다. 효율성 관점에서 미국이 송전망 효율을 5% 개선하면 5300만대의 연료와 차량 배출가스를 절감할 수 있으며 신뢰도 측면에서도 과거 5차례 대규모 정전이 있었는데 이의 재발 방지가 가능한 것이다. 미국 실리콘 밸리의 정전으로 그동안 7500만 달러의 손실이 발생한 바 있으며 2003년 북미 대정전에 의한 사회적 피해는 60억 달러에 달한 것으로 추정된

다. 전력요금의 지속적인 상승과 사이버 안전에 대한 필요성도 증대하게 인식되고 있으며 최근 첨예한 관심이 되고 있는 기후변화에 대처한 신재생 친환경 발전원을 전력망에 안정적으로 연결시키는 기술의 출현은 필연적이라 할 수 있다.

미국 부시행정부는 2007년 말 제정한 ‘에너지 자립과 안전에 관한 법(EISA)’에 스마트 그리드 관련 내용을 명시한바 있다. 그리고 미국 에너지부(DOE)는 최근 경제와 환경 그리고 미래를 위한 동력엔진으로서 스마트 그리드 사업을 대대적으로 추진한다고 발표하였다. 이는 낙후된 미국의 전력공급 인프라구조를 획기적으로 개선하는 사업이라 할 수 있는데 2020년까지 송배전망의 고도화, 전력사용 효율성 개선, 전력공급 신뢰도 향상, 국가경제의 활성화, 합리적인 전기요금, 사이버 안전성, 기후변화와 신재생에너지 보급 확산, 글로벌 경쟁력 확보를 목적으로 하고 있다.

유럽에서도 EU 차원에서 스마트그리드(Smartgrids)라는 프로젝트를 추진하고 있다. EU는 2006년 발표한 ‘스마트그리드 비전과 전략’ 보고서에서 “(전력설비가) 대체로 40년을 초과해 대규모 교체가 필요하다”고 밝혔다. 특히 이 프로젝트는 환경보전과 에너지안정공급에 초점을 맞췄다. 이는 신재생에너지 확산에도 중요한데 신재생에

너지 확산은 대형 발전소, 원전 외 다수 소규모 발전설비 위주의 분산발전 체계를 구축한다는 의미가 크다. 자연력에 의존하는 태양광·풍력 등은 발전량의 변동폭이 크기 때문에 전력망이 사방팔방에서 들어오고 급변하는 전기를 지능적으로 처리해야 하는 것이다.

우리 정부도 최근 우선 세계 최초로 국가 단위의 지능형 전력망(Smart Grid)을 구축하는 계획을 발표하였다. 이를 위해 정부는 연내 스마트 계량기 8000대를 일반에 보급하는 한편 2011년까지 시범도시를 선정 운영기로 한 것이다.

3. 스마트 그리드의 특성과 적용분야

스마트 그리드는 크게 두 가지 레벨로 구분할 수 있다: 하나는 스마트 계량기를 통한 가정 또는 최종 수용가를 위한 선택을 주는 것이고 다른 하나는 대규모 전력을 국가간에 융통시킴으로써 풍력과 태양광 등 청정 에너지의 수송을 원활하게 하고 국가와 국제적인 전력 공급을 강화하는 것이다.

스마트 그리드의 특성을 현재의 전력망과 비교하면 다음과 같다:

특성	현재의 전력망	스마트 그리드
소비자의 참여	전력 소비자에게 정보제공이 없고 참여도 불가능	정보제공에 의한 소비자 참여 가능 - 수요반응 및 분산에너지원
모든 발전원과 저장장치 수용	중앙통제 발전이 대부분 차지 - 분산에너지원 연결에 많은 장애	많은 분산에너지원이 plug-and-play 형식으로 간편하게 전력망 연결
새로운 상품과 서비스, 시장	제한적이고 불완전한 도매시장- 소비자에게 기회 제한	성숙하고 통합된 도매시장과 소비자를 위한 전력시장의 발전
디지털 경제를 위한 전력품질	정전에만 관심 - 전력품질 사안에는 반응이 느림	전력품질은 매우 중요한 품질/가격 선택사항으로서 신속 해결
설비 관리 최적화와 운영 효율향상	운영데이터를 자산관리와 통합 미흡	전력망 관련데이터 수집 확대 - 설비 보호와 소비자 영향 최소화
전력망 고장의 예측과 대응	전력설비의 확대 손상 방지 대책이 위주	전력망 고장 자동 감지 및 대응 - 예방과 소비자 영향 최소화에 중점
자연재해와 사이버 공격 대책	테러와 자연재해에 취약	공격과 자연재해에 대해 강하여 신속한 복구기능 보유

2007년 제정된 미국의 '에너지 자립과 안전에 관한 법(EISA)'에서는 다음과 같은 스마트 그리드의 목적과 적용분야를 명기하고 있다. (그림 2 참조)

- 1) 전력 기반설비의 동특성 변화와 시장경제를 반영한 전력망 운영과 전원의 최적화
- 2) 사이버 보안
- 3) 분산전원과 수요관리자원 및 에너지효율자원의 이용과 통합
- 4) 계량기에 관한 스마트 기술의 적용
- 5) 전력망 운영과 상황에 대한 통신설비
- 6) 배전자동화
- 7) 스마트 가전제품과 그 외 소비자 선택의 통합
- 8) 첨단 전력저장 및 첨단부하 기술의 채용과 통합
- 9) 소비자의 판단을 위한 시기적절한 정보 제공
- 10) 전력망에 연결되는 전기기기와 장비들의 통신과 상호운전을 위한 표준 개발
- 11) 스마트 그리드 기술의 채용과 시범 서비스에 대한 장벽 완화

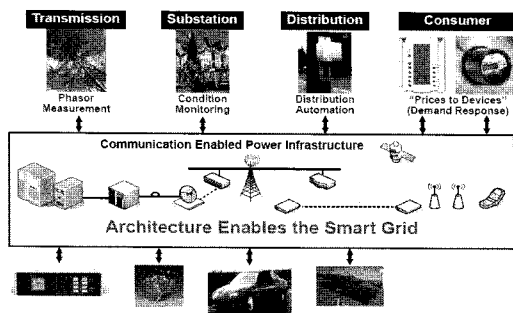


그림 2. 스마트 그리드 기술의 적용분야

이러한 기준에 따라 미국 에너지부는 스마트 그리드의 기본 기능을 다음과 같이 요구하고 있다.

- 전기이용 효율을 향상시킬 것
- 스마트 그리드가 비상시 자체인 치유로 회복할 수 있을 것

- 소비자가 능동적으로 전력망 운전에 참여하도록 동기를 부여할 것
- 사이버 공격에 대해 안전할 것
- 정전에 의한 경제적 손실을 방지하도록 고품질의 전력을 공급할 것
- 모든 발전원과 저장장치 방안을 수용할 것
- 전력시장을 발전을 도모할 것

수용가 스마트 그리드 구현을 위해서는 우선 실시간으로 전기의 계량과 통신을 담당하는 스마트 미터가 수용가에 설치 보급되어야 한다. 스마트 미터는 전기사업자들이 전기 계량기에 근거리 무선통신 기술을 접목해 에어컨, 조명기기, 온도계, 보안기기 등을 연결하는 장치이다. 이 모든 전기제품들을 전기 계량기 기반의 네트워크를 통해 모니터링하고 제어하려는 것인데, 이렇게 하면 가정과 사무실 등에 소규모 무선 네트워크를 구축할 수 있게 된다. 스마트 미터가 설치되면, 전력 공급업체들은 에너지 사용과 공급을 모니터링 하여 에너지 낭비를 줄일 수 있으며, 또한 소비자들은 자신들의 전력 소비를 온라인을 통해 정확하게 파악해 에너지 절감 효과를 극대화할 수 있다는 장점이 있다.

전기사업자들은 이러한 다기능 계량기를 포함한 시스템을 'AMI(Advanced Metering Infrastructure)' 또는 '스마트 미터(Smart Meter)' 라고 부르고 있다. (그림 3)

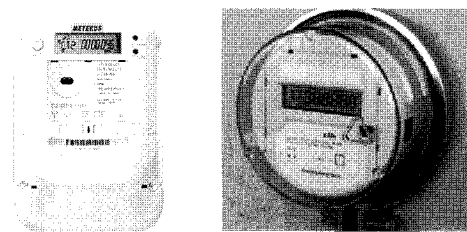
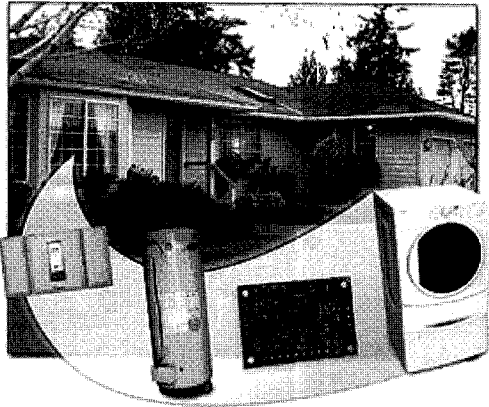


그림 3. 부하저감과 원격 스위칭 및 수요반응 기능을 갖는 스마트 미터

4. 스마트 그리드 사례 - 미국 Pacific Northwest 국립연구소



미국 에너지부 소속의 Pacific Northwest 연구소는 최근 GridWise 시범사업 성과를 발표하였는데 새로운 스마트그리드 기술을 적용할 경우 어떻게 전력망을 보다 탄력적이며 효율적으로 이용할 수 있음을 확인하였다. 즉 정보기술을 각 수용가에게 제공하여 각 가정에서 적극적으로 참여하게 하면 전력망의 효율성과 신뢰성의 향상은 물론 비용절감 효과도 크게 나타난다는 것이다. 시범사업에 참가한 가정들에게는 실시간 전기요금신호에 따라 각 전기용품의 에너지 사용을 조정하는 제어기를 장착하였다. 만일 송배전망이 피크부하시 문제가 될 경우 이를 완화하도록 부하의 사용을 억제한 것이다. 약 1년에 걸친 시험결과에 의하면 시범사업에 참여한 수용가들은 대략 10%의 전기요금을 절약한 것으로 나타났다.

시험에 참가한 112개 가구마다 새로운 전자식 계량기의 설치와 함께 냉온방조정기, 온수기와 건조기에 통신장치를 달아 IBM 소프트웨어와 연결하였다. 소프트웨어는 5분 간격으로 변경되는 전기요금에 반응하여 자동으로 조정되는데 각 가정에서는 안락함과 비용을 고려하여 자신들이 세팅하도록 하였다. 바로 이 점이 과거 제도와 크게

차이가 있는 것으로 전기사용의 권한을 수용가에게 부여하면서도 비용저감 효과를 올리게 된다. 수용가들은 평균 하루에 한번, 최대 4분 정도씩 최대부하시의 사용을 감소시키도록 전기요금이 제일 비쌀 경우 자동적으로 조정온도를 낮추고 온수기 가동을 중지시켰다. 이럴 경우 거의 불편함을 느끼지 못하였고 최대부하 저감효과는 15% 정도에 달하는 것으로 나타났다.

5. 스마트 그리드 시장 전망

미국 전력업체들의 스마트 미터기 설치가 지속적으로 증가하고 있어 관련 시장이 급속하게 성장하고 있다. 시장전망 기관인 룩스 리서치는 스마트그리드가 향후 모든 재생에너지분야를 통합 운용하게 될 것이며, 대규모 투자에 따른 비용 증가 및 에너지원의 고갈에 대한 리스크가 존재함에도 지속적인 성장세를 보일 것으로 전망하였다. 미국 연방에너지규제기관(FERC) 발표 자료에 따르면, 미국내 전기 스마트 미터기 설치율은 전체 전기 계량기의 4.7%를 차지하고 있으며 향후 설치는 2010년까지 약 4000만대를 기록할 것으로 전망하고 있다. 스마트 그리드는 2008년 420억 달러 규모의 시장을 형성하고, 매년 9.1% 성장해 2013년 650억 달러 규모로 성장할 것으로 예상된다. 이 중 스마트 계량기가 2008년 기준 27억 달러 규모의 시장을 형성했으나, 2013년에는 47억 달러 규모로 성장할 것으로 보인다.

스마트 미터기 설치 확대에 가장 큰 저해 요인은 전력업체들의 설치비용 그리고 통신 네트워크를 구축하는데 필요한 시간과 비용이다. 스마트 미터기 설치를 위해서는 스마트 미터에 대한 소비자들의 인식 전환이 우선되어야 한다. 스마트 미터는 단순히 무선으로 사용 전력량을 측정하는 수준을 벗어나 가정에서 사용하고 있는 많은 가전제품의 소비 전력까지 제어하고 데이터를 수집하는 기능

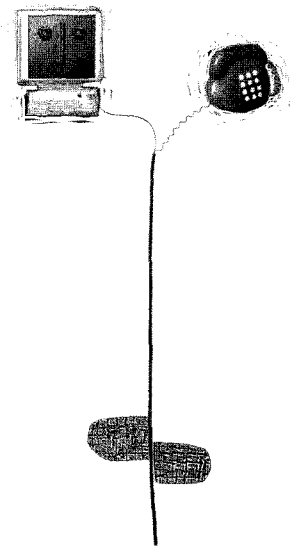
을 가지고 있어 사생활 정보 노출 가능성 때문에 꺼리고 있기 때문이다.

미국의 스마트 그리드시장은 아직도 기술 표준을 정하기 위해 활발한 연구와 정부와 산학이 컨퍼런스 개최를 통해 지속적이며 활발한 의견 교환이 이뤄지고 있다. 초기 스마트 그리드시장 중에서 가장 먼저 스마트 미터기가 설치가 확대됨에 따라 한국 업체들의 미국시장 진출에 대한 준비가 필요한 시점이다.

6. 결 언

전력망은 재창조되어야 하며 기술에 의한 혁신이 필요한 시점이다. 전력산업은 과거의 중앙집중식 생산자 통제 시스템에서 분산형 소비자시스템으로 변환되고 있다. 이는 전력산업의 사업모델과 이해당사자들의 관계를 완전히 바꾸게 될 것이다. 전력시스템이 현재보다 더 친환경적이고 효율적이며 신뢰성도 높으며 강인하고 소비자 선택반응을 고려하는 것, 그것이 바로 스마트 그리드이다. 새로운 도전으로서 전력망의 현대화는 앞으로 50년간의 전력망을 구축하는 것이며 녹색 발전과 공급 신뢰도의 증진 그리고 소중한 자원의 사용 개선을 위해 길을 닦는 것이다.

스마트 그리드는 기술 자체만으로는 충분치 않으며 성공의 열쇠는 기술적인 사안들이 경제적 규제적 틀과 함께 추진하는데 있다. 앞으로 수년 동안 스마트 그리드는 많은 나라에서 꾸준한 노력을 할 것이며 여기에는 극복해야 할 실제 난관이 존재하지만 한편으로는 커다란 기회임이 분명하다. 폭넓은 분야에서 이익이 나타날 것으로 전망되며 국가에게는 첨단기술 확보를, 국민들에게는 지속가능한 일자리를 창출하며 경제에는 수출 잠재력을 증가시킬 것이다. 이미 비전은 수립되었고 이제는 투자와 실행이 필요한 시점이다.



<참고문헌>

- 1) 미국 에너지부(DOE), "THE SMART GRID: An Introduction", 2008
- 2) EPRI, "Developing the Smart Grid – An Approach for California", April 29, 2008
- 3) European Commission, "European SmartGrids Technology Platform – Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future", 2006