스마트그리드 전개방향의 분석에 관한 연구

김소희, 박현석, 노대석
한국기술교육대학교 전기전자공학과
e-mail: sh-kim2579@kut.ac.kr, dsrho@kut.ac.kr

A study on the Analysis of Future Plan for Smart Grid System

So-Hee Kim, Hyun-Seok Park, Dae-Seok Rho
Korea University of Technology and Education

요 약

스마트그리드는 Modern Grid Initiative와 미국 에너지성인 DOE(Department of Energy)에 의하여 정의된 것으로서 기본적으로 “발전, 송전, 배전 및 수용가로부터 발생하는 수많은 혁신적인 신규기술 및 설비들을 통합할 수 있는 망”을 의미한다. 본 연구에서는 최근의 연구동향을 분석하여, 장래의 스마트그리드의 전개방향을 제시하고자 한다. 구체적으로는 하나의 지역(또는 수용가군)을 대상으로 분산전원과 전력저장장치로 구성된 마이크로그리드를 중심으로 정보와 에너지를 감시하고 제어하는 계통을 스마트그리드의 모델로 제시하고자 한다.

1. 서 론

기후변화에 대한 관심이 세계적인 이슈로 대두됨에 따라 새로운 에너지원의 도입 및 그에 따른 기존 전력계통이 가지는 문제점들이 주요 연구과제로 주목받고 있다. 이에 스마트그리드라는 개념이 생겨나게 되었고, 배전 및 전력계통의 새로운 연구과제로서 각광을 받고 있다. 따라서 각국 정부는 미래 성장 동력원으로 저탄소 녹색성장을 제시하면서 장기간의 로드맵을 제시하고 있는데, 온실가스 배출을 최소화하는 신재생에너지 산업의 성장이 빠르게 진행되고 있고, 그 중심에 스마트그리드가 있다.

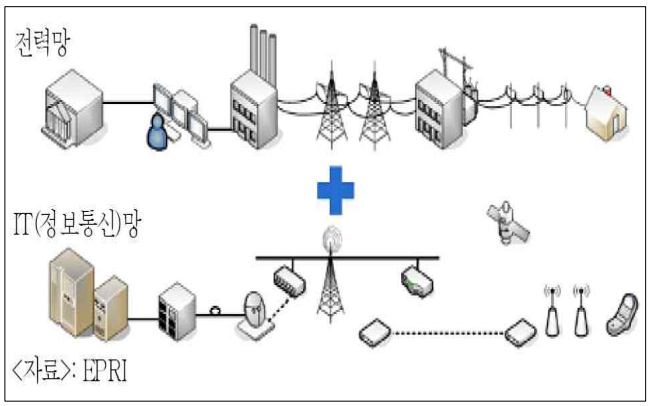
스마트그리드는 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 향상시키기 위해 기존 전력망에 IT기술을 도입하는 것으로 신재생에너지, 전기자동차(EV), 전력저장장치, 수요반응 등을 포함한다. 스마트그리드는 전력사용량, 공급량, 전력선의 상태까지 파악할 수 있는 기술로, 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망 기술이다. 미국은 노후화된 전력계통의 고도화, 유럽은 신재생에너지의 활용 활성화, 일본은 효율적인 에너지 관리 등과 같이 각 국가별 필요성을 중심으로 스마트그리드 기술을 경쟁적으로 추진하고 있다. 한국은 향후의 국가발전 패러다임으로 “저탄소 녹색성장”이라는 비전을 제시한 바가 있으며 이를 위한 구체적인 실행방안으로 세계 최초 국가단위 스마트그리드를 2030년까지 구축할 계획을 가지고 있고 제주도에서 그 실증시험을 하는 중이다. 그러므로 스마트그리드의 전개 방향에 대한 구체적인 분석의 필요성은 스마트그리드 연구가 올바른 방향으로 진행될 수 있도록 하기 위하여 매우 중요하다고 할 수 있다.

이와 같은 배경 하에서, 본 논문에서는 기존의 전력시스템과 스마트그리드의 비교를 통하여 한국형 스마트그리드 시스템의 구현을 위한 기본 요소 및 스마트그리드 시스템으로의 전환방법 등을 제시하고자 한다.

2. 스마트그리드의 전개방향 분석

스마트그리드는 그림 1과 같이 기존의 전력시스

템과 IT 통신망이 융합된 형태로서 신재생에너지의 도입 및 에너지 효율의 최적화라는 목적을 가지고 탄생한 차세대 전력망이다.



[그림 1] 스마트그리드의 개념

한편, 기존의 전기산업은 수요반응, 에너지보존, 이산화탄소 배출감소 등 수 많은 문제에 직면해 있고 또한 단방향의 수직적인 구조를 가지고 있으므로 시시각각 변화하는 분산전원의 도입량과 수용가의 요구에 능동적으로 대처하기가 어려운 실정이다.

스마트그리드는 기존의 전력시스템이 범용적인 제어와 모니터링이 가능해 질 수 있도록 정보기술과 통신기술이 융합되어 운용되어야 한다.

2.1 기존 전력시스템과 스마트그리드의 비교

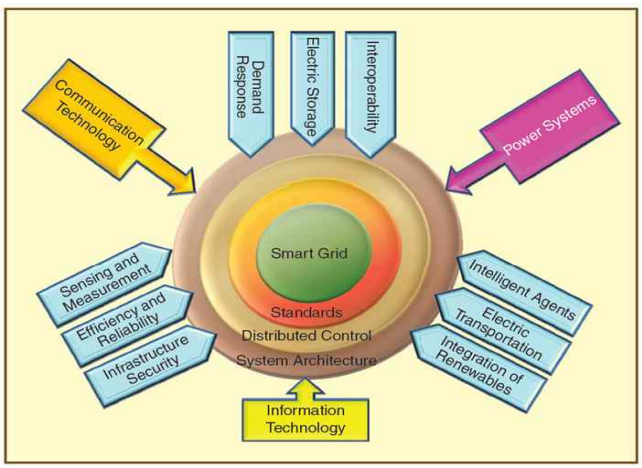
그림 2는 기존의 전력망과 스마트그리드를 비교한 것으로서 스마트그리드는 기존의 전력시스템과 같은 단방향 통신이 아닌 양방향 통신방식을 이용한다. 따라서 수직적, 통제적, 중앙집중식이 아닌 생산자와 소비자가 실시간으로 정보를 교환하는 수평적, 분산적 네트워크를 통해 자기치유(Self-Healing)를 가능하게 하며 많은 수용자들이 능동적으로 전력을 소비할 수 있도록 해준다. 따라서 스마트그리드의 구현을 위한 배전자동제어기술에 대한 투자는 장기적으로 에너지 소비의 효율 개선 및 안정화를 위해 필수적이다.

Existing Grid	Intelligent Grid
Electromechanical	Digital
One-Way Communication	Two-Way Communication
Centralized Generation	Distributed Generation
Hierarchical	Network
Few Sensors	Sensors Throughout
Blind	Self-Monitoring
Manual Restoration	Self-Healing
Failures and Blackouts	Adaptive and Islanding
Manual Check/Test	Remote Check/Test
Limited Control	Pervasive Control
Few Customer Choices	Many Customer Choices

[그림 2] 기존의 전력시스템과 스마트그리드의 비교

2.2 스마트그리드 구현을 위한 기본요소

스마트그리드의 구현을 위한 기본요소에는 여러 가지 기술들이 있는데, 앞서 언급한 바와 같이 정보기술과 통신기술은 스마트그리드의 유기적 성장을 위한 계통의 인프라로서 그 역할을 할 수 있다. 또한 계측기술을 이용한 홈 네트워크, 분산자동화기술을 이용한 분산전원시스템, 전력저장기술과 분산전원을 활용한 마이크로그리드 등 상위개념으로의 확장은 우리가 원하는 스마트그리드를 구현하기위한 기본요소가 된다. 따라서 이러한 유기적인 성장을 위하여 각 기본분야들에 대한 광범위한 개발도 중요하지만 그들을 융합하여 상위개념의 기술적 확장 시스템 구축 또한 중요하다고 할 수 있다. 그림 3은 스마트그리드의 구현을 위한 기본요소 및 융합과 각 융합 단계에서의 발전된 시스템을 보여준다.

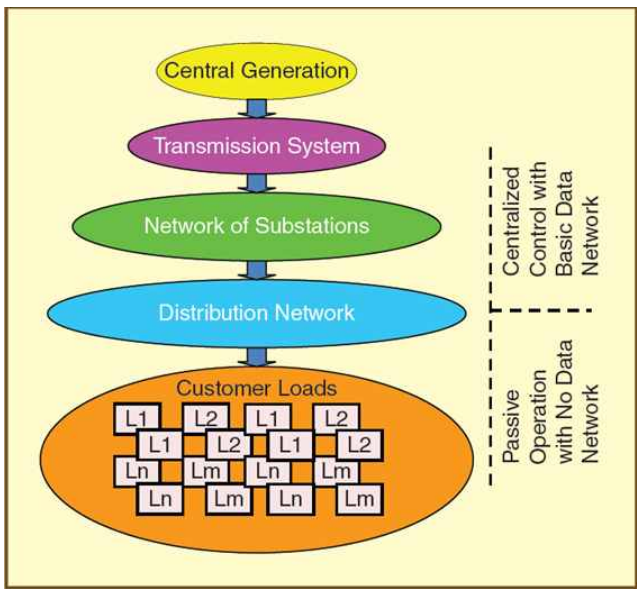


[그림 3] 스마트그리드 구현을 위한 기본요소

3. 스마트그리드의 구조 분석

3.1 기존 전력시스템의 현실 및 구조

기존의 전력시스템은 그림 4와 같이 최상위 부분에 해당하는 발전에서부터 최하위 부분인 수용가까지 단계별로 내려가는 수직적, 단방향 시스템이다. 그러므로 급변하는 전력수급상태에 대한 정보를 실시간으로 주고받지 못하기 때문에 전례 없이 분산전원이 도입되고 수용가 부하가 증가하고 있는 현재의 상황에서 전체적인 전력시스템의 안정성이 줄어들 뿐만 아니라 서지나 자연재해로 인한 사고에 능동적으로 대처하지 못해서 광범위 대정전 등이 발생할 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 SCADA(Supervisory-Control-and-Data Acquisition)와 같은 지휘통제시스템을 도입하였으나 이 또한 네트워크가 실시간으로 제어되지 않기 때문에 근본적인 해결책으로서는 한계가 있다.

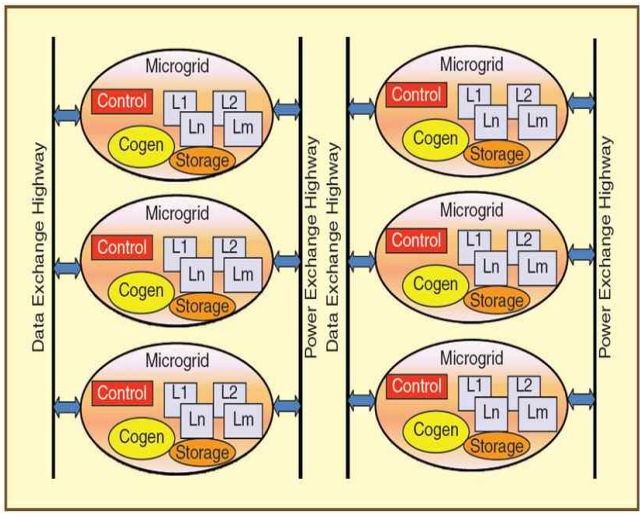


[그림 4] 기존 전력시스템의 구조

3.2 스마트그리드 시스템의 구조

스마트그리드의 구조는 여러 개의 마이크로그리드가 집약된 형태를 가진다. 하나의 마이크로그리드는 분산전원(신재생에너지의 병합발전) 및 불안정한 분산전원의 출력을 일정하게 유지시켜주는 전력저장장치를 포함하여 수요조절을 위한 네트워크 시스템, 다양한 부하를 서비스하고 소비한도를 측정하는 능력을 가진 스마트 미터나 센서 등으로 구성된다. 스마트 미터 중 초기프로젝트인 AMR(Automated Meter Reading)은 먼 수용가로부터 소비기록과 같은 상황 및 정보를 기업체가 읽을 수 있도록 해주었다. 하지만 단방향 통신방식으로서 데이터를 읽는 기능만을 수행 할 수 있었기 때문에 읽어 들인 데이터에 기반을 둔 수정반응을 취할 수 없어 관리요구를 해결해주지 못하였다. 이러한 이유로 인하여 미터링 뿐만 아니라 수용가의 서비스 레벨을 위한 파라미터 수정이 가능한 양방향 통신방식의 AMI(Advanced Metering Infrastructure)가 등장하게 되었다.

그림 5를 통해 알 수 있는 것과 같이 마이크로그리드끼리는 서로 데이터와 에너지를 주고받는 상호작용을 통해 마이크로그리드 내에서 발생한 여분의 전력을 나누어 쓸 수 있다. 그러므로 마이크로그리드의 집합체인 스마트그리드는 전력망의 신뢰도, 효율성, 안정성을 향상시키며 전력의 생산 및 소비정보를 양방향, 실시간으로 유통하여 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망이라고 할 수 있다.

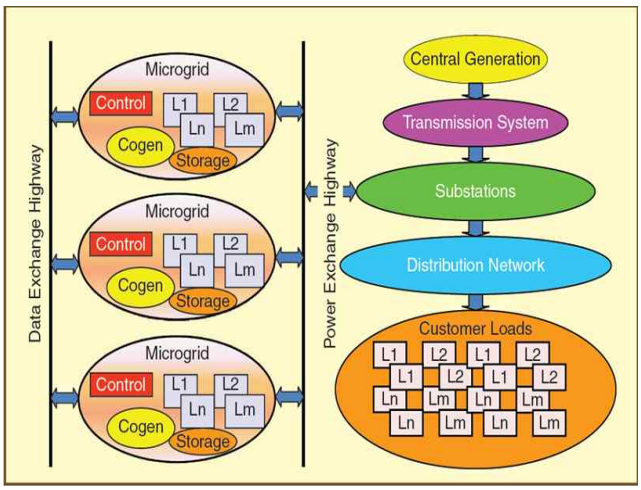


[그림 5] 스마트그리드 시스템의 구조

3.3 기존의 전력시스템과 스마트그리드의 공존

스마트그리드가 수많은 장점을 가진 차세대 전력망이라는 것은 분명한 사실이지만, 현재 설비되어있는 전력시스템을 한 번에 스마트그리드로 전환되는 것은 불가능하다. 그러므로 전문가들은 기존의 전력시스템과 마이크로그리드가 유기적이고 점차적인 방식으로 함께 운용되어 머지않은 미래에 스마트그리

드 시스템으로 전환될 수 있다고 말한다. 그림 6은 이러한 개념을 나타내는 하이브리드 전력망으로서 기존의 전력망에서 전력의 집중과 배전을 담당하는 변전소에서 마이크로그리드와의 전력교환을 하게 된다. 즉, 두 가지의 전력망을 공존시킴으로써 스마트그리드로 가는 길의 해결책을 제시하고 있다.



[그림 6] 하이브리드 전력망의 구조

3.4 스마트그리드의 기술표준

스마트그리드의 통신을 담당할 기술로서 WAN(Wide Area Network) 및 LAN(Local Area Network), HAN(Home Area Network) 등이 있는데, 이들을 사용함에 있어 기술범위가 다양하고 복잡하여 다른 시스템과의 통합에서 표준화된 기준이 없어 문제가 되고 있다. 그러므로 기준을 만들기 위한 노력으로서 스마트 미터링을 위한 ANSI C12.22, 변전소의 자동제어를 위한 IEC 61850 등 많은 기준이 제시 되고 있지만 이들 중에서도 뚜렷한 대표기준이 없기 때문에 상호 운용성을 갖는 공통적 표준 결정이 요구된다.

3.5 스마트그리드 과제

스마트그리드로 시스템이 전환되는 과정에서 통신, 컴퓨터, 센서 등과 같은 각각의 분야에서 이미 충분한 기술적 발전을 이루었다. 따라서 우리가 직면한 문제는 기술의 부재가 아닌 스마트그리드라는 새로운 분야에 대한 타당성과 명확한 기준의 부재이다. 또한 스마트그리드는 사업체들이 요구하는 정확성, 구체성 등이 제대로 입증되지 않아 주요 인프라에 변화를 주지 않고 유지하려하므로 RD&D(연구개발 및 실증실험)가 필수적이라 하겠다. 전형적인 스마트그리드와 비슷하게 마이크로그리드의 연구개발 및 실증실험은 발전, 부하, 스마트제어 뿐만 아니라 유연하고 정교하게 훈련된 엔지니어, 그리고 사업체들의 요구충족으로 구성된다. 연구개발 및 실증실험의 궁극적인 목표는 효율성의 증대로 연구를 통한 실증으로의 과정이며 BCIT(British Columbia Institute of Technology)가 스마트그리드로 가기 위한 시험대 역할을 하고 있음을 예로 들 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존의 전력시스템과 스마트그리드의 비교를 통하여 스마트그리드 시스템의 구현을 위한 기본 요소 및 스마트그리드 시스템으로의 전환 방법 등을 제시하였다. 급격하게 변화하고 있는 지구환경과 화석 에너지가격의 상승 등으로 인하여 저탄소 녹색성장의 기틀인 스마트그리드의 구현과 효율적인 에너지의 사용을 위해 현재의 전력망은 지금도 끊임없이 진화하고 있으며 이를 위한 연구자들의 노력이 계속 진행되어 오고 있다. 그러므로 스마트그리드의 현실화는 머지않은 미래에 실현될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] ETRI, “스마트그리드 기술 동향:전력망과 정보통신의 융합기술”, 전자통신동향분석 제24권 제5호, 10월, 2009

[2] Hassan Farhangi, “The Path of the Smart Grid”, *IEEE power & energy magazine*, pp. 18-28, Jan/Feb. 2010.