

스마트그리드 운영모델 정립에 관한 연구

오도은*, 김영준*, 강신재*, 최승환*
한전 전력연구원*

A Study on the Smart Grid Operation Model

Do-Eun Oh*, Young-Jun Kim*, Sin-Jae Kang*, Seung-Hwan Choi*
KEPCO Research Institute*

Abstract - 스마트미터의 보급에 따른 양방향 통신에 의한 소비자들의 참여, 풍력을 비롯한 신재생에너지의 계통 연계, 전기자동차 충전 인프라의 보급 등 스마트그리드 기술 개발이 점차 가시화되고 있다. 이러한 새로운 기술들의 출현은 현재의 전력시스템 운영에 새로운 변화를 요구한다. 향후 이러한 새로운 스마트그리드 인프라를 활용한 다양한 서비스들의 등장은 전력시스템 운영의 변화를 더욱 가속화 할 것이다. 본 논문은 스마트그리드 기술개발에 따른 스마트그리드 운영모델과 단계별 운영모델의 진화에 대하여 기술한다. 다양한 스마트그리드 기술들을 최적으로 활용할 수 있는 적합한 운영모델을 통해 스마트그리드 구현의 효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

1. 서 론

지금까지 전력시스템은 발전소에서 생산된 전기를 송배전 전력망을 거쳐 소비자에게 전달하는 단방향 흐름의 중앙 집중형 운영체계를 유지해왔다. 이러한 전통적인 전력시스템 운영에 컴퓨터와 통신기술이 접목됨으로써 전력시스템의 운영방식에 새로운 변화를 요구하고 있다. 지능형 전자지기 설치로 전력시스템의 상황을 실시간으로 파악할 수 있게 되었고 스마트미터의 보급은 소비자의 전력사용 정보를 원격으로 취득하여 활용할 수 있게 해주었다. 또한 녹색기술의 확산에 따른 신재생에너지 보급 확대로 다양한 분산에너지자원이 계통에 연계되고, 전기자동차를 위한 충전 인프라의 구축이 본격화 되고 있다. 전통적인 전력시스템에 디지털 기술의 융합에 따른 이러한 변화는 전력시스템 운영의 복잡성과 가변성을 증가시킴으로써 새로운 전력시스템 운영모델을 필요로 한다. 소비자와의 양방향 통신을 제공하는 AMI 시스템의 구축, 풍력 등 신재생에너지의 보급 등 새로운 전력시스템 응용 들이 점차 가시화되는 가운데 이러한 응용들을 최적으로 활용하여 보다 신뢰성있고 경제적인 전력시스템 운영을 위한 체계 정립의 중요성이 증가하고 있다. 본 논문은 스마트그리드 기술개발에 따른 다양한 스마트그리드 운영모델과 활용할 수 있는 단계별 운영모델 진화방안에 대하여 기술한다. 먼저, 스마트그리드의 특징과 스마트그리드로 인해 등장한 응용들의 미래 전망을 살펴본 다음 스마트그리드의 다양한 운영모델에 대하여 소개한다. 끝으로 스마트그리드 운영모델에 대한 단계별 진화 방안에 대하여 기술함으로써 맺는다.

2. 본 론

2.1 스마트그리드 특징

스마트그리드는 기존 아날로그 전력망에 양방향 통신, 센서, 컴퓨팅, 소프트웨어와 같은 지능형 기술을 적용하여 전력망의 효율성, 신뢰성, 안정성을 높이며, 분산에너지자원을 효율적으로 관리하는 지능형 전력망으로 정의된다. 미국의 Modern Grid Initiative는 이러한 스마트그리드의 특징을 다음과 같이 제시하고 있다[1]. 첫째, 스마트그리드는 소비자들의 적극적인 참여를 가능하게 한다. 소비자는 에너지 사용 현황에 대한 정보를 제공받고 자신들이 전기를 사용하고 구매하는 방식을 바꿈으로써 에너지를 절감한다. 둘째, 스마트그리드는 다양한 발전방식과 저장 옵션을 지원한다. 기존의 중앙집중화된 대규모 전력발전 방식뿐만 아니라 신재생에너지를 통한 분산발전과의 연계가 가능하다. 셋째, 스마트그리드는 새로운 제품, 서비스, 시장을 창출할 수 있도록 해준다. 스마트그리드는 전력제공을 넘어 다양한 부가서비스 제공을 촉발함으로써 새로운 제품, 서비스, 시장을 창출한다. 넷째, 스마트그리드는 디지털 사회에 적합한 전력품질을 제공한다. 다섯째, 스마트그리드는 자산의 활용을 최적화하고 운영을 효율화한다. 자산들이 통합 관리되고 자동화 솔루션을 통해 운영효율성이 확대된다. 여섯째, 스마트그리드는 자가 치유 능력을 제공한다. 스스로 오류를 규명하고 대응하며 오류를 바로잡기 위한 노력들을 수행한다. 이러한 스마트그리드의 특징으로 스마트그리드는 기존의

전통적인 전력시스템과 달리 전력시스템 운영의 복잡성과 가변성이 증가하게 됨으로써 전력시스템 운영방식에 새로운 변화를 요구한다.

2.2 어플리케이션 향후 전망

스마트그리드 구현을 위해 다양한 어플리케이션들이 개발되고 있다. 스마트그리드의 주요 어플리케이션의 향후 보급 전망을 살펴보면 다음과 같다[2].

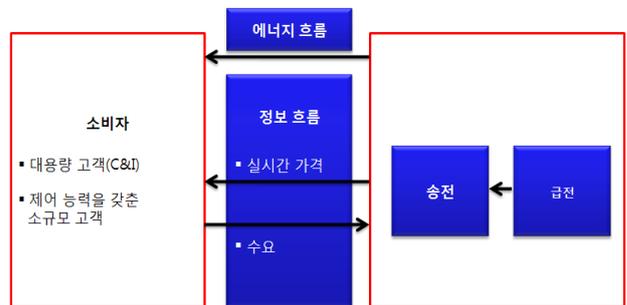
〈표 1〉 어플리케이션 향후 전망

| 구 분 | 2015 | 2020 |
|---------|------------------------|------------------------------|
| AMI | 상당부분 시장에 보급 | 광범위하게 실행 |
| 수요반응 | 가정과 상업, 산업부분 수용가로 확산 | 다양한 최종소비자단에 서비스 |
| 전력망 최적화 | 배전망에 센서기술 내재 배전자동화 보편화 | 모든 영역에 센서기술 내재 지능형 유틸리티 네트워크 |
| 전력 저장장치 | 저장장치 수요 증가 | 분산발전에 핵심역할 |
| PHEV | 지능형 충전 | V2G |
| 소비자 EMS | 쉽고 효과적인 에너지 관리기술 개발 | 보편화 |
| 분산전원 통합 | 성숙단계 | 확산단계 |

2.3 스마트그리드 운영모델

2.3.1 수요 연동 모델

수요 연동 모델은 스마트그리드의 초기 단계 모델로 전력시스템 운영에 소비자의 참여를 활용하는 모델이다. 전력회사로부터 소비자에게 AMI 인프라를 통해 실시간 가격 등의 서비스 정보가 전달되고 그에 대한 소비자의 반응이 전력시스템 운영에 반영된다. 이 모델에서는 소비자의 가격 탄력성 기반 수요예측과 제어가 중요하다. 이 모델은 현재 전 세계적으로 활발하게 추진되고 있는 AMI 시스템 구축을 통해 기대할 수 있는 운영모델로 실시간 가격 등의 정보 전달과 소비자의 반응을 시스템 운영에 활용하기 위한 구조가 필요하다.

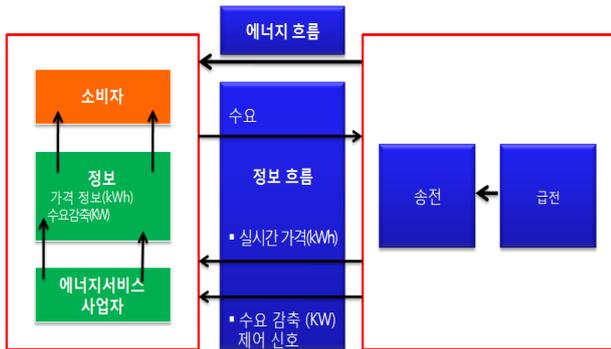


〈그림 1〉 수요 연동 운영모델

2.3.2 중개자 모델

중개자 모델은 전력시장 기반의 경쟁구조에서 에너지서비스사업자가 소비자와 전력공급자 사이에서 중개 역할을 하는 모델이다. 수요 연동 모델과 동작 메커니즘은 유사하나 소비자와 전력공급자가 직접 상호작용하지 않고 중간에 에너지서비스사업자를 두는 차이가 있다. 이로써 소비자는 에너지서비스사업자를 통해 실시간 가격, 수요감축 신호 등을 전달받게 된다. 이 모델에서는 소비자가 에너지서비스사업자를 선택할 수 있다는 점에서 에너지서비스사업자간 서비스 경쟁을 유발시킴으로써 소

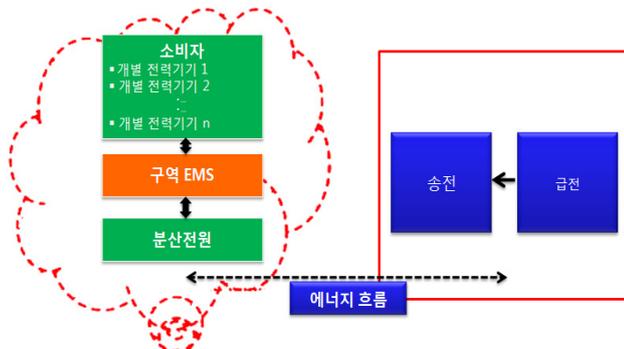
비자의 참여를 더욱 활성화시킬 수 있는 효과가 있으며, 에너지서비스사업자의 역할에 따라 수요 반응 등의 서비스의 효과를 최대화 할 수 있을 뿐 아니라 경쟁에 의한 다양한 서비스 개발을 촉진시킬 수 있다.



〈그림 2〉 중개자 운영모델

2.3.3 마이크로그리드 모델

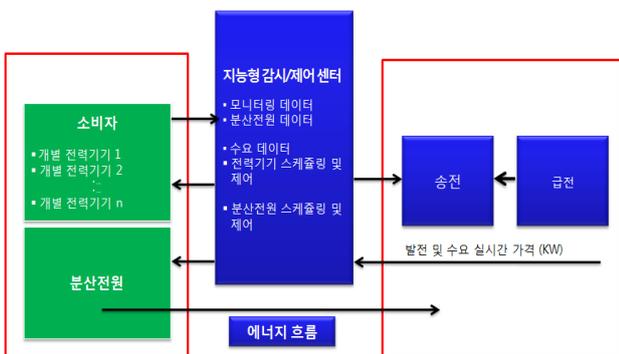
마이크로그리드 모델은 한 구역내의 전력소비와 공급을 담당하는 구역단위 에너지관리시스템을 두고 구역 내 에너지 밸런스에 따라 중앙계통과 에너지를 주고받을 수 있는 모델이다. 이 모델에서는 분산전원의 제어와 에너지 소비제어를 구역 내 에너지관리시스템에서 수행하는 특징이 있다.



〈그림 3〉 마이크로그리드 운영모델

2.3.4 중앙 제어 모델

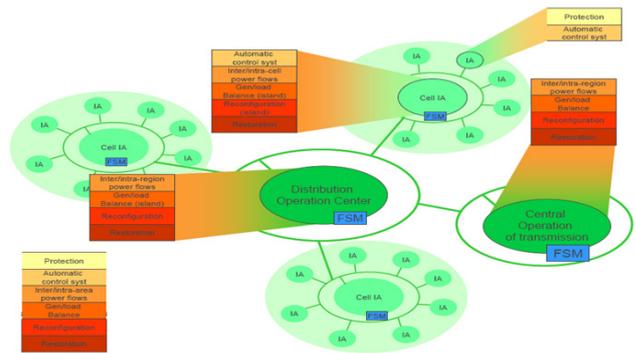
중앙 제어 모델은 중앙에 지능형 감시/제어 센터를 두고 중앙의 지능형 감시/제어 센터가 모든 수요와 분산전원 정보를 수집해 개별 전력기기의 스케줄링과 제어 뿐 아니라 분산전원의 스케줄링과 제어를 수행하는 모델이다. 이 모델에서는 중앙에서 개별 전력기기와 분산전원의 제어 권한을 가지고 있다는 특징이 있다.



〈그림 4〉 중앙 제어 운영모델

2.3.5 분산 지능형 모델

분산 지능형 모델은 전력계통을 셀 단위로 구분하여 전력기기의 최하단에서 최상위 운영제어시스템까지 계층구조로 제어 수준을 정하고 상호 정보교환을 통해 셀 단위 운영 제어 및 전체적인 시스템 운영 최적화를 이루는 모델이다. 이 모델은 고속의 데이터 교환과 이들 데이터를 이용한 빠른 시뮬레이션 기능이 요구되며 각 구성요소간 Plug-and-play에 의한 상호운영이 필요하다.



〈그림 5〉 분산 지능형 운영모델

2.4 단계별 운영모델 진화

AMI를 비롯한 스마트그리드 응용 어플리케이션의 개발이 활발히 진행되는 가운데 이들 응용들이 어느 시기에 어떤 형태로 전력시스템에 들어와 상호운영 될지에 대해서는 아직 불확실하다. 스마트그리드가 기존 전력기술에 정보기술을 융합하여 시작된 기술인 만큼 전력기술 개발과 더불어 정보기술의 기술개발 추이에 따라 영향을 받을 수 있으며, 또한 아직 표준으로 정해지지 않은 분야들이 많은 만큼 표준화와 적지 않은 관련이 있다. 한편, 스마트그리드 구현에 대한 국가별 로드맵 및 각자가 처한 전력시스템의 환경이 다른 만큼 어느 하나의 방향으로 수렴할 가능성은 크지 않다. 따라서 전력시스템 환경을 기반으로 기술개발되는 응용 및 표준화 그리고 경제성 분석에 따른 사업성에 따라 다양한 변수를 고려한 시나리오별 진화 전략이 바람직하다. 우선적으로 단계적인 관점에서는 AMI 시스템 개발에 따라 수요 연동 모델 또는 중개자 모델로의 진화는 분명하다. 두 모델 가운데의 선택은 전력산업 구조에 따라 달라질 것이다. 시장구조를 갖는 경쟁 환경에서는 중개자 모델로 진화해 갈 것이며, 이 경우 그 다음 단계로는 중앙 제어 모델 보다는 마이크로그리드를 경유하거나 그렇지 않고 바로 분산 지능형 모델로 진화해 갈 것으로 예상된다. 만약 경쟁 환경이 아닌 환경에서는 수요 연동 모델로 단계적으로 진화해 갈 다음 중앙 제어 모델로 진화해 갈 것으로 보이며, 장기적으로는 분산 지능형 모델로 진화해 갈 것으로 예상된다. 어느 시나리오는 궁극적으로는 분산 지능형 모델로 진화해 가겠지만 이를 위해선 제반 인프라 및 기술이 충분히 성숙해야만 달성 가능하기에 구현 시기는 관련 기술의 개발 속도에 달려있다.

3. 결 론

AMI 시스템의 구축, 풍력 등 신재생에너지의 보급 등 새로운 전력시스템 응용 들이 점차 가시화되는 가운데 이러한 응용들을 최적으로 활용하여 보다 신뢰성있고 경제적인 전력시스템 운영을 위한 체계 정립의 중요성이 증가하고 있다. 본 논문은 스마트그리드 기술개발에 따른 다양한 스마트그리드 운영모델과 활용할 수 있는 단계별 운영모델 진화방안에 대하여 기술하였다. 스마트그리드 운영모델에 대한 분명한 방안을 정하기란 쉽지 않지만 다양하게 개발되는 응용 어플리케이션들의 적용이 가려워지는 만큼 스마트그리드 기술개발의 효과를 극대화하기 위한 적합한 운영모델에 대한 정립과 그에 필요한 기술개발이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] "Modern Grid v2.0", Modern Grid Initiative, 2007
 [2] "미국 스마트그리드 시장 현황조사와 도전과제", 에너지경제연구원, 2009