

AMI 기술 동향

이정준 (LS산전 선형기술 연구소 Smart Metering연구팀장 부연구위원)

1 서론

최근 전 세계적으로 스마트 그리드(Smart Grid)가 화두로 떠오르고 있다. 고갈되어 가고 있는 1차 에너지 자원 때문에 생길 자원과 에너지 위기에 대한 대안이 필요한데다, 지구 온난화로 대표되는 생태적, 기후적 위기를 극복해야만 하는 문제도 동시에 해결해야만 하고, 금융 시장의 붕괴로부터 촉발된 세계적인 경제 위기를 돌파하기 위한 대규모 경기 부양의 관점에 있어서도 대형 투자가 동반되어 경기부양을 선도할 수 있는 항목으로 스마트 그리드는 필연의 선택이었다고도 볼 수 있겠다. 이에 따라 미국의 예를 들면 오바마(Obama) 행정부에서는 스마트 그리드에 대하여 올해만 4조원 이상의 금액을 투자하기로 선언하고 현재 집행 중이며 우리나라의 경우도 예외는 아니어서 저탄소 녹색 성장 패러다임에 기반하여 스마트 그리드 추진 국가 로드맵이 연내 발표되기로 되어 있는 등 국가 차원의 스마트 그리드 실행 전략이 시행되고 있기도 하다.

본 기고에서는 스마트 그리드의 실행에 있어 가장 먼저 구축되어야 할 인프라인 AMI(Advanced Metering Infrastructure)에 대하여 그 기술 동향에 대해 알아본다. 2장에서는 스마트 그리드 내에서 AMI가 어느 부분을 차지하고 있는지에 대해 기술하며 3장에서는 AMI가 필요했던 기저인 수요 반응

(Demand Response), 실시간 요금제와 AMI의 상관관계에 대해 이야기 하고 4장에서는 AMI의 구성 요소 및 관련 표준에 대해 알아본다.

2. 스마트 그리드와 AMI

현재의 전력망은 발전 부문의 제어를 통하여 생산(발전)과 소비(수용가) 사이의 전력의 생산과 소비의 균형을 맞추고 있다(그림 1).

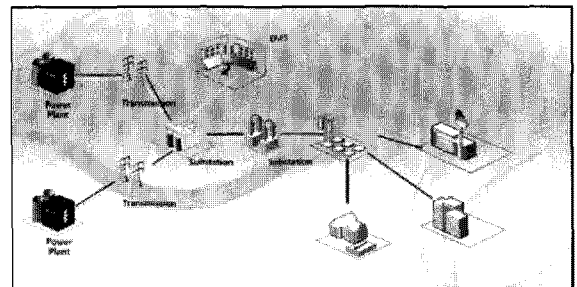


그림 1. 고전적인 전력망

이에 비하여 스마트 그리드는 기존의 전력망에 IT 기술을 접목하여 실시간 양방향 정보 교환 및 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망으로(그림 2), 이를 통하여 전력 시스템의 모든 분야 즉 발전, 송/배전, 소비에 걸쳐 패러다임의 쉬프트라고 여겨질 정도의 혁신적인 변화를 가져올 것으로 기대되고 있다.

특징: 스마트 그리드 기술

이러한 스마트 그리드의 분야 중 주로 배전 및 수송가 부문에서 수요의 측면을 구성하는 것이 AMI이며 (그림 3), 특히 전통적인 전력망에서는 볼 수 없었던 전력 소비자의 적극적인 참여가 요구되는 시스템이다.

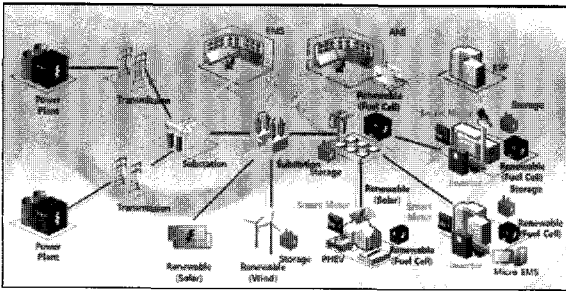


그림 2. 스마트 그리드

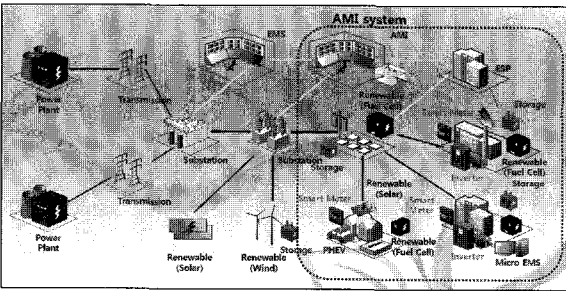


그림 3. 스마트 그리드에서 AMI의 구성

AMI는 최종 소비자와 전력회사 사이의 전력 서비스 정보화 인프라로서 스마트 그리드 운용에 필수적인 스마트 미터(Smart Meter)기반의 핵심 인프라 시스템이며 다음 장에서 설명할 수요 반응(Demand Response) 메커니즘의 실현을 위한 핵심 수단이기도 하다.

이러한 AMI의 구축은 현재 미국을 중심으로 활발히 전개되고 있으며 금년에 투자된 오바마 행정부의 경기 부양 투자액(Stimulus Bill) 중 스마트 그리드 관련 투자액 상당 분이 먼저 스마트 미터와 AMI기반 구축에 사용될 것으로 나타난다. 이외에도 호주와 유럽지역에서 각기 요구 사양이 다르긴 하나 AMI기반 또는 AMI를 향후 염두에 둔 AMR(Automated Meter

Reading)의 구축이 활발히 진행되고 있고 한국에서는 AMR사업이 한전을 중심으로 시범 사업으로 진행되어 현재 전 고압 수용가와 약 6만 가구 정도의 저압 수용가에 AMR사업이 시행되었다고 한다(그림 4).

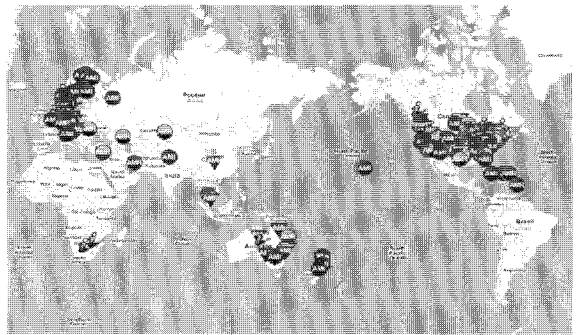


그림 4. Status of AMI Project (from Google.com)

3. 수요 반응과 AMI

위와 같이 북미지역을 중심으로 AMI시스템의 설치가 적극적이데 대하여는 수요 반응이란 기저를 이해하지 않고서는 설명하기 힘들다.

여러 면에서 선진국이라고 알려져 있는 미국의 전력 시스템을 살펴보면 놀라운 점이 발견되는데 바로 전력 설비의 노후화이다. 노후화된 전력 설비의 교체 시점이 이미 지났지만, 그 동안 전력 설비나 발전 시설에 대한 투자에 소홀해 온 이유로 단순히 발전량이 전력 수요량에 못 미쳐 생기는 정전 사태(Blackout)가 캘리포니아와 텍사스 주를 중심으로 2000년대 초 반부터 생기기 시작했다. 증가하는 전기 수요를 맞추기 위한 추가 발전소의 건설이 지지 부진했던 데다가 그나마도 석탄과 석유를 소비하여 전기를 만드는 화력발전소의 건설은 탄소 배출 억제라는 온실 가스 저감의 문제 때문에, 그리고 원자력 발전소의 건설은 환경단체들의 반발에 부딪혀 추가 건설이 잘 되지 않고 있고, 또한 막대한 비용과 긴 시간이 필요하기 때문에

당장 일어나고 있는 정전 사태에 대응할 수 없다. 그런데 이러한 정전 사태는 Critical Peak라고 하는 전기 사용이 갑자기 급증하는 때에만 일어나고 이러한 기간은 연중 1[%]도 안 되는 시간이며 그 이외의 대부분의 시간에는 발전량이 수요량보다 항상 남아돌게 되는 현상이 있다. 또한 그 동안 Critical Peak가 발생했던 경험에 비추어보면 이 때 사용량을 5[%]정도만 줄일 수 있었어도 정전 사태는 막을 수 있었다고 한다. 이렇게 Critical Peak가 발생하는 연중 1[%]도 안 되는 시간대의 전기 수요량을 약 5[%]만 줄일 수 있다면 발전소를 더 이상 짓지 않고도 수요와 공급의 균형을 맞추어 정전사태를 막을 수 있다는데 착안하여 고안해 낸 방법이 변동 가격 요금제에 기반한 수요 반응 메커니즘이다. 즉 Critical Peak가 발생할 것이 예상되면 이에 따라 전기의 단가를 실시간으로 바꾸어 주어 사용자가 자율적으로 전기 소비를 줄이게 하는 것이다.

이러한 변동 가격제에 기반한 수요 반응의 시나리오는 다음과 같다(그림 5). 먼저 전력사는 실시간으로 원격 검침을 통해 소비자의 수요를 파악한다(①). 이는 양방향 통신이 가능한 스마트 미터를 통해 이루어진다.

여름철 냉방 수요가 급증하는 경우나 겨울철 전기 난방 수요가 많아질 때, 소비자 측의 총 수요가 전력사가 설정한 여러 단계의 한계점(threshold)를 통과할 때 마다 전력사에서는 통신 인프라를 통하여 새로운 전력 가격(정상시에 비해 높은 가격)을 실시간으로 고시한다(②). 이 때 사용자 측에 설치된 인터페이스인 IHD(In-Home Display)는 전력사로부터 전달된 새로운 전력 가격을 사용자에게 알려주고 사용자가 이에 반응하여 전력 요금을 절감할 수 있는 기회를 제공한다. 만약 이러한 실시간 전력 요금(Real-Time Pricing)에도 소비자들이 많이 반응하지 않아 전력사의 수요 관리에 문제가 생길 수 있는 경우에는 전력사는 미리 계약해둔 고객의 부하(Load)를 전력사가 직접 제어하는 부하제어(Load Control)명령을 통신을

통해 내려주어 Critical Peak의 발생을 방지한다(③). 이러한 수요 반응 메커니즘이 동작하려면 양방향 통신과 스마트 미터에 기반한 AMI가 필수이다.

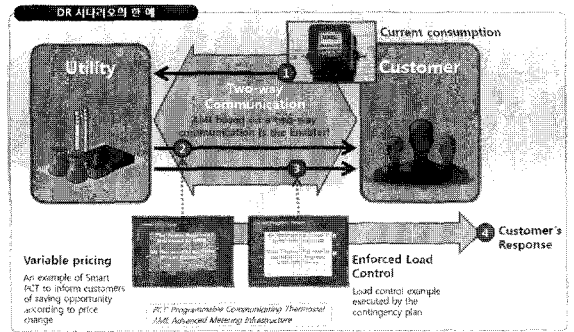


그림 5. 수요 반응 시나리오의 한 예

AMI는 기존의 AMR과 달리 보다 많은 일을 할 수 있다. 스마트 미터를 중심으로 양방향 통신과 오픈 프로토콜(Open Protocol)에 기반해 원격 전력 차단(Remote Connect/Disconnect)이 가능하고 선불형 계량(Prepayment)의 인프라가 될 수 있으며 실시간 요금제(RTP), 피크 요금제(Critical Peak Pricing), TOU(Time-of-Use) 요금제 등 다양한 요금제의 적용도 가능하다. 수요반응 메커니즘에는 없어서는 안될 내용이며 더 나아가서는 홈오토메이션, 홈네트워크와 연결되고, 결국 스마트 그리드의 기본 인프라가 되는 것이 바로 AMI인 것이다.

4. AMI 구성 요소 및 관련 표준

AMI기술 동향을 이야기할 때 주목할 점은 스마트 그리드가 전력 분야의 기술과 IT 분야의 기술이 접목되다 보니 IT분야에서 주로 시도되던 기술 표준화를 통한 시장 선점의 공식이 그대로 적용되려 하고 있다는 것이다. 이러한 의미로 기술 동향을 파악할 때에는 표준화 동향을 이야기하는 것이 가장 좋은 방법이라 하겠다.

먼저 AMI의 구성 요소를 보면 크게 MDMS

(Meter Data Management System)를 중심으로 한 전력사 내의 상위 시스템, 전력사와 수용가의 스마트 미터 간을 연결시켜주는 통신 시스템, 스마트 미터, 그리고 HAN(Home Area Network)내의 가정용 기기들로 크게 나눌 수 있다. 미국의 국가전력연구소인 EPRI(Electric Power Research Institute)와 전력사들 및 제품 공급자들의 모임으로 구성된 UCAIug(Utility Communication Architecture International Users Group)에서는 AMI Enterprise Reference Model이라는 AMI 기본 모델을 그림 6과 같이 제시하기도 했으며 이 모델에서도 위의 분류가 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

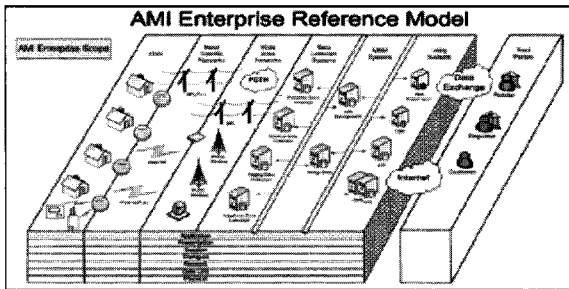


그림 6. AMI 레퍼런스 모델(from UtilityAMI)

이러한 AMI의 각 영역별로 새로운 기술과 제품들이 출현하고 있으며, 전력사나 소비자 양쪽의 요구에 따라 이러한 기술과 제품들에 대한 표준화가 활발히 진행되고 있다. 특히 연초부터 진행되고 있는 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)를 중심으로 한 Smart Grid Interoperability Standards Roadmap 작업에서는 이미 제정되어 있는 AMI에 관련된 많은 표준들을 인지해 내었으며 앞으로도 이미 제정되어 있는 이들 표준들과 새로이 제정될 표준들 간의 상호 호환성(Interoperability)에 관해 계속 작업을 진행할 것으로 기대된다. 이 중 몇 가지를 살펴보면 다음과 같다.

MDMS를 비롯한 상위 시스템들을 연결시켜주기

위한 표준으로 국제 표준인 IEC 61968 CIM (Common Interface Model)이 대표적이다. 이러한 전력사 내의 시스템들과 상위로 연결해 주고, 하위로는 스마트 미터들을 연결해 주기 위한 통신 시스템에 있어서는 통상 통신의 구간에 따라 세 구간으로 나누는데, 대내 통신망인 HAN(Home Area Network)과, 스마트 미터를 게이트웨이로 삼아 각 가정의 스마트 미터들의 정보를 한데 모아 통신하는 집중기(Concentrator)까지 구간의 통신인 NAN(Neighborhood Area Network), 그리고 집중기부터 통신사업자가 제공하는 공중망을 이용해 상위 시스템과 인터페이스하는 접점인 헤드엔드(Head End)까지의 구간을 말하는 WAN(Wide Area Network)이 그것이다. 참고로 그림 6의 레퍼런스 모델에서는 NAN구간을 Meter Specific Networks라고 표시하고 있으며 Data collection system이라 표시된 것이 통칭 헤드엔드라고 보면 된다.

이러한 통신 시스템에 있어서 표준들을 살펴 보면 HAN에서는 SEP(Smart Energy Profile)이 두드러진다. ZigBee Alliance를 중심으로 제정된 SEP는 현재 1.0버전을 거쳐 2.0이 논의되고 있으며, 현재까지 논의되고 있는 ZigBee라는 무선 통신과 HomePlug라는 전력선 통신에 더하여 IP(Internet Protocol)에 기반하여 통신 매체에 대한 종속성(dependency) 없이 SEP만 따르면 되는 방향으로 확장이 진행되고 있다. HAN영역에 속한 다른 디바이스들, 예를 들면 IHD나 PCT(Programmable Communicating Thermostat), LC(Load Controller), 가스 및 수도 계량기, 스마트 가전(Smart Appliances) 등 SEP내에 정의된 논리적 디바이스(logical devices)외에도 전기 자동차나 HEMS(Home Energy Management System), Home Gateway등의 확장된 가정용 디바이스들도 이의 도입이 예상된다.

NAN영역에서는 통신 매체로는 주로 무선 통신과

전력선 통신을 많이 사용하고 있으며 특정 통신 방식이 특정 지역이나 특정 전력사에서 선호되는 이유가 다르다. 예를 들면 미주 지역에서는 900(MHz) 무선 통신이 선호되는데 도달 거리 및 중계기 하나가 관장하는 가구 수 등 경제성의 측면이 많이 고려되었으며, 유럽 지역에서 저속 전력선 통신이 선호되는 이유는 CENELEC-A밴드라고 하는, 유틸리티들만 사용할 수 있도록 지정된 전력선 통신 주파수가 존재하기 때문이다. 상위 프로토콜은 미국의 경우에는 ANSI C12의 표준이 있지만 NAN구간에서는 아직까지는 많이 사용되지 않고 현재까지는 대부분 표준화되어 있지 않은 통신 솔루션 제공 업체의 고유(proprietary)의 프로토콜들이 사용되고 있고, 유럽에서는 IEC62056 DLMS/COSEM(Device Language Message Specification/ Companion Specification for Energy Metering)이 표준으로 사용된다. 참고로 한국도 이 표준을 사용하고 있다. 또한 이 구간에서 매체의 표준화를 이루려는 움직임도 있는데 미국 IEEE에서는 802.15.4g Smart Utility Networks Task Group을 중심으로 활동이 전개되고 있다.

스마트 미터에 대한 표준화 움직임도 활발한데 미국의 경우에는 ANSI표준이 이미 자리 잡고 있고 이에 더하여 각 전력사들의 다양한 요구 사양들의 반영이 기대되고 있으며, 유럽의 경우에는 금년 초에 시작하여 30개월의 기간으로 진행될 OPEN meter라는 프로젝트를 통해 EU 각국 간에 보이지 않게 쳐져 있는 스마트 미터에 대한 국가별 장벽을 없애고 스마트 미터가 EU 전역에 대량으로 보급될 수 있도록 하려고 하기도 하다.

5. 맺음말

스마트 그리드의 수요 부문을 구성하면서 스마트 그리드의 기반이 되는 인프라인 AMI에 대해서 알아

보았다. 단순히 계량값만을 읽어가던 AMR과는 차원이 다른 서비스를 전력사와 사용자 양쪽 모두에게 제공할 것으로 기대되는 AMI는 이제 시작 단계에 있으며, 실시간 요금제 등 다양한 요금제의 실시를 위해 꼭 필요한 인프라이다. 특히 태양광이나 풍력, 연료 전지 등 신재생 에너지가 도입되고 전기 자동차가 실생활에 사용되는 가까운 미래에는 이러한 내용들을 스마트 그리드에 연결시켜 줄 AMI의 구현은 필수적이라 생각되며 이는 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 진행되고 있는 움직임인 만큼 수출 산업화를 위해서도 AMI 관련 기술의 동향을 재빨리 파악하고 바로 제품화하여 시장을 선도하는 것이 필요한 시점이라 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Smart Metering Projects Map, <http://maps.google.com/maps>.
- [2] ZigBee Alliance, "ZigBee Smart Energy Public Application Profile 1.0", 2008, downloadable at <http://www.zigbee.org>.
- [3] National Institute of Standards and Technology, "NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0", Sep. 2009, downloadable at http://www.nist.gov/public_affairs/releases/smartgrid_interoperability.pdf.

◇ 저 자 소 개 ◇



이정준

1965년 5월 20일생. 1988년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1990년 동대학원 졸업(석사). 2005년 미국 PURDUE대학교 전기전자공학과 대학원 졸업(박사). 1990년~현재 금성산전(LG산전, 현재 LS산전) 근무. 현 LS산전 선행기술 연구소 Smart Metering연구팀장. 부연구위원

관심분야 : 스마트 그리드, AMI, 스마트 미터링, 유/무선 통신 네트워크, 산업용 유무선 통신, RFID/USN, 전기차 충전인프라용 통신 네트워크 등