

AMI(Advanced Metering Infrastructure) 구축 동향 및 기술 연구

정남준, 양일권, 송재주, 김영일
한전 전력연구원

A Study on Deployment and Technology For Advanced Metering Infrastructure

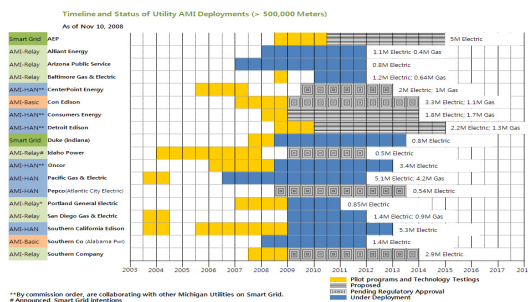
Nam-Joon Jung, Il-Kwon Yang, Jea-Ju Song, Young-Il Kim
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 전 세계적인 에너지 확보 위기와 CO₂ 과다 배출로 인한 지구 온난화 문제에 당면한 현재의 전력산업이 다음 세기에도 지속적으로 성장해 가기 위해서는 에너지 효율 향상과 신 재생에너지에 바탕을 둔 분산전원의 활성화를 통한 환경과의 조화와 더불어 미래 디지털 시대의 에너지 조건을 충족시키기 위한 IT기술과 전력기술의 융합을 통한 자동화되고 지능화된 전력시스템 즉, 스마트그리드로의 변화가 절실히 요구되고 있다. 스마트그리드의 주요 분야 중에서도 AMI(Advanced Metering Infrastructure)는 최종 전력 소비자들과 전력회사 사이의 전력서비스인프라로, 지능형 전력망(Smart Grid) 구현에 필수적인 핵심 인프라 시스템이며, 공급-수요 상호 인지 기반 수요반응(Demand Response) 실현을 위한 중요 수단이라 할 수 있으며, 다양한 유형의 분산전원체계, 배전지능화시스템 등과 정보 연계 등 미래 지능형 전력망 운용을 위해 요구되는 최우선 지능화 전력망 인프라로 인식되고 있다. 본 논문에서는 AMI 시스템의 해외 구축 동향과 관련 기술 그리고 국내 적용을 위한 방안에 대하여 기술하고자 한다.

1. AMI 시스템 구축 동향

1.1 북미

미국은 2005년 EPAct 2005 (Energy Policy Act of 2005) 법령 발효를 통해 AMI 시스템 도입을 법제화했으며, 이 법령을 근거로 전력이용 효율화를 위한 AMI 시스템 구축 작업이 활발하게 진행 중이다. 특히, 캘리포니아주, 뉴욕주, 텍사스주서 활발히 진행 중이며, 캘리포니아주의 3개의 대형 전력회사 가운데 하나인 SCE는 '06년 시범 사업 실시하고, '08년부터 '12년까지(530만호), PG&E는 '06년~'11년까지(1,030만호), SDG&E도 '11년까지(140만호) 설치 완료 예정으로 아래의 그림에서와 같이 미국내 AMI 시스템에 대한 수요는 2009년부터 본격화 되었다고 볼 수 있으며, 이와 같은 추세는 2015년도까지 지속될 것으로 예측되고 있다.[1]



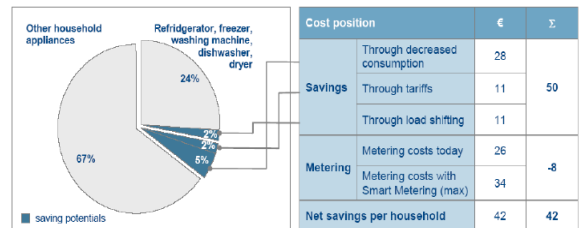
〈그림 1〉 Current AMI Project Landscape in USA

미국의 유틸리티들은 보통 AMI 구축에 5년 이상의 전개 계획을 가지고 있으며 사업에 대한 가속화를 제한하는 요인으로는 경제적인 지출 문제와 노동인구 감소 문제, 공급 체인 장비들을 꼽고 있다. 시장 측면에서 볼 때 현재 AMR 시스템이 구축되어 있지 않은 AMI 유료 고객은 1억 2천 6백만 고객으로, AMI 시스템으로의 구축시 미국내 총 시장 규모는 632억 달러로 예측하고 있다. 그리고 Duke Energy가 인디애나와 오하이오에서 수행한 스마트그리드 수행결과를 근거로 볼 때 전체 비용 중 In-Home 장비에 51%, 메터와 통신에 39%, 배전 자동화와 IT 하드웨어에 10% 정도의 예산이 필요한 것으로 보고 되고 있다. 신규 일자리 창출관련해서는 전개 단계에서 2012년까지 28만개의 일자리, 2018까지 14만개의 새로운 일자리가 창출될 것으로 예측하고 있다.[1]

1.2 유럽

EU에서는 지난 2006년 5월 에너지 효율 및 서비스 지침안(End-use Energy Efficiency and Energy Services Directive)이 발표되었으며, Smart Meter의 설치를 의무화하고, 시간대별 사용량, 에너지 실제 가격 및 사용량 비교자료 등을 사용자에게 제공하며, 고객단체, 에너지

대리점과 통신을 통하여 에너지 장치의 효율화 및 기술자료 등에 대한 정보 접근을 허용한다는 내용이다. 이탈리아 Enel사는 1998년 저속 전력선통신 기술을 이용한 원격검침 시스템 설계를 시작하여, 현재 약 3천 3백만 전 수용가에 대하여 AMI 시스템 구축을 완료하고 운영 중으로, 저속 전력선통신을 이용한 NAN(Neighborhood Area Network)을 구축하고, 기간망으로 GSM/GPRS/PSTN 등을 사용 중에 있다. 구축된 시스템을 통해 일 2회 검침을 수행하며 도전 감시, 변압기 감시, 고객에게 전력사용 정보 제공 등 전력부가서비스가 제공되고 있다. 또한 향후 원격검침 시스템을 통한 수익 창출형 부가서비스를 개발하기 위해 요금제 다양화, 통합검침 등의 응용 서비스도 함께 개발 중에 있다. 이탈리아 이외에도, 프랑스, 스페인, 네덜란드 등의 대부분의 유럽국가에서는 약 200여 가구 정도가 접속되는 대용량 변압기 기반의 계통구성으로 전력선통신 기술을 대부분 채용하고 있는 실정이다. 호주 최대 전력 공급지역인 빅토리아 주 정부도 2006년부터 ISG(Industry Strategy Group)를 설립하여 AMI 규격 제정을 통한 AMI 전개를 추진하여 2008년부터 2백만개의 신규 스마트 메터를 설치할 계획을 가지고 있다.[2] 또한 독일Arthur D. Little 분석컨설팅회사의 자료에 따르면, '09년부터 가정용 Smart Meter의 본격적인 도입을 예상하였고, 향후 수용가부터 제어 및 원격 제어 DG의 제어기능도 적용을 예상하였으며, Smart Metering 도입을 위한 세대당 초기 투자 비용은 135~253 유로, 운영 비용은 11~34 유로[년간]으로 분석하였다. 경제성 분석측면에서는 Smart Metering 도입으로 각 가정은 연간 42 유로의 비용을 절감하고, 투자 대비 7~8년에 회수 할 수 있을 것으로 예상하고 있다[투자비 253 유로기준].[3]



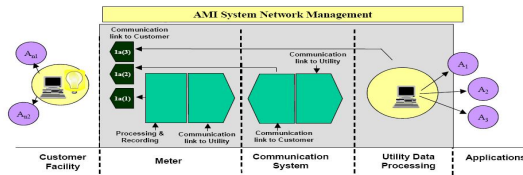
〈그림 2〉 Annual Cost Savings of Germans Households

1.3 국내

국내에서는 지난 2000년 처음으로 산업용(고압) 소비자를 대상으로 자동원격검침시스템(AMR: Automatic Meter Reading)을 도입하여 원격검침 상용화를 시작하였으며, 고압 13만 고객을 대상으로 15분 단위의 계량정보를 취득하여 관련 정보의 고객 부가서비스가 가능한 상태로 발전하였다. 또한 저압 수용가에 대한 시범사업은 초기 ZigBee 방식을 사용하여 제주도에 1천 가구 구축하였고, 2005년부터 한국전력에서 고속 전력선 통신을 이용하여 원격검침 시범사업을 시작하여 2009년 약 5만 5천 가구를 대상으로 원격검침시스템이 구축된 상태이다. 또한 전력선통신을 기반으로 무선과 연동하여 수도 및 가스 검침을 동시에 수행하는 통합 원격검침 시범사업 추진이며, 장거리 전송망으로는 HFC, CDMA 통신망을 이용하여 구축하였다. 활용하고 있는 고속 전력선통신은 1Mbps 정도의 유효속도를 보장하여, 멀티미디어의 데이터 기반 부가서비스가 가능한 상태로 발전하였다.[4] 또한 특히 정부에서는 녹색성장 정책과 세계적인 CO2 절감정책 등에 부응하는 효율적인 에너지 정책을 구현하는데 중요한 핵심 인프라로 AMI를 선정하고, 정부주도의 신 성장 동력사업의 일환으로 AMI 시스템 구축 과제를 추진 중에 있다('09. 6 ~ '11. 5).[5]

2. AMI 구축 기술 및 표준화

AMI 시스템의 일반적 구성요소는 아래와 같이 Customer Facility, Meter, Communication System, Network Management System, Utility Data Processing 및 어플리케이션(MDMS)들로 구성된다. 각 구성요소들에 대한 요구사항과 표준화 및 최근의 기술동향은 아래와 같다.



〈그림 3〉 일반적인 AMI 시스템 구성요소

2.1 Customer Facility

고객측 설비는 기존 전력에너지 소비를 담당하는 전등을 포함하여 냉장고, 에어컨과 같은 일반적인 설비뿐만 아니라 가정내의 설비들과 통신을 위한 자체 통신망(홈 네트워크)과 가정내 효율적 설비의 운영을 지원하기 위한 Home-EMS(에너지 관리시스템) 등을 포함한다. 이러한 설비들은 유틸리티로부터의 소비자의 에너지 사용량, 요금제도, 예상요금 등 에너지에 대한 다양한 정보를 인지하고, 자발적으로 에너지 절감 프로그램에 동참하며, 의사결정을 내릴 수 있도록 시스템적으로 연동되며, 수용가내 Online 에너지 관리 시스템을 이용하여 실시간 부하관리, 실시간 에너지 사용량 분석 및 이에 따른 미래 사용량 예측정보를 제공받을 수 있게 된다. 또한 전기기기의 에너지 사용량을 분석한 보고서를 제공받고 수용가 DR 프로그램에 따른 경제적 비용 절감액을 열람할 수 있기 때문에 자발적으로 에너지 절감 프로그램에 참여함으로써 경제적 효과 뿐만 아니라 전력 사용량 절감에 따른 CO₂ 배출 감축도 도모할 수 있게 된다. HAN(Home Area Network) 영역 통신기술은 RF무선 통신기술(ZigBee)과 함께 고속 전력선 통신기술(PLC)이 유망한 적용 기술로 적용되고 있다. IEEE802.15.4를 활용한 Zigbee 기술은 Zigbee Alliance에서 Smart Energy Data Profile을 정의하여 HAN에서의 정보 교환을 위한 토대를 마련하였으며, 미국 전력선통신 연합체인 HOME Plug와 연계하여 Smart Energy Data Profile을 확대 중에 있다. 200Mbps급의 광대역 전력선통신기술은 IEEE(P1901)를 주축으로 표준화가 진행되고 있으며, 관련 기술로는 Homeplug, OPERA, HD-PLC 협회 중심의 기술이 개발되어 현재 상용화 중에 있다.

2.2 Meter

전자식 계량기는 검침 및 과금이라는 특정 용도에 목적을 둔 AMR 시스템, 전력량계의 Data를 잘 처리하여 다양한 분야에 유용한 정보를 추출하는 AMM(Advanced Meter Management) 시스템, 특정 Application에 목적을 두지 않는 수요정보 인프라 개념의 AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 지원하는 계량기로 발전하여 이제는 Smart Meter라는 명칭으로 불리어지고, 기능 또한 향상되었다. AMI를 지원하는 메터의 기본 기능으로는 구간 데이터 수집 및 저장, 고객서비스를 지원하기 위한 메터내에서의 처리, 직접/실시간 접속, 원격 접속, 분리된 채널을 통한 양방향 미터링 이외에도 재생에너지 시스템 소유 고객들을 위한 Net-Metering, 원격 Connect/Disconnect와 원격 펌웨어 업그레이드, CPP, RTP 등의 변동 요금 지원, 원격 부하 조절, PQ & Outage Monitoring, Tamper Detection 등과 같은 향상된 부가 기능들을 갖고 있다. 전자식 전력량계에 대한 대표적인 표준은 유럽 지역의 표준으로 자리잡은 IEC 62056(DLMS)와 북미 표준인 전력량계 프로토콜인 ANSI C12.2X를 들 수 있겠다. 향후 스마트 미터는 자체 계기 수명의 향상(15년 이상), 소모전력 및 가격 경쟁력 확보 등의 개선을 필요로 하며 실시간 양방향 통신을 이용한 부하단전이나 도전 감시 등의 서비스에도 활용이 가능하게 된다.

2.3 Communication System

많은 트래픽을 요구하는 통신시스템은 신뢰성 있고 안정적인 데이터의 전송을 보장할 수 있어야 한다. 전력선을 이용한 PLC 기술과 근거리 통신을 위한 Zigbee 기술이 Home Area Network 에서 그리고 메터와 메터 데이터 수집을 위한 집중기(NAN, Neighborhood Area Network) 사이에서 활용되며 집중기와 유틸리티간에는 일반적인 광중망(WAN, Wide Area Network) 혹은 사설망이 활용되어 HFC, Wibro, WiMAX, GSM, CDMA 등의 장거리통신망 기술이 활용된다. Zigbee는 IEEE802.15.4에서 표준화가 진행되며, 주파수 대역은 2.4GHz, 868/915MHz를 사용하고 데이터 전송속도는 20~250kbps이다. 또한 전력선 통신 PLC는 업계 표준 단계인 HomePlug Alliance에서 표준화가 진행중으로, 데이터 전송 속도가 최대 14Mbit/초인 규격 HomePlug 1.0이 2001년에 제정되었고, 2005년 8월 최대 전송 속도 200Mbit/초인 사양 'HomePlug AV', 가정에서 전력선을 통해 인터넷에 접속하는 'HomePlug BPL(Broadband over Powerline Communication), 조명의 온/오프 등 가정 내의 각종 기기의 제어용 사양 'HomePlug Command & Control' 등이 개발되었다. 그리고 스마트 미터와 통신하기 위한 프로토콜의 분석 및 활용이 필수적인데 관련되는 국내의 표준 통신 기술로는 SE(Smart Energy) Profile, ANSI C12.xx, IEC 62056(DLMS) 등이 있다.

2.4 Utility Data Processing 및 어플리케이션

데이터 처리 및 관련 어플리케이션 시스템 즉, MDMS(Meter Data Management System)은 크게 Smart Meter로부터 네트워크를 통해 데이터를 수집하고, 수집된 수많은 데이터를 저장, 관리하며, 이들 데이터를 처리, 분석하는 데이터 수집·관리·처리기능과 처리된 정보를 Enterprise Service Bus를 이용하여 다양한 어플리케이션과 교환 및 공유하는 인터페이스 기능 그리고 공유 정보를 통해 전력소비자에게

부가서비스를 제공하는 기능으로 구분할 수 있다. 본 기술의 개발을 위하여 Meter 데이터 자동 수집 기능, Meter 데이터 수집 정책 및 스케줄링 기법, AMI Meter 관리, 대용량 데이터 처리 기술, Data Monitoring 및 VEE 기술, Data Security 기술 등의 기본 기능과 고장 관리 시스템(OMS, Outage Management System), 고객정보 서비스(CIS, Customer Information Service), 선진 요금체계 도입을 위한 시뮬레이션 엔진 등의 부가 기능들이 요구된다. 시스템 개발을 위한 표준화는 IntelliGrid Architecture와 Use Case 개발 방법론, 정보시스템 개발 방법론 등을 활용하는 방법이 있다.

3. AMI 시스템 국내 적용 방향

AMI 시스템은 정부의 녹색성장 및 신 성장동력 사업의 일환으로 '09년 정부 중장기과제(실용화 사업)으로 추진되어 '09. 6월부터 2년 과제로 추진중에 있다. 본 시스템에서는 기존 전력IT 과제 및 정부 인프라 과제 등을 통하여 도출된 성과물들을 최대한 활용하여 국내 저압 수용가를 위한 시스템을 개발하여 국내 시범 적용하고, 시범 결과 성과를 바탕으로 국외 전력시장에 나아갈 수 있는 목표로 추진예정이다. 그러기 위해서는 국내 표준인 IEC 62056(DLMS) 표준은 물론 북미 표준인 ANSI C12. 규격에 적합한 모델 개발이 요구된다. 국내 AMI 시스템 개발의 성공을 위한 방안으로 아래와 같은 방향의 추진이 필요할 것으로 생각된다.

3.1 AMI 시스템 목표 모델의 개발

전자식 전력량계의 표준에 따라 관련 통신 프로토콜과 통신 방식의 차이점이 있고, 어느 정도의 표준 및 기능 구현에 따라 비용적인 차이가 발생하기 때문에 표준과 경제성을 만족하는 목표 모델의 개발이 우선되어야 한다. 즉, 과제의 목표인 한국형 AMI와 해외 수출용 AMI 개발에 부합하는 AMI 시스템 모델을 정립되어야 한다. 국내 모델의 경우 기존 고압 수용가를 위한 PLC 기반의 AMR 시스템 모델을 활용하는 것이 경제성 및 호환성 측면에서 유리할 것으로 생각되며, 북미 수출형 버전은 선진 AMI 사업 추진 유틸리티의 모델을 참조하는 방안이 검토되어야 한다.

3.2 시스템간 상호 호환성 확보

전 분야에 대한 국제 표준화를 고려하고 관련 표준 반영을 위한 프로토콜 정의가 우선되어야 한다. 검토해야 할 분야는 HAN, Smart Meter, NAN, WAN, 통합미들웨어, MDMS 어플리케이션으로 이어지는 각 분야별 국제 표준에 대하여 분석하고, 본 과제에서 추구하고 수용해야 할 표준 및 프로토콜을 정립한다. 또한 시스템간 상호호환성 확보를 위하여 공동정보 모델과 정보교환 방법에 관한 충분한 검토 및 향후 스마트 배전시스템과의 연계 방안도 고려되어야 한다. 그리고 개발 기술의 해외 시장 진출을 위해서는 AMI/HAN 위킹그룹 등 다양한 관련 국제 표준화 기구에 참여함으로써 국제적 네트워크를 형성하고, 본 과제의 결과물을 미국내에서 인증이 가능하도록 활동하여야 할 것이다.

3.3 정책적 지원

AMI를 이용한 가장 효율적인 어플리케이션은 실시간 데이터 및 양방향 통신을 이용한 수요응답(DR)시스템이다. DR 시스템 운영을 위해서는 현재의 고정된 요금제를 변동요금제로 변환하는 정책적 요소가 남아있다. 그런 정책적 부분을 해결없이 AMI 시스템을 이용한 에너지의 효율적 이용 및 개발 효과를 달성할 수 없으며, 시스템 개발에도 영향을 미치게 될 것이다. 또한 국내 활용시 비용에 관한 부분도 고려사항이다. 저용량 수용가를 목표로 할 때 IHD(In Home Display) 등과 같은 에너지 효율화 기기를 포함하는 Home DR 인프라는 아직은 가격적인 부분에서 큰 부담이 되는 상황에서 일반 가정에 설치의 효율성에 관한 문제에 부딪하게 될 것이다. 그래서 AMI 시스템의 전면 배치에 따른 비용 문제를 범국가적인 차원에서 어떻게 지원할지에 대한 고려가 논의 되어야 한다.

4. 결 론

AMI(Advanced Metering Infrastructure) 스마트그리드 구축의 핵심 영역으로, 효율적인 에너지 사용을 유도할 수 있는 수용가 인프라인 동시에 정부 추진의 녹색성장 정책 중 신 재생 에너지의 보급 확대 및 전기자동차 등 그린 에너지의 개발, 보급 확대 정책에 따른 신 개념의 스마트그리드 인프라이다. 본 논문에서는 AMI 시스템의 기술적 동향과 표준화 그리고 국내 개발 현황과 방향에 대하여 정리해 보았다. AMI 시스템 개발의 추진은 국내 기술력을 확보하고, 관련 국내 중견기업 육성은 물론 해외 수출 기회를 선점하기 위해서는 꼭 필요하다고 판단된다. 성공적인 AMI 시스템 개발을 위하여 관련 표준의 적용과 개방형 아키텍처를 적용한 상호 운용성 확보와 해외 선진 유틸리티 및 유수 연구 기관과의 교류 협력이 무엇보다도 중요한 성공요인이라 할 수 있겠다.

[참고 문헌]

- [1] KEMA, "The U.S. Smart Grid Revolution KEMA's Perspectives for Job Creation", 2009
- [2] Energy Futures Australia Pty Ltd, "Advanced Metering for Energy Supply in Australia", 2007
- [3] Arthur D. Little calculation in accordance with other company in formation
- [4] 송실대, "전자식 전력량계 보급 확대 방안에 관한 연구", 2007
- [5] 지식경제부, "AMI 시스템 개발(연구기획 최종보고서)", 2009