

스마트그리드 기반의 AMI 네트워크 개발에 대한 연구

김영일, 고종민, 오도은, 최승환
한국전력공사 전력연구원 S/W센터

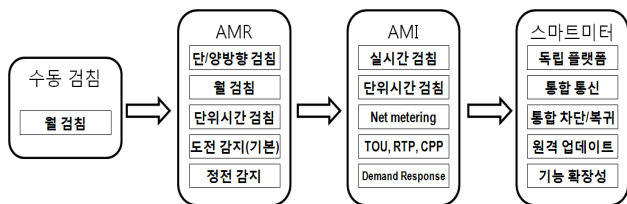
Study for AMI Network Development based on Smart Grid

Young-Il Kim, Jong-Min Ko, Do-Eun Oh, Seung-Hwan Choi
S/W Center, KEPCO Research Institute, KEPCO

Abstract - 최근 들어 지구환경 변화에 따라 저탄소 녹색성장에 대한 요구가 증가하면서 스마트그리드 기반의 에너지 효율적 운영을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 스마트그리드 환경에서 수용가의 전력수요를 효과적으로 모니터링하고 상시수요관리를 위한 제어 가능하도록 하는 AMI(Automatic Metering Infrastructure) 시스템을 구현하기 위한 네트워크 개발 방법에 대한 연구내용을 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 정부에서는 에너지 비전 2030에 따라 신재생에너지 보급률을 11%로 확대하고, 지식 혁신 주도형 녹색성장 산업 발전전략을 내세우는 등 스마트그리드 기반 확보를 위해 노력하고 있다. 이를 위해서는 스마트그리드를 지원할 수 있는 새로운 전력인프라인 AMI의 구축이 선행되어야 한다. 기존의 AMR(Automatic Meter Reading) 시스템은 검침 및 과금이라는 특정 용도에 목적을 둔 시스템으로서 검침업무 자동화의 측면에서 이해되었으나, 이후 전력망계의 데이터를 처리하여 다양한 분야에 유용한 정보를 추출하는 AMM(Advanced Meter Management) 시스템이 출현하였으며 이러한 시스템은 곧 이어 특정 어플리케이션에 목적을 두지 않는 수요정보 인프라 개념의 AMI로 발전하게 되었다.



〈그림 1〉 AMI 시스템의 진화

AMI는 전력회사의 경영 전환을 효율화하는 수단이라는 점과 전기에너지 절감 및 효율화 수단인 수요반응(DR: Demand Response)을 구현하기 위한 인프라의 성격이라는 점으로 인해 지능화된 미래 전력계통을 의미하는 스마트 그리드의 중요한 구성요소로 인식되고 있으며 유럽과 북미에서는 국가 정책으로 지원되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 정부의 녹색성장 정책과 세계적인 CO2 절감정책 등에 부응하는 효율적인 에너지 정책을 구현하는데 중요한 핵심 인프라인 AMI 시스템을 구축하기 위해 필요한 국내 내수 시장 및 국외 시장을 겨냥한 스마트 미터 개발과, 이를 연결하는 DCU(Data Concentration Unit), 소비자 수요 반응을 위한 연결 게이트웨어 역할을 수행하며 맥내 전력소비를 관리하는 ESI(Energy Service Interface), 맥내 전력소비 현황을 보여주고 소비자의 참여를 유도하는 IHD(In-Home Display), 냉난방을 자동으로 조절하는 PCT(Programmable Communicating Thermostat) 등을 개발한 내용을 소개하고자 한다.

2. 본 론

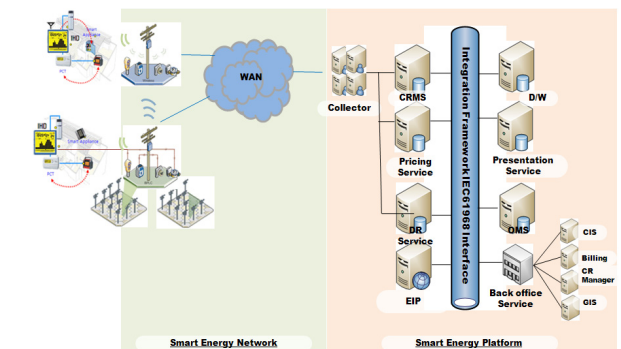
2.1 AMI 시스템 구조

스마트그리드 기반의 효율적인 에너지 공급을 위해 필요한 AMI 시스템은 미터 및 수용가로부터 WAN을 이용하여 데이터를 수집하는 스마트 에너지 네트워크 부분과 수집된 데이터를 이용하여 새로운 부가서비스를 창출하고, 스마트그리드 기반의 운영을 담당하는 스마트 에너지 플랫폼 부분으로 구분될 수 있다.

2.1.1 스마트 에너지 플랫폼

스마트 에너지 플랫폼은 IEC61850, CIM 등과 같은 표준 통신 프레임워크를 기반으로 하는 ESB(Enterprise Service Bus)를 이용하여 시스템

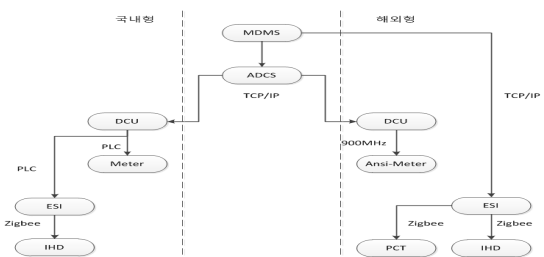
간의 정보 교환 및 공유를 통해 다양한 부가서비스를 창출하게 된다. MDMS(Meter Data Management System)는 스마트 에너지 네트워크를 통해 수용가의 데이터를 수집, 취득하고, 이들 데이터를 처리, 가공, 분석하여 가치 있는 정보로 변환시키며, ESB를 이용하여 전력회사 내 여러 응용 시스템과의 정보 교환 및 공유를 통해 다양한 부가서비스를 창출하게 된다. 이를 위해 ADC(Automated Data Collection) 기술, 검침 데이터 자동 수집 기능, 검침 데이터 수집 정책 및 스케줄링 기법 개발, AMI 미터 관리, 대용량 데이터 처리 기술, 데이터 모니터링 및 VEE 기술, 데이터 보안 기술 등의 기본 기능과 고장관리 시스템(OMS, Outage Management System), 고객정보 서비스(CIS, Customer Information Service), 전력 품질관리(PQM, Power Quality Management), 선진 요금체계 도입을 위한 시뮬레이션 엔진 개발 등의 부가 기능 등을 필요로 하게 된다.



〈그림 2〉 스마트 에너지 네트워크 및 플랫폼 구성

2.1.2 스마트 에너지 네트워크

스마트 에너지 네트워크는 수용가와 전력회사의 양방향 통신을 제공한다. 네트워크의 최상단에 위치한 MDMS는 ADCS를 통해 수용가의 검침정보를 제공받고, 수용가 제어를 위한 DR 명령 등을 ESI에 전달한다. ADCS는 수집에서 수백의 고객을 관리하는 DCU들과 연결되어 SMCP(Smart Meter Control Protocol)를 이용하여 통신한다. DCU는 각 수용가에 설치되는 미터 및 ESI와의 통신을 제공하며, 미터와는 PLC기반의 DLMS(Device Language Message Specification) 프로토콜을 이용하며, ESI와는 CIM메세징 기반의 AMI Frame을 전달한다. ESI는 Zigbee SE(Smart Energy) 프로파일 1.0[1]을 이용하여 IHD와 정보를 교환한다.



〈그림 3〉 스마트 에너지 네트워크의 구성

2.2 AMI 네트워크 구조

2.2.1 Zigbee Smart Energy Profile 1.0

AMI 네트워크의 말단에 있는 ESI와 IHD, PCT 간의 통신은 Zigbee SEP의 Simple Metering Cluster 정보에 대한 요청을 사용하였으며 요

청에 사용된 에트리뷰트는 아래 표와 같다.

〈표 1〉 Zigbee SEP의 Simple Metering Cluster의 에트리뷰트

에트리뷰트 명	ID	설명
CurrentSummationDelivered	0x0000	현재 누적 검침 값
ReadingSnapShotTime	0x0007	현재 누적 검침 값을 검침한 시간
UnitOfMeasure	0x0300	kWh/조 등의 에너지 측정 단위
Multiplier	0x0301	모든 Summation 값에 대한 곱하기
Divisor	0x0302	모든 Summation 값에 대한 나누기
SummationFormatting	0x0303	0~2bit : 소수점 아래 숫자의 개수 3~6bit : 소수점 위 숫자 개수 7bit : 1이면 숫자 앞의 0을 없앴
HistoricalConsumptionFormatting	0x0305	상동
MeteringDeviceType	0x0306	미터 타입
CurrentDayConsumptionDelivered	0x0401	오늘 사용량
PreviousDayConsumptionDelivered	0x0403	어제 사용량

2.2.2 DCU, ESI, 미터

DCU와 ESI는 PLC(Power Line Communication)를 예서 정의한 근거리 무선 통신에 맞추어 프로토콜을 정의하였다. DCU는 원격검침서비스를 제공하기 위한 장비로서, 수용가 측의 미터 및 ESI와 PLC(Power Line Communication)를 이용하여 통신을 하고, 고객의 전기사용정보를 수집 및 저장하고, 블루투스 무선 통신포트를 통해 시스템 관리자의 명령을 입력 받아 설정 및 모니터링 하는 기능을 제공한다. 마스터 DCU는 HFC모뎀을 통하여 상위 시스템인 FEP 및 AMR 서버와 상호 통신하며, 미터 및 슬레이브 DCU로부터 수집된 정보를 전달, 설정 및 관리 기능을 제공한다.



〈그림 4〉 DCU 설치 외관 및 내부

DCU와 미터간의 통신에는 IEC 62056 국제 규격을 기반으로 하는 차세대 전력량계 통신 프로토콜인 DLMS/COSEM(Companion Specification for Energy Meters)[2]을 사용하며, DCU와 ESI간의 프로토콜은 별도의 프로토콜이 필요하여 AMI Frame을 설계하였다. AMI Frame은 ESI가 쉽게 SEP로 변환하여 전송할 수 있도록 설계하였다. AMI 프레임은 Zigbee에서 호환되도록 little endian으로 인코딩하며, 8bit 타입은 별도로 인코딩을 하지 않고 16bit 이상의 타입을 little endian으로 인코딩한다. AMI Frame의 구성은 아래와 같다.

필드	바이트 수	타입	값	설명
SOF	1	8bit bitmap	0x5F	Start Of Frame
Size	2	Unsigned 16bit Integer		SOF ~ EOF까지의 패킷 크기
SMCS SEQ	1	Unsigned 8bit Integer		SMCS측에서 핸들링하는 시퀀스 번호
SMC SEQ	1	Unsigned 8bit Integer		SMC측에서 핸들링하는 시퀀스 번호
Control	1	8bit bitmap		0~1bit:00이면Data, 01이면 ACK, 10이면 NACK 2bit:1이면 ACK를 받음 3bit:1이면 NACK를 받음 4~7bit:Reserved
Protocol Version	2	Unsigned 16bit Integer	0x0100	AMI Frame 프로토콜의 버전, Ack인 경우 0 바이트

# of Units	1	Unsigned 8bit Integer		포함하는 Unit의 개수, Ack인 경우 0바이트
Unit List	가변			Unit, Ack인 경우 0 바이트
EOF	1	8bit bitmap	0xEF	End Of Frame

ESI에서 AMI Frame을 통해 HAN(Home Area Network)의 IHD, PCT 등에 전달하는 명령 및 정보는 다음과 같다.

- 계량정보 : 미터에서 수집된 15분 단위로 검침된 구간 사용량(LP, Load Profile) 정보, DLMS의 OBIS 코드를 이용하여 수집
- 요금정보 : ADCS를 통해 수집된 현재 검침과 계량 정보를 통해 Billing 시스템에서 계산된 수용가의 요금정보, 실시간 요금제에 의한 가격변화를 반영한 정보도 생성가능
- CBL(Customer Baseline Load) : 고객 수요반응을 유도하기 위한 기초 데이터로 각 고객의 1일 또는 수일 간의 데이터를 종합하여 계산된 고객의 24시간 동안의 기본 부하패턴
- 부하제어 명령 : 전력회사가 수용가의 부하제어를 위해 사용, 특정 시간대에 특정장치를 차단, 혹은 특정사용량을 감축하는 명령을 전달함
- 수요반응 명령 : 수용가가 자발적으로 수요를 조절하도록 유도하기 위해 특정 시간대별 감축에 따른 인센티브 지급 방식을 전달
- 메시지 : 전력회사가 수용가 및 HAN 장비에 메시지를 전달
- 시간, 날씨정보 : HAN 장비에 시간, 날씨정보를 전달

2.2.3 ADCS

ADCS는 MDMS로부터 전달받은 IEC 61968-9[3] CIM 기반의 메시지를 SMCP로 변경하여 DCU로 전달하는 역할을 수행한다. MDMS의 CIM 기반의 메시지는 ESB에서 제공하는 JMS를 통해 전달받게 되며 XML/SMCP 변환기를 통해 SMCP 메시지로 변경된다. 아래 그림은 CIM의 EndDeviceControls를 이용한 부하제어 명령의 XML 메시지의 예제이다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
-<EndDeviceControls xmlns="http://www.k-ami.com/Message#">
  <Header>
    <Verb>Create</Verb>
    <Noun>EndDeviceControls</Noun>
    <Revision>0.1</Revision>
    <CorrelationID>CSS-1300164739443</CorrelationID>
    <Timestamp>2011-03-15T04:52:20.636Z</Timestamp>
    <Sender>CSS</Sender>
    <Receiver>MDMS</Receiver>
    <AckRequired>false</AckRequired>
  </Header>
  <EndDeviceControl>
    <ns1:mRID xmlns:ns1="http://kami.com/2010/profile#">3.15.6.242.0</ns1:mRID>
    <ns2:description xmlns:ns2="http://kami.com/2010/profile#">test</ns2:description>
    <ns3:dProgramMandatory xmlns:ns3="http://kami.com/2010/profile#">true</ns3:dProgramMandatory>
    <ns4:priceSignal xmlns:ns4="http://kami.com/2010/profile#">5.0</ns4:priceSignal>
    <ns5:type xmlns:ns5="http://kami.com/2010/profile#">2</ns5:type>
    <ns6:DemandResponseProgram xmlns:ns6="http://kami.com/2010/profile#">
      <ns6:mRID>EV1001</ns6:mRID>
      <ns6:name>DLC Test Event</ns6:name>
      <ns6:type>2</ns6:type>
      <ns6:dlcLevel>1</ns6:dlcLevel>
    </ns6:DemandResponseProgram>
    <ns7:EndDeviceAsset xmlns:ns7="http://kami.com/2010/profile#">
      <ns7:mRID>909090901</ns7:mRID>
      <ns7:EndDeviceAsset>
    </ns7:EndDeviceAsset>
    <ns8:HANAsset xmlns:ns8="http://kami.com/2010/profile#">
      <ns8:mRID>909090901</ns8:mRID>
    </ns8:HANAsset>
    <ns9:scheduledInterval xmlns:ns9="http://kami.com/2010/profile#">
      <ns9:end>2011-04-01T01:00:00.662Z</ns9:end>
      <ns9:start>2011-01-01T00:00:00.662Z</ns9:start>
    </ns9:scheduledInterval>
  </EndDeviceControl>
</EndDeviceControls>
```

〈그림 5〉 부하제어 명령을 위한 EndDeviceControls

3. 결 론

본 연구에서는 스마트그리드 환경에서 전력수용가의 전력부하에 대한 관리 및 수요반응을 효과적으로 운영하기 위해 필요한 AMI 네트워크 개발에 대하여 설명하였다. 수용가 내의 전력기기와 SEP 기반의 통신을 제공하기 위해 Simple Metering Cluster의 에트리뷰트를 사용하였으며, DCU와 ESI 간의 통신을 위해 PLC 기반의 AMI Frame을 설계하였다.

본 연구에서 개발된 성과물은 광주에서 저압 100가구를 선정하여 실증테스트를 진행하고 있으며, 이를 통해 성과물의 안정화 및 성능검증을 수행하고 품질향상을 통해 상품화를 가능하도록 추진할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] ZigBee Document 075356r15ZB, ZigBee Smart Energy Profile Specification
- [2] IEC 62056 series "DLMS/COSEM"
- [3] IEC 61968-9 "Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 9 : Interfaces for meter reading and control"