2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2008. 7. 16 - 18

수요 측 전력설비의 실시간 양방향 통신에 관한 연구

고종민*, 유인협*, 양일권*, 송재주*
한전 전력연구원*

A Study on realtime and two-way Communication of customer's electric load facility for DR system

JongMin Ko*, InHyeob Yu*, ilkwon yang*, Jaeju Song*
Korea Electric Power Research Institute*

Abstract - 전력산업의 환경변화에 따라 단일 공급자였던 한전을 비롯하여 전력판매사업자, 민간부하사업자, 에너지컨설팅사업자 등 에너지관련 서비스를 제공하는 주체자(이하 ESP : Energy Service Provider)의 참여로 전력시장이 경쟁체제로의 변화가 예상된다. 이러한 주체는 전력에너지 관리 최적화를 위한 수요측의 전력자원과 정보의 통합관리가 필요하다. 또한 수요측 서비스 개선과 동시에 수익을 창출할 수 있는 부가서비스의 개발이 또한 요구될 것이다. 최근 석유가격의 지속적인 상승으로 도매시장가격은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 현재 우리나라는 CBP 형태의 전력시장에서 시간대별로 변하는 전력가격(SMP)에 의하여 시장가격이 정해진다. 따라서 시장가격이 높아지면 높아질수록 전력을 구입하고 있는 전력사업자의 경우 구입비의 증가로 재무 건전성 확보에 악영향을 초래한다. 따라서 효율적인 전력 수요절감을 통해 구입전력비를 절감할 수 있는 신수요관리 기법이 필요하다. 이러한 신수요관리 기법은 국가적으로는 하계수급비상 해소와 신규 건설비용 및 혼잡비용을 회피하고, 전력사업자는 구입전력비의 절감을 통해 전력도매시장가격의 안정을 도모할 수 있다. 이러한 수요절감 기법 중 수요측의 자율적인 참여 및 반응을 기반으로 하는 수요반응(Demand Response, 이하 DR)이 있으며, 이는 전력사업자와 수요 측 전력부하설비와의 양방향 통신 및 제어 인프라 구축이 필요하다. 본 논문은 이러한 DR운영에서 반드시 필요한 수요측 전력부하설비와의 양방향 통신 및 제어 인프라구축에 대한 방법 및 결과를 제시하고자 한다.

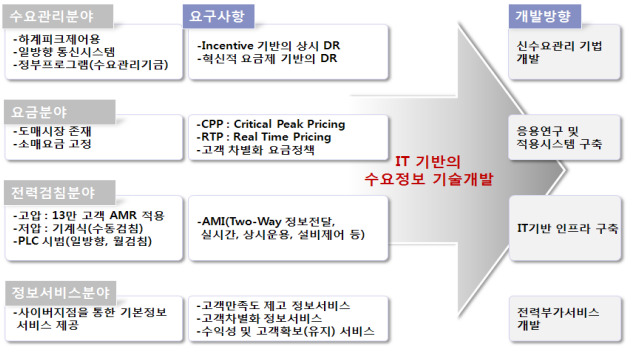
1. 서 론

전력산업의 환경변화에 따라 단일 공급자였던 한전을 비롯하여 전력판매사업자, 민간부하사업자, 에너지컨설팅사업자 등 에너지관련 서비스를 제공하는 주체자(이하 ESP : Energy Service Provider)의 참여로 전력시장이 경쟁체제로 변화가 예상되고 있다. 따라서 이러한 주체는 전력에너지 관리 최적화를 위한 전력자원 및 정보의 통합관리와 수요 측 서비스 개선과 동시에 수익을 창출할 수 있는 부가서비스 개발이 요구될 것이다. 또한 이러한 부가서비스를 위해 In-Building 네트워크와 최종 원격장비뿐만 아니라 외부 엑세스 네트워크 기술이 통합된 전력에너지-통신-정보융합서비스 플랫폼을 기반으로 하는 통합된 시스템이 필요하다 하겠다[1]. 또한 최근 지속적인 석유, 가스 등과 같은 연료비의 상승으로 인해 전력시장의 가격 상승으로 이어지고, 전력시장에서 전력을 구매하는 전력사업자는 전력구입비 절감을 유도하는 효율적인 수요절감기법이 필요하다[2]. 이러한 수요절감 기법 중 수요측의 자율적인 참여 및 반응을 기반으로 하는 수요반응(Demand Response)이 있으며, 이는 전력사업자와 수요 측 전력부하설비와의 양방향 통신 및 제어 인프라 구축이 필요하다[3].

2. 본 론

2.1 국내 전력산업 환경변화

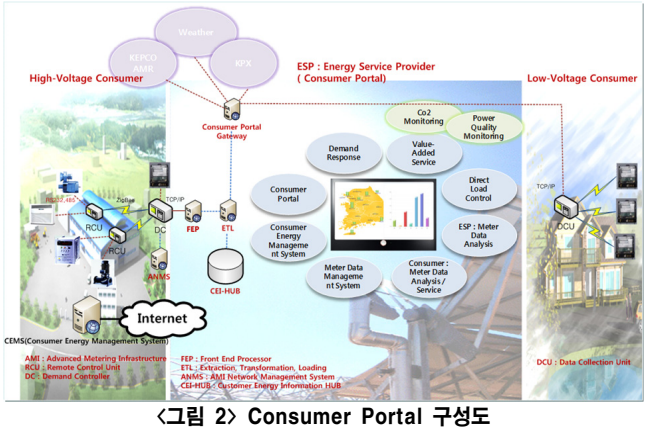
국내 전력산업 환경변화는 수요관리분야, 요금분야, 전력검침분야, 정보서비스분야에 많은 변화가 예상된다. 특히 도매시장가격이 높거나 전력사업자의 경제적 이익을 취하기 위해 또는 전력계통 신뢰도 수준이 위험수준에 도달시 전력사용량 절감을 유도하기 위해 혁신적 가격제도(CPP : Critical Pick Pricing, RTP : RealTime Pricing) 또는 인센티브를 제공함으로써 최종 전력소비자들이 일상적인 전력사용 패턴을 변화시켜 전력수요를 낮추는 일련의 행위인 DR은 수요관리분야에서 중요성이 점점 커지고 있다. 현재 한전의 경우 연료비 가격변동과 소매전력가격의 비연동으로 인해 발전기별 변동비 상승시 구입전력비의 증가로 한전의 재무압박요인으로 작용하고 있다. DR은 전력가격, 즉 SMP가 높거나 급격한 변동이 발생할 것으로 예상되는 경우 전력수요를 낮춤으로서 변동비가 높은 첨두 발전기의 가동을 줄여 SMP가격 하락을 유도하는 기능을 수행한다. 본 논문은 Pricing-Based DR과 Incentive-Based DR을 적절히 조합하여 국내 실정에 맞는 한국형 DR을 위한 AMI (Advanced Metering Infrastructure, 이하 AMI)를 설계하고 테스트를 완료하였다.



〈그림 1〉 국내 전력산업 환경변화

2.2 Demand Response 시스템 구성

DR시스템은 ESP가 Consumer Portal 기반으로 운영되는 여러 전력부가서비스중 하나이다. Consumer Portal은 수요측 전력정보 및 통신이 융합된 멀티서비스 플랫폼이며, 이를 기반으로 ESP는 수요자 전력자원의 운용을 최적화하고 다양한 수익사업을 추진하는 전력부가서비스를 운영할 것이다. DR 시스템은 크게 AMI, CEMS(Customer Energy Management System, 이하 CEMS), DR시스템으로 나뉜다. AMI는 전력사업자와 소비자영역내의 최종장비와 양방향 통신 및 제어를 가능하게 하는 인프라이며, CEMS는 수요측 정보를 관리하고 상위시스템으로 데이터를 전송하는 기능과 전력사업자의 메시지를 처리하는 기능을 수행한다. 그리고 DR시스템은 DR 이벤트처리, 실시간 모니터링, 현황분석 등의 기능을 수행한다. 그림 2는 Consumer Portal 구성도와 다양한 전력부가서비스 그리고 그 인프라를 나타내고 있다.

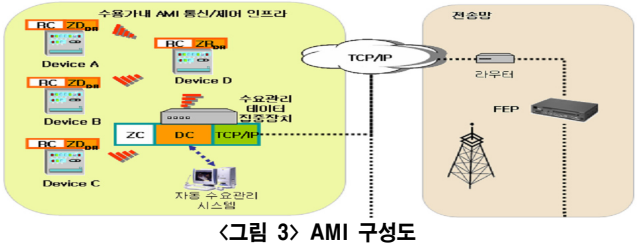


〈그림 2〉 Consumer Portal 구성도

2.3 AMI 구성

그림 2의 High-Voltage Customer의 AMI를 살펴보면, 수요자의 최종 전력부하설비의 부하정보 및 제어정보를 송수신하는 RC(Remote Control Unit, 이하 RCU) 그리고 Zigbee 무선모뎀, 여러 전력부하설비의 부하정보 및 제어정보를 관리하고 상위시스템에 데이터를 전송하는 DC(Demand Controller,이하 DC) 그리고 ZigBee 무선모뎀, DC GUI, FEP(Front End Processor, 이하 FEP)로 구성된다. ZigBee기술은 상위단인 Coordinator와 하위단인 부하설비와의 표준프로토콜로 이루어진 양방향 통신으로 구축된다. ZigBee기술은 표준단체인 ZigBee Alliance의

표준 Spec.에 의거하여 양단간 저전력, 저속도의 제어신호 중심 데이터 통신기술이며, 본 연구에서는 부하데이터 및 부하설비 제어를 위해 ZigBee 기반 무선통신 데이터 엑세스망을 구축하였다.

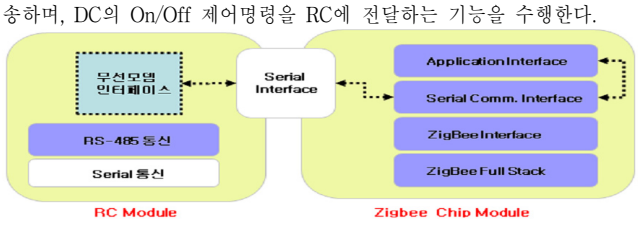


〈그림 3〉 AMI 구성도

RCU는 직접 부하설비와 연결하여 전압, 전류, 주파수, THD를 DC로 전송한다. DC는 여러개의 RCU로부터 온 전압, 전류, 주파수, THD 등을 FEP로 전달하며, FEP의 제어신호를 수신하여 RCU를 제어한다. 여기서 사용하는 통신방법은 ZigBee 무선통신을 사용한다.

2.3.1 RCU 및 DC ZigBee 무선모뎀 S/W

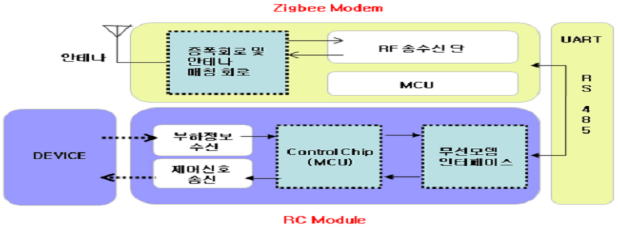
RCU 및 DC의 ZigBee 무선모뎀은 기존 RCU 및 DC의 RS-485로 송수신했던 데이터를 ZigBee 무선통신으로 송수신하는 역할을 담당한다. 모선모뎀 S/W는 Application Interface(관리프로그램의 무선모뎀 상태나 제어부를 담당하는 기능), RC 및 DC Interface(수요측 최종부하설비와 연결된 RC로부터 RS-485 통신을 통해 부하량정보를 읽어오는 기능과 부하설비 On/Off 제어명령을 전달하는 기능), ZigBee Interface(다른 무선모뎀이나 코디네이터와의 ZigBee 통신을 통해서 부하데이터를 무선송수신하는 기능), ZigBee Stack Software(ZigBee Alliance에서 정의한 규격을 준수하여 인정받은 ZigBee Stack으로 ZigBee 모뎀간의 네트워크 형성에서 데이터 송수신까지의 하위 Layer를 담당하는 기능), ZigBee 통신관련 기능, 부하정보 처리관련 기능, 부하설비 정보관리 기능 등을 수행한다. 여기서 ZigBee 통신관련 기능은 RCU 및 DC ZigBee 네트워크 정보 초기화, 네트워크 등록, 네트워크 유지 및 오류복구 기능을 수행한다. 부하정보 처리관련 기능은 RCU의 데이터를 수집하여 DC에 전송하며, DC의 On/Off 제어명령을 RC에 전달하는 기능을 수행한다.



〈그림 4〉 ZigBee 무선모뎀 S/W 구성도

2.3.2 RCU 및 DC ZigBee 무선모뎀 H/W

규격은 Frequency Band(ISM 2.4GHz), Channels/Data Rate(16Chl/250 Kbps), 수신감도(-99dBm), TX Power(+13dBm [10mW/1MHz]), 세계표준기간(IEEE 802.15.4), 보안(암호화 알고리즘, AES-128). 네트워크 토폴로지(Cluster tree), 검침연결(DC 및 RC와 통신), 동작전류(송신시 200mA, 수신시 30mA), 동작전압(3~3.6V)로 제작되었다. 또한 RCU와 DC 외부에 설치하여 사용할 수 있도록 별도의 케이스로 제작되었다. 외부포트는 운용프로그램(GUI)에 USB포트로 연결되어 ZRCU의 운용상태 및 제어를 할수 있으며, RCU 또는 DC와 RS-485 통신하기 위한 RS-485포트 등이 있으며, 저전력/저발열로 설계하였다.



〈그림 5〉 ZigBee 무선모뎀 H/W 구성도

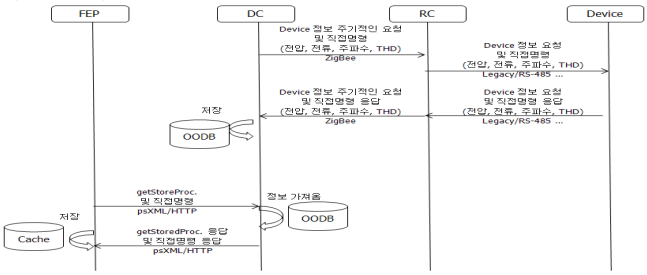
2.3.3 FEP(Front End Processor) H/W 및 S/W

FEP(데이터 전 처리기)는 DR관리시스템의 ZigBee통신제어를 위해 설계된 전용 시스템이다. FEP의 한쪽은 ZigBee 통신에 그리고 다음 한쪽은 DR관리시스템에 연결되어 메시지의 전송이나 수신, 패킷의 조립 및 해체, 에러의 감지 및 교정 등의 역무를 수행한다. ZigBee통신과 연결된 DC와 TCP/IP를 통해 전력량계의 Load Profile 및 전력사용량정보(RCU의 전압, 전류, 주파수, THD 등)을 수신하여 상위시스템인 DR관리시스템에 전송한다. DC로부터 수신받는 데이터를 체크하여 누락된 데이터가 발생시 DC에게 해당 데이터를 요청하여 재처리하는 기능을 수행하며, 또한 DC에게 특정 부하설비에 대한 On/Off 제어명령을 TCP/IP 통신을 통해 송신하는 기능을 수행한다.

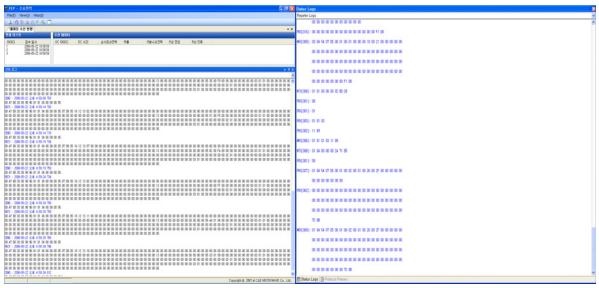
〈그림 6〉 ZigBee 무선모뎀 및 RCU 연결

2.4 데이터 Call Flow

Device(부하설비)/RCU/DC/FEP의 데이터 Call Flow는 주기적인 정보 Fetch 및 저장, 저장된 Series 데이터의 추출과 FEP(상위시스템인 DR관리시스템의 직접명령)로부터의 직접 Fetch 데이터 추출로 이루어진다. 주기적인 정보는 15분에 한번씩(변경가능) DC는 Device들의 정보(전압, 전류, 주파수, THD)들을 가져와서 Temporary DB에 저장한다. 또한 FEP(상위시스템인 DR관리시스템)에서 원할 때 최신 정보 및 History 정보를 가져갈 수 있다. 직접 Fetch는 DC는 통해 지금 현재의 부가정보를 가져오거나, Device를 제어할 수 있는 명령을 송수신한다. 주기전인 정보는 반드시 주기적인 데이터를 쌓아야 하는 것으로 한정하고 직접 Fetch는 제어명령/이벤트명령/기타 부가정보로 한정하며 DC에서는 저장하지 않는다.



〈그림 7〉 주기적 및 직접 Fetch 데이터 CAll Flow



〈그림 8〉 FEP↔DC간 및 DC↔RC간 데이터 송수신화면

3. 결 론

DR시스템에서 수요측 최종부하설비의 실시간, 양방향 데이터 통신 및 제어명령 송수신을 위해 안정적인 인프라 구축은 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 부하설비와의 데이터 통신을 저렴한 구축비용 및 유지보수 비용으로 운영할 수 있도록 무선 네트워크 기술을 이용하여 구축하였으나, 고객특성에 따라 PLC 또는 유선(RS 232 또는 RS 485)을 적용하여 구축할 수 있다. 본 연구에서는 무선통신을 적용한 실시간,양방향 데이터전송 및 제어 테스트베드를 구축하고, 수요측 전력부하설비의 실시간 데이터(15분 Load Profile, 전압, 전류, 주파수, THD) 전송처리와 인터넷(TCP/IP)을 통해 On/Off 제어명령 처리가 정상적으로 작동됨을 실험을 통해 확인하였다. 본 연구를 통해 전력사업자와 최종 수용가의 주요 전력기기에 대한 네트워크 연계가 실시간으로 가능해짐에 따라 DR뿐만 아니라 새로운 실시간, 양방향 서비스의 개발과 제공이 가능하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사 전력연구원, “고객서비스 선진화를 위한 검침정보의 실시간,고효율처리 연구” 최종보고서, 2005. 8

[2] 한국전력공사 전력연구원, “ESP용 고부가서비스 및 통합자원관리 시스템 개발” 중간보고서, 2006. 8

[3] AMI를 이용한 Consumer Portal 개발, 대한전기학회 논문지, Vol.56, No.11, NOV, 2007