

# LTE와 IoT 기술을 이용한 스마트미터 데이터 전송장치와 전력 IT 시스템

강기범<sup>1</sup>, 김홍수<sup>2</sup>, 좌정우<sup>\*</sup>, 김호찬<sup>3</sup>, 강민재<sup>4</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 통신공학과, <sup>2</sup>숨비, <sup>3</sup>제주대학교 전기공학과, <sup>4</sup>제주대학교 전자공학과

## Smart meter data transmission device and power IT system using LTE and IoT technologies

Ki-Beom Kang<sup>1</sup>, Hong-Su Kim<sup>2</sup>, Jeong-Woo Jwa<sup>\*</sup>, Ho-Chan Kim<sup>3</sup>, Min-Jae Kang<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Telecommunication Engineering, Jeju National University

<sup>2</sup>Soombi

<sup>3</sup>Department of Electrical Engineering, Jeju National University

<sup>4</sup>Department of Electronic Engineering, Jeju National University

**요약** 스마트 그리드는 기존 전력망에 ICT기술을 접목하여 소비자와 전력 공급자 간 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 시스템이다. 수요반응(DR, Demand response)은 전기사용자가 전력시장 가격이 높거나 전력계통 위기일 때 절약한 전기를 전력시장에 판매하여 금전으로 보상받는 제도이다. 본 논문은 스마트 미터(Smart Meter)를 사용하여 실시간으로 수요 정보를 측정하고 이를 클라우드 서버로 전송하는 전력량 측정 데이터 전송장치와 전력 IT 시스템을 개발하였다. 본 논문에서 개발된 전력량 측정 데이터 전송장치는 한국전력 데이터와 측정 오차가 없는 신뢰성이 있는 데이터를 제공하기 위해 Raspberry Pi 3에 연결된 빛 센서를 이용하여 한국전력 측정기의 전력량 단위마다 깜박이는 램프의 횟수를 측정한다. 전력량 측정 데이터 전송 장치는 표준 통신 프로토콜인 OpenADR 2.0b를 사용한다. 측정된 데이터는 LTE, WiFi 통신망을 통해 VEN, VTN, 계산 프로그램으로 구성되는 전력 IT 시스템의 MySQL DB에 저장된다. 개발된 전력량 측정 데이터 전송 장치는 전력계통 위기가 발생할 때 급전지시를 내려 피크감축 DR을 실행한다. 개발한 전력량 측정 데이터 전송 장치는 기존 스마트 미터링의 측정시간이 15분으로 고정되는 것과 달리 사용자가 1분 단위로 조절할 수 있는 장점을 갖는다.

**Abstract** A Smart Grid is a system that can efficiently use energy by exchanging real-time information in both directions between a consumer and a power supplier using ICT technology on an existing power network. DR(Demand response) is an arrangement in which electricity users can sell the electricity they save to the electricity market when the price of electricity is high or the power system is crisis. In this study, we developed a power meter data transmission device and power IT system that measure the demand information in real-time using a smart meter and transmit it to a cloud server. The power meter data transmission device developed in this study uses a light sensor connected to a Raspberry Pi 3 to measure the number of blinking lamps on the KEPCO meter per unit of power, in order to provide reliable data without any measurement errors with respect to the KEPCO power data. The power measurement data transmission device uses the standard communication protocol, OpenADR 2.0b. The measured data is transmitted to the power IT system, which consists of the VEN, VTN, and calculation program, via the LTE WiFi communication network and stored in its MySQL DB. The developed power measurement data transmission device issues a power supply instruction and performs a peak reduction DR when a power system crisis occurs. The developed power meter data transmission device has the advantage of allowing the user to adjust it every 1 minute, whereas the existing smart metering time is fixed at once every 15 minutes.

**Keywords :** Demand Response(DR), ICT, IoT, Smart Grid, Smart Meter

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학협력 기술개발사업(산학협력 기술개발사업(연구마을), 과제번호 : C0438619)의 연구수행으로 인한 결과물임

\*Corresponding Author : Jeong-Woo Jwa(Jeju Univ.)

Tel: +82-64-754-3638 email: [lcr02@jeju.ac.kr](mailto:lcr02@jeju.ac.kr)

Received August 25, 2017

Revised (1st September 18, 2017, 2nd October 12, 2017)

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

## 1. 서론

근래에 전력에너지 소모가 늘어나며 전력계통 위기가 발생할 위험이 있다. 이러한 위험을 방지하고자 전력거래소에서는 수요반응(DR, Demand Response)를 이용하여 전력계통 위기 시에 아낀 전기를 전력시장에 판매하고 금전으로 보상받을 수 있도록 하였다[1]. 실시간 모니터링을 하기 위해서 IT기술과 하드웨어의 융합인 ICT를 통하여 공급자와 사용자가 양방향으로 실시간 정보를 교환하여 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망인 스마트 그리드를 추진하고 있다[1-3]. 스마트 그리드는 기존의 전력망에 IT기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 지능형 수요관리, 신재생에너지 연계, 전기자동차 충전 등을 가능하게 하는 차세대 전력망이다[4]. 스마트 그리드는 AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 활용하여 전력사용 절감 및 최대전력 감소를 달성할 수 있으며, 이를 위하여 스마트 미터(Smart Meter) 및 데이터 수집장치(DCU : Data Collecting Unit)이 사용된다[5-6]. 전력 소비 분석을 위해서는 스마트미터의 측정 데이터 15분 이하의 시간단위로 주기적 수집, 저장되어야 한다[7]. 하지만 실제 스마트 그리드 구축을 위하여 가장 먼저 도입이 되어야 할 전력 소비가 높은 산업군에서는 비싼 설치 비용, 전문가의 시공, 통신 제약 등 여러 문제로 인하여 구축이 힘들어 참여가 제한적이고 구축을 하더라도 운영할 수 있는 시스템이 없어 채용하는 산업군은 1%에 불과하며, 기존에 개발된 시스템은 2014년 채택한 수용반응 통신 규격인 OpenADR 2.0b[8]를 만족하지 않는 제품들이 있다. 본 논문에서는 기존의 시스템과는 달리 값싼 설치 비용, 전문가 시공이 필요 없고, 유·무선통신이 가능한 전력량 계측 시스템을 개발하였다.

## 2. 관련 기술 현황

### 2.1 국내 관련 기술 현황

#### (1) 나옴 디지털

RS-485 기반의 자체 프로토콜을 이더넷 기반의 개방형 통신 프로토콜로 변환하여 IT와 연동한 제품으로 분전반 단위에 유선으로 설치하여 각각의 사용되는 전력 데이터 값을 수집하여 15분 단위로 전송하고, 분전반에

설치된 각 배선에 연결하여 네트워크상에서 계측 및 제어가 가능한 제품이다. 본 제품은 계측과 제어가 가능한 제품으로 각 장비에서 직접 유선 연결하는 방식이 아닌 분전반 배선을 연결하여 분전반 단위 계측과 제어가 가능하다. 단점으로는 기존 방식인 PCL과 마찬가지로 전기 전문가의 시공 또는 작업이 필요하고, 비용이 비싸며, 2014년에 채택한 수요반응 통신 규격인 OpenADR 2.0b와 다른 프로토콜을 사용하고 있어 스마트 그리드 사업화 제품으로는 적합하지 않다.

#### (2) 그리드위즈

한국전기연구원과 구내 최초로 스마트 그리드 통신 규격인 OpenADR 2.0b의 이전 버전인 OpenADR 2.0a 인증을 받은 기업으로 근거리 무선통신 기술인 지그비(ZigBee)와 게이트웨이를 활용하여 각 설비를 제어하고, 설비의 전력 사용량을 모니터링하는 제품이다. 본 제품의 단점으로는 전문가의 시공과 게이트웨이 및 인터넷 선이 필요하다.

#### (3) LS 산전

스마트 그리드 사업에서 가장 기본이 되는 AMI 기술을 보유한 제품으로 내부에 근거리 통신 모듈과 릴레이 모듈이 포함되어 검침과 감시, 자동 제어가 가능한 제품이다. 본 제품의 단점으로는 비싼 가격과 어려운 시공, 통신설비 시공이 필요하다.

## 2.2 해외 관련 기술 현황

#### (1) EnerNOC

전 세계 최대 규모의 수요관리 및 에너지 관리 기업으로 기존 설치된 펄스 출력을 통해 계량기에서 전기 데이터를 읽고 기록하며, 개인 VPN이 지원되는 셀룰러 모뎀을 이용하거나, 내부 이더넷 포트 및 기존 LAN(Local Area Network)을 이용해 인터넷에 연결하여 웹 서버에서 실시간 계측 정보를 볼 수 있는 제품이다. 본 제품의 단점으로는 EnerNOC에서 제공하는 서비스인 수요관리 제도에 참여하는 기업만 이용 할 수 있다.

#### (2) IPKeys

전력 IT 기술을 보유한 미국 회사로 국내 기업인 나옴디지털과 같은 방식으로 분전반에서 유선으로 연결하고 이더넷 포트를 이용하여 계측 장비를 서버 상으로 보

내고 웹으로 구현 된 전력 포털에서 계측 및 제어가 가능한 제품이다. 하드웨어로는 큰 경쟁력은 없지만, 표준 프로토콜인 OpenADR2.0b 구현 기술을 가지고 있다.

본 논문은 국내 및 해외 관련 기술의 단점인 비싼 가격과 복잡한 설치방법 및 네트워크 구성을 보완하기 위하여 비교적 싼 가격과 자가 설치가 가능하며, 유선 연결 또는 무선망을 이용한 데이터 통신이 가능한 전력량 계측 데이터 전송장치를 개발하였다.

### 3. 전력량 계측 데이터 전송장치

#### 3.1 전력량 계측

전력량 계측에는 한국전력 적산전력량계와 연결하여 데이터를 얻는 방법과 직접 전력량을 측정하는 방법이 있다. 직접 측정하는 방법은 단독 설치가 가능하다는 장점을 가지고 있지만, 측정 오차와 시간 동기화 문제가 발생하여 한국전력 전력량계와 다른 값을 가지게 되며, 대전류, 고전압 상황일 경우 하드웨어 구조가 복잡해진다는 단점을 가지고 있다. 또 다른 방법인 한전 전력량계와 연결하여 전력량 계측을 하는 방법은 하드웨어 구조가 단순하며, 대전류, 고전압 상황에도 문제가 없고, 한전 전력량계의 계측 값을 사용함으로써 계측오차는 없고 공공 데이터로 사용이 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 한전 전력량계에 Add-on 형태로 연결하는 방법이 필요하며 시간 동기화의 오차가 생긴다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 한전 전력량계에 연결하여 데이터를 얻는 방식을 이용하여 장치를 개발하였다.

#### 3.2 개발용 하드웨어 선정

국내 및 해외 관련 기술에 비해 저렴한 설치비용을 가지고, 유·무선 네트워크를 구성하기 위하여 Raspberry Pi 3 Model B[9]를 이용하여 장치를 개발하였다. Raspberry Pi 3은 관련된 액세서리와 오픈 소스 소프트웨어가 많고, 마이크로소프트에서 윈도우 10 IoT 코어라는 운영 체제를 지원하고 있으며, WiFi 모듈을 탑재하고 있어, 무선 LAN 환경을 추가 비용 없이 구성 할 수 있다.

개발된 장치의 하드웨어는 Raspberry Pi 3에 외부 신호(긴급 절전과 같은 이벤트)에 반응하여 전원을 차단할 수 있으며, 테스트 환경에서 감전의 위험을 피하고자 전력 릴레이 보드를 적층 구조로 Fig. 1.와 같이 연결하

고, 전원을 연결하였고, 모바일 네트워크에 접속하기 위한 모뎀을 USB 인터페이스로 연결하여 무선 통신이 가능하도록 하였다.

전력량계의 단위전력량마다 한 번씩 깜박이는 빛을 감지하기 위한 빛 센서와 스위치를 GPIO(General Purpose Input Output)을 통하여 연결하였다. Fig. 2과 같이 디지털 전력량계의 Add-on 형태로 연결함으로써 측정 오차를 없애고, 신뢰성 있는 계량 값을 전력거래소로 전달 할 수 있다. 또한 한국전력에서 공공 데이터 포털을 통하여 공개하고 있는 데이터는 15분 단위 사용량 인데 반하여, Fig. 3와 같이 구성하게 되면 1분 단위, 5분 단위 등 사용자 정의 단위 시간으로 측정이 가능하다.

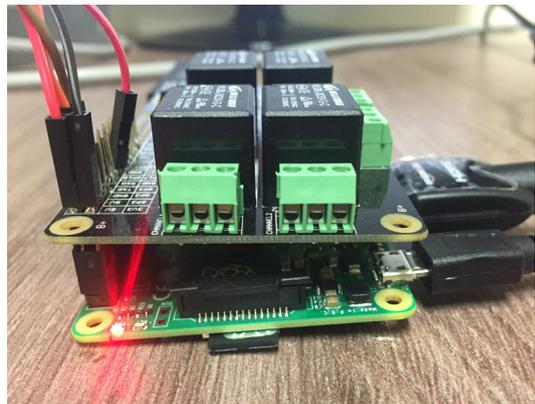


Fig. 1. Power relay board made of laminated Raspberry Pie.

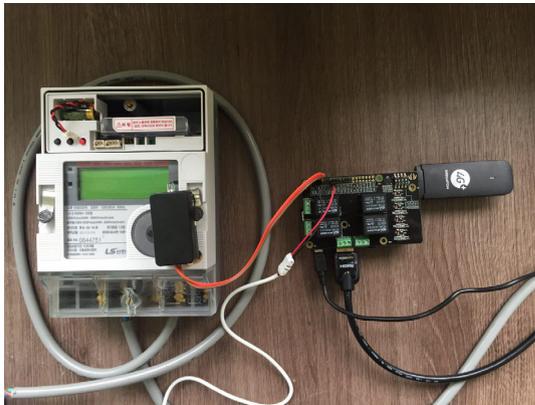


Fig. 2. Auxiliary power meter.

#### 3.3 전력량 계측 데이터 전송 장치의 장점

Table 1.은 국내 전력량계와 본 논문에서 개발한 전력량 계측 데이터 전송장치를 비교 분석한 결과를 나타낸 것이다. LS산전의 전력량계는 별도의 설치 비용이 요구

되고 LS산전, GridWiz, 나오디지털 전력량계는 이더넷을 사용하지만 개발한 장치는 이더넷뿐만 아니라 LTE, WiFi로 무선통신시스템을 사용하여 설치 장소의 제약을 줄였다. 기존 장치의 전력량 계측 시간은 10분 또는 15분이지만 개발한 장치는 사용자가 1분 단위로 설정할 수 있다. 기존 장치는 차세대 수요반응 통신규격인 OpenADR 2.0b를 만족하지 않지만 개발한 장치는 OpenADR 2.0b를 사용하고 있다.

Table 1. Smart meter comparison

Classification	LSIS	GridWiz	Naodigital	Developed system
Installation	Installation fee separately	Wired connection	Wired connection	Wired connection / Wireless network
Communication	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, LTE, WiFi
Measurement Time	15min	10min	15min	Customize
Standardization	Unapplied	Unapplied	Unapplied	Applied

#### 4. 전력량계 시간 동기화

한국전력 iSmart 전력량계는 전력량을 측정하여 측정 결과를 15분마다 한국전력으로 전송한다. 한국전력은 수신된 15분 단위 전력 데이터를 저장하고, 인증된 사용

자에게 그 정보를 공개한다. 본 논문에서 개발한 전력량계는 iSmart 전력량계 옆에 Add-on 형식으로 부착하여 한전 전력량계에서 단위 전력량이 사용될 때마다 깜박이는 램프를 카운트하여 전력량을 카운트한다. 이와 같은 장치는 한국전력에서 측정한 전력량과 본 논문에서 개발한 전력량 계측 데이터 전송장치의 측정 전력량과의 오차는 없지만 시간 동기화에 문제가 생길 수 있다.

#### 4.1 전력량계 시간 오차에 대한 보정

##### (1) 측정 보정 명령

측정 시간 오차에 대한 보정을 위해 Fig. 3와 같이 개발된 IT 서버에서 개발된 전력량계로 "보정을 위한 데이터 수집" 명령을 내린다. 명령을 받은 개발된 전력량계는 한국전력 전력량계가 깜박일 때마다 그 개수를 세면서 각각의 깜박거림의 측정 시간을 정밀하게 저장하여 각 블록 별로 언제 측정되었는지 알 수 있다. 이 과정을 24시간 진행하고, 24시간 후 한전 iSmart 전력데이터 포털에 접속하여 그 동안 수집된 15분 단위 전력량 데이터를 가져와 이 데이터를 개발된 전력량계에 전달하면서 "보정" 명령을 내린다.

##### (2) 시간 오차 추적 및 보정

개발된 전력량계는 보정 명령과 한전 데이터를 전송받아, 측정된 블링킹 타임 라인에서 15분 단위의 시간 윈도우를 움직여, 100% 정확하게 일치하는 시간 오차를

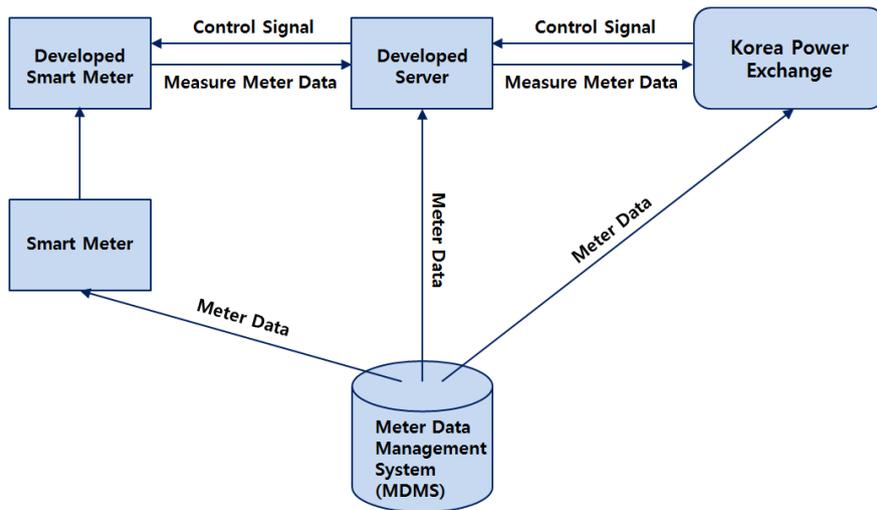


Fig. 3. Smart meter data measurement time synchronization method.

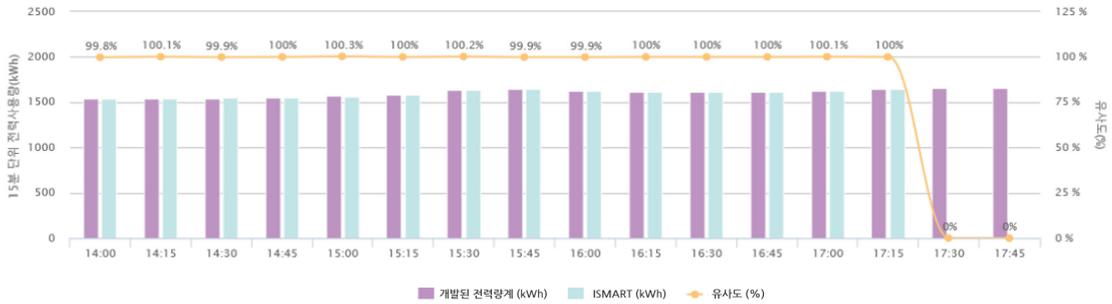


Fig. 4. Comparison of the developed watt hour meter and the KEPCO watt hour meter data.

알아낸다. 개발된 전력량계는 자체 시간을 알아낸 시간 오차만큼 보정하여, 앞으로의 전력 데이터를 보고한다.

### (3) 시간 오차 추적 절차

개발된 전력량계는 소프트웨어적으로 96개(15분씩 24시간)의 윈도우를 생성하여, 개발된 전력량계 기준 시간상 시작점으로부터 15분 단위 윈도우 안에 들어있는 감박거림의 개수를 세어 각 윈도우 안의 전력량이 한전에서 전송된 전력량과 동일한지 확인한다. 95개의 윈도우(마지막 윈도우 제외)의 값들을 비교하여 그 차이를 저장하고, 그 차이가 모두 0일 경우에는 보정 절차가 종료된다. 만약 0이 아닐 경우에는 윈도우의 시작점을 다음 감박거림으로 옮긴 후 95개의 윈도우의 전력량들을 비교하여 그 차이를 저장한다. 그 차이가 0일 경우에는 보정 절차가 종료되며, 다시 0이 아닐 경우에는 첫 시작점을 기준으로 측정된 감박거림을 +1개, -1개, +2개, -2개와 같이 절대 값 거리만큼 Time widow를 슈프트 시키면서 보정작업을 진행하고, 이러한 보정작업이 지정 횟수만큼 반복하였는데도, 100% 일치하는 결과를 찾을 수 없으면 보정 실패를 개발된 전력 IT 서버로 전송하고, 오차 보정에 실패하였음을 알린다. 이후 개발된 전력 IT 서버는 24시간의 데이터를 받아 오차 보정을 다시 실시한다[10]. Fig. 4는 전력량계 시간 오차에 대해 보정 절차를 적용한 결과를 한전전력량계 데이터와 비교하여 나타낸 것이다. 비교결과 99.8%이상의 정확도를 가짐을 확인 할 수 있다.

## 5. 전력 IT 서버 구성

전력 IT 시스템은 VEN, 계산 프로그램, 데이터베이스,

스, VTN으로 구성된다. 여기서 VTN을 제외한 구성을 도식화하면 Fig. 5와 같다. CBL은 고객기준부하를 계산한다. RRMSE 계산이나 급전지시 발령 시에 고객기준부하를 생성하여 데이터베이스에 저장한다. 고객기준부하를 저장하는 테이블은 예측 CBL과 실제 CBL 테이블에 나뉘어 저장된다. 실제 급전지시가 발생하였을 때에는 실제 CBL 테이블에 해당 값이 저장된다.

### 5.1 리소스 테이블

리소스 테이블은 고객의 정보를 저장하는 테이블로써 웹단에서 고객의 계정 정보를 저장하는 테이블이다. 웹단에서 제공한 정보를 읽어와 사용한다. VEN은 OpenADR 2.0 프로파일 B 프로토콜을 이용하여 전력거래소 VTN에 연결된다. VTN에서 급전지시를 발령할 때 이를 감지하여 운영시스템에 알려준다. 또한 자원들이 현재 쓰고 있는 전력사용 데이터를 주기적으로 VTN에 보고하는 역할을 진행한다. VEN은 이벤트를 수신하면 외부 모듈을 통하여 문자 메시지를 발송한다.

### 5.2 KepcoPuller

KepcoPuller는 한국전력으로부터 전력사용 데이터를 가져오는 프로그램이다. 한국전력에 제 3자 정보 공개 동의가 이루어진 고객에 한해서 REST API를 이용하여 정보 취득이 가능하다. 따라서 제 3자 정보 공개 동의가 이루어지지 않은 수용가는 전력 사용 데이터 취득이 불가능하다. 이 데이터는 한국전력의 iSmart의 데이터를 취득하게 되는데, 15분 단위의 전력사용 데이터이다. 또한 한국전력에서 제공하는 데이터이나, 자료 제공이 누락되거나 지연이 발생하는 경우가 있으며, iSmart 서버가 일시적으로 정상 동작하지 않을 때에도 데이터 수집이 불가능하다.

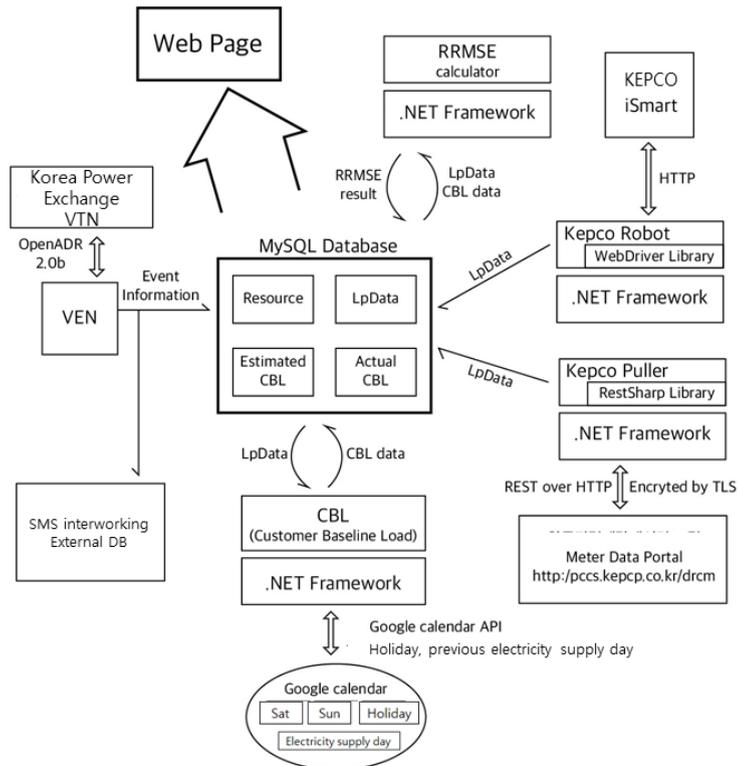


Fig. 5. Functional blockdiagram of the developed power IT server.

### 5.3 KepcoRobot

KepcoRobot은 크롬 브라우저를 이용하여 수용가의 전력 사용 데이터를 취득한다. 한국전력을 통하여 제 3자 정보 제공 동의 절차를 진행할 경우 5~7일 정도의 시간이 소요된다. 이 경우 고객으로부터 iSmart 계정 정보를 취득하여 해당 고객의 전력 사용 데이터 수집이 가능하다. 이는 전기소비편차(RRMSE)를 계산할 때 매우 편리하다. KepcoRobot은 크롬 브라우저를 실행시키고, <http://pccs.kepco.co.kr> 사이트로 이동하여 iSmart계정 정보를 이용하여 로그인한다. 그 후에 브라우저 조작을 통하여 원하는 날짜 페이지로 이동하고, 데이터를 읽어온다. 실행 속도가 매우 느리고, iSmart 사이트의 HTML 구조가 바뀔 경우에는 정상 동작을 하지 않는다. 기본적으로 취득된 정보는 해당 디렉토리에 csv 파일로 저장된다.

### 5.4 oadr2b-ven

adr2b-ven은 OpenADR 2.0 profile B 프로토콜을 구

현한 VEN(Virtual End Node)이다. 이 프로그램은 전력 거래소 VTN(Virtual Top Node)에 연결되어, 급전지시를 수신한다. eiEvent 서비스를 통하여 급전지시가 수신될 경우 oadr2b-ven은 EventBroker를 실행시키고, 급전지시 정보를 데이터베이스에서 저장한다. 저장되는 급전지시 정보는 데이터베이스 스키마의 event, event\_target, event\_signal, event\_interval 테이블을 참고한다.

### 5.5 VEN

VEN은 전력거래소에서 배포한 OpenADR2.0b\_VEN\_Guide\_20150826.pdf의 데이터 흐름을 따라 구현되었다. startPolling을 하였을 경우, VTN과 주고 받는 데이터가 Request XML / Response XML 창에 나타난다. 전력거래소에서 할당된 VenName을 통하여 VTN에 접속이 되며, VTN에서 지정한 일정 간격으로 Polling을 하면서 새로운 이벤트 수신을 확인한다. VEN은 급전지시를 받으면 EventBroker를 실행시키고, 계속 Polling을 한다.

eiReport 서비스를 위하여 VEN은 load\_profile\_data\_

15\_minutes에서 최근 3일간의 데이터를 읽는다. 이 데이터를 oadrUpdateReport를 통하여 VTN으로 전달하고, VTN이 2000K를 통하여 전송 완료를 알려주면 최종적으로 보고가 완료된다. 이 과정은 VTN이 정한 시간 주기로 계속적으로 이루어진다. 보고 과정에서 VEN은 데이터베이스에 이미 보고된 데이터에 대한 관리를 위하여 report\_15\_minutes를 생성하여 관리한다. 데이터가 누락되어 차후에 전력 데이터 포털에서 새롭게 데이터를 받으면, 3일 안의 데이터일 경우 추가로 VTN에 보고가 가능하다.

### 5.6 RRMSE

RRMSE는 전기소비편차(Relative Root Mean-Squared Error)를 의미한다. 평균에서 각 값들이 얼마나 큼 빠져 있는지 편차를 알아보는 수학적식이다. RRMSE는 수용가가 이전 평일근무일 45일 동안 사용한 전력량과 고객기준부하 값을 이용하여 계산된다. 고객기준부하 또한 수용가가 사용한 전력량으로 계산되는 값이기 때문에, 모든 값은 고객이 사용한 전력량을 기준으로 계산된다. 고객기준부하 계산방법은 Max(4/5)와 Mid(6/10)이 있기 때문에 RRMSE 또한 두 가지 계산결과가 나온다. 계산 결과가 30% 이하로 나와야 전기 소비 패턴이 어느 정도 일정한 것으로 생각되어 전력거래소에 자원으로 등록이 가능하다. RRMSE 값은 자원등록 전에 확인하는 값이기 때문에 전력데이터 포털(Open API)로부터 제 3자 정보공개 허가를 받지 못한 수용가일 경우가 대부분이다. 따라서 전력량 정보를 얻기 위해서 한국전력 iSmart 사이트에 접속하여 정보를 얻어온다. 이를 위해 브라우저 컨트롤링과 HTML 문서를 파싱한다.

## 6. 결론

본 논문은 Raspberry Pi 3을 이용하여 Add-on형태로 한전 전력망에 설치 가능한 전력량 계측 데이터 전송 장치를 개발하였다. 개발한 장치는 한전 전력망의 단위 전력 당 깜박이는 램프를 감지하여 전력량을 체크하여 한전 전력망과의 오차를 없애며, 시간 윈도우를 이용하여 한전 전력망계와 전력량 계측 데이터 전송장치간의 시간 오차를 없애 신뢰성 있는 장치를 개발하였다. 2014년에 채택한 스마트 그리드 통신 규격인 OpenADR

2.0b를 충족하여 전력거래소에서 운영하고 있는 전력수요관리사업에 바로 사용될 수 있다. 기존 장치와는 다른 값싼 설치비용과 전문가의 시공이 필요 없으며, 무선 랜 혹은 LTE 망을 통하여 전력 IT 서버로 전력량 데이터를 송수신 하도록 설계하였다. 전력 IT 서버 시스템은 CBL, VEN, VTN, 데이터베이스, 계산 프로그램으로 구성되어 있다.

## References

- [1] Korea Power Exchange, <https://www.kpx.or.kr/>
- [2] Ruilong Deng, Zaiyue Yang, Mo-Yuen Chow, Jiming Chen, "A Survey on Demand Response in Smart Grids: Mathematical Models and Approaches," IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 11, no. 3, pp. 570-582, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/TII.2015.2414719>
- [3] Chao Yang, Junmei Yao, Wei Lou, Shengli Xie, "On Demand Response Management Performance Optimization for Microgrids Under Imperfect Communication Constraints", IEEE Internet of Things Journal, vol. 4, no. 4, pp. 881-893, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2708322>
- [4] E. H. Jeong, B. K. Lee, "A Design of ETDT(ETDTP(Energy Theft Detection and Traceback Protocol) for AMI (Advanced Metering Infrastructure) of Smart Grid", pp. 535-550, Journal of Security Engineering, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/jse.2014.12.09>
- [5] Y. S. Kim, H. M. Oh, S. S. Choi, "A Research on the Traffic of Smart Grid Communication Network Architecture based on Smart Meter", p.650-651, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2015.
- [6] Qie Sun, Hailong Li, Zhanyu Ma, Chao Wang, Javier Campillo, Qi Zhang, Fredrik Wallin, Jun Guo, "A Comprehensive Review of Smart Energy Meters in Intelligent Energy Networks," IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 4, pp. 464-479, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2015.2512325>
- [7] J. H. Kang, H. J. Lim, E. S. Lim, J. M. Lee, "Vision IoT based non-intrusive smart meter system", The Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2017.
- [8] openADR, <http://www.openadr.org/>
- [9] Raspberrypi, <https://www.raspberrypi.org/>
- [10] H. S. Kim, M. J. Kang, H. C. Kim, J. W. Jwa, C. J. Boo, "Auxiliary Electricity Meter and Control method thereof, and server of Auxiliary Electricity meter and control method thereof", The patent application 0081894, 2016.

**강 기 범(Ki-Beom Kang)**

[정회원]



- 2016년 8월 : 제주대학교 통신공학과 공학사
- 2016년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 석사과정

<관심분야>

이동통신시스템, 사물인터넷, 통신 네트워크

**김 호 찬(Ho-Chan Kim)**

[정회원]



- 1989년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학석사)
- 1994년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학박사)
- 2008년 2월 ~ 2009년 2월 : 미국 펜스테이트 방문교수
- 1995년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 전기공학과 교수

<관심분야>

신재생에너지, 풍력발전, 접지시스템 설계, 에너지효율

**김 흥 수(Hong-Su Kim)**

[정회원]



- 2006년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 (컴퓨터공학과 학사)
- 2005년 12월 ~ 2009년 8월 : 삼성전자 정보통신총괄 무선사업부 연구원
- 2011년 8월 ~ 2012년 5월 : 삼성전자 아르헨티나 법인 Mobile Division 해외 영업

- 2015년 4월 ~ 현재 : ㈜숨비 연구원

<관심분야>

정보통신, 전력IT

**강 민 제(Min-Jae Kang)**

[정회원]



- 1982년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 미국 루이빌대 전기공학과(공학박사)
- 2003년 2월 ~ 2004년 2월 : 미국 일리노이주립대학 방문교수
- 1992년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

신경회로망, 접지시스템 설계, 풍력발전제어

**좌 정 우(Jeong-Woo Jwa)**

[정회원]



- 1985년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
- 2001년 8월 : 한국과학기술원 정보및통신공학과 공학박사
- 1987년 3월 : KT 무선통신연구소
- 1997년 1월 : KTF 무선인터넷사업본부

- 2002년 10월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 교수

<관심분야>

이동통신시스템, ICT 융합기술 응용, 사물인터넷, 스마트 관광