

스마트 그리드 환경에서 가전기기의 에너지 저감을 위한 SEP 2.0 기반의 자동수요반응 시스템 개발

정진욱 · 김수홍 · 진교홍*

The Development of the Automatic Demand Response Systems Based on SEP 2.0 for the Appliances's Energy Reduction on Smart Grid Environments

Jin-uk Jung · Su-hong Kim · Kyo-hong Jin *

Department of Electronic Engineering, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

요 약

본 논문에서는 기존의 가입자가 직접 전력량을 조절하는 수동수요반응과는 달리 정해진 시간에 자동적으로 전력량 소모를 줄이는 자동수요반응 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 SEP 2.0을 기반으로 동작하며 수요반응 관리 프로그램과 수요반응 서버, 수요반응 클라이언트로 구성된다. 수요반응 관리 프로그램은 가입자에게 전력사용 현황을 알려주고 관리자에게는 수요반응 이벤트를 생성 및 취소할 수 있게 한다. 수요반응 서버는 수요반응 관리 프로그램에서 수신한 수요반응 이벤트를 SEP 2.0을 통해 수요반응 클라이언트로 전송하고 수요반응 클라이언트가 주기적으로 전송하는 미터링 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 그리고 수요반응 클라이언트는 수신한 수요반응 이벤트에서 수요반응 이벤트 시작시간과 지속시간, 감소레벨을 추출한 뒤, 특정 기간 동안 전력소모를 감소시킨다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the automatic demand response systems which reduce the electric power consumption for the period automatically distinct from the existing passive demand response that a subscriber directly controls the energy consumption. The proposed systems are based on SEP 2.0 and consist of the demand response management program, the demand response server, and the demand response client. The demand response program shows the current status of the electric power use to a subscriber and supports the function which the administrator enables to creates or cancels a demand response event. The demand response server transmits the demand response event received from the demand response management program to the demand response client through SEP 2.0 protocol, and it stores the metering data from the demand response client in a database. After extracting the data, such as the demand response the start time, the duration, the reduction level, the demand response client reduces the electric power consumption for the period.

키워드 : 스마트 그리드, 수요반응, 스마트 에너지 프로파일 2.0, 에너지 저감

Key word : Demand Response, Energy saving, Smart Energy Profile 2.0, Smart Grid

Received 23 May 2016, Revised 31 May 2016, Accepted 15 June 2016

* Corresponding Author Kyo-hong g Jin(E-mail:khjin@changwon.ac.kr, Tel:+82-55-213-3659)

Department of Electronic Engineering, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.9.1799>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

2001년 캘리포니아와 2003년 미국 북동부에서 발생한 대규모 정전은 해당 지역에 큰 손실을 가져왔다. 그 중 캘리포니아는 2008년 이후로도 두 차례의 큰 정전을 경험했다[1,2]. 우리나라의 경우에도 2011년에 전국적으로 일시적인 정전 사태가 발생했으며, 그 이후에도 냉난방기의 과도한 사용으로 인해 동·하계에 전력수급위기가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다[3].

이러한 사태를 미연에 방지하기 위해 도입된 것이 바로 스마트 그리드(Smart Grid)이다. 스마트 그리드는 기존의 전력망에 정보·통신 기술을 접목하여, 공급자와 수요자가 실시간 양방향 통신을 통해 정보를 교환함으로써 지능형 수요관리, 신재생 에너지연계, 전기자동차 충전 등을 가능하게 하는 차세대 전력망이다[4-6].

스마트 그리드의 핵심 기술로는 스마트전력계량기(AMI: Advanced Metering Infrastructure) 기술, 수요반응(DR: Demand Response) 기술, 에너지저장시스템(ESS: Energy Storage Systems) 기술 등이 있다. 그 중 수요반응 기술은 전력 수요자에게 전력사용량, 예상 요금 등의 다양한 정보를 제공함으로써, 효율적인 전력사용을 유도해 전력수요 피크 시에 전력수급 조정이 용이하게 한다[3].

한편, 수요반응 기술 중 하나인 자동수요반응 기술은 별도의 소비자 개입 없이 특정 기간 동안에 자동으로 전력감축을 수행한다[7]. 이와 같은 동작이 가능하려면 수요반응 시스템을 구축해야 하고 시스템의 운용을 위해 에너지 관리 통신 표준인 SEP(Smart Energy Profile) 2.0이나 OpenADR(Open Automatic Demand Response)을 사용해야 한다[8,9].

본 논문에서는 스마트 그리드 환경에서 가전기기의 에너지 저감을 위한 SEP 2.0 기반의 자동수요반응 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 SEP 2.0을 기반으로 동작하며 수요관리 사업자가 수요반응 이벤트를 생성하면, 해당 사업자와 계약이 되어 있는 가입자의 수요반응 클라이언트로 수요반응 이벤트에 대한 정보가 전달된다. 가전기기와 연결되어 있는 수요반응 클라이언트는 수신된 수요반응 이벤트 정보를 확인하여 정해진 시간만큼 자동으로 전력소비량을 감축한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고 3장에서는 개발된 시스템에 대해서 자세히

설명한다. 그리고 4장에서는 시스템의 동작 시험과 그 결과를 논하고 마지막 5장에서 결론 및 향후 계획에 대해 기술 한다.

II. 관련 연구

2.1. 수요 반응

수요 반응(Demand Response)은 전력수요 피크 등의 이유로 인해 수급 위기가 발생할 때, 전기요금 조정이나 부하감축 지시에 의한 전력소비절감 등을 통해 전력수급의 균형을 유지하기 위한 활동을 의미한다. 수요반응 관련 사업자는 사전에 빌딩이나 공장 등 대용량 수용가와 계약을 맺고 전력회사 및 전력거래소의 수요반응 신호에 따라 이들 수용가의 전력소비를 감축시킨다[3,10].

수요반응은 소비자가 어떻게 반응하느냐에 따라 수동수요반응과 자동수요반응으로 구분할 수 있다. 수동수요반응은 전력생산자나 수요반응 서비스 사업자의 전력감축지시에 대해 소비자가 수동으로 수요를 조절하는 방식이며 자동수요반응은 전력감축지시에 소비자가 개입하지 않고 자동으로 반응해 전력사용량을 조절하는 방식을 말한다[11,12]. 스마트 그리드에서 말하는 수요반응은 일반적으로 자동수요반응을 의미하며 전력생산업체, 수요반응 서비스 사업자, 소비자 간에 수요반응 정보들을 주고받기 위해 SEP 2.0이나 OpenADR과 같은 에너지 관리 표준 통신 프로토콜을 활용한다[13].

그림 1은 수요반응 서비스의 개념을 보여준다. 수요반응 사업자는 전력생산업체나 전력거래소로부터 수요반응 이벤트에 따라, 가입자에게 전력감축을 지시한다. 이때 수요반응 이벤트에는 감축기간과 감축량에 대한 정보가 포함되어 있다. 수요반응 사업자는 가입자의 전력소비 정보를 분석하여 전기소비 절감에 따른 인센티브를 가입자에게 제공한다[11].

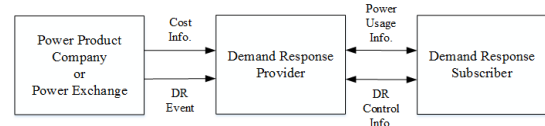


Fig. 1 The Concept of Demand Response Service

2.2. Smart Energy Profile 2.0

SEP 2.0은 전기설비 장치 및 스마트가전 간 상호운용을 위해 표준화된 통신 규격으로 IP(Internet Protocol) 기반의 Ethernet, Wi-Fi, Zigbee, PLC(Power Line Communication)등의 다양한 유무선 통신 방식에 적용할 수 있다는 장점이 있다. 메시지 교환 방식으로 RESTful HTTP/1.1에 XML 인코딩을 사용하며, TLS (Transport Layer Security)를 적용하여 종단 간(End-to-End) 통신의 보안성을 확보하고 있다. 그리고 디바이스 간 연결은 xnDNS를 통해 이루어지며 동적으로 네트워크 상의 서비스를 탐색한다[8,13].

클라이언트로 전달한다. 마지막으로 가전기기와 연결되는 수요반응 클라이언트는 수집한 전력소비량 정보를 수요반응 서버로 전달하고 수요반응 서버는 수신한 전력소비량 정보를 데이터베이스에 저장한다.

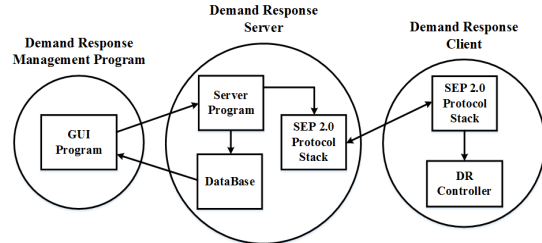


Fig. 2 Automatic Demand Response Systems

III. 자동수요반응 시스템

3.1. 시스템 개요

제한한 자동수요반응 시스템은 그림 2와 같이 수요반응 관리 프로그램과 수요반응 서버, 수요반응 클라이언트로 구성된다. 수요반응 서비스 가입자는 현재 참여 중인 수요반응 관리 프로그램을 통해 수요반응 서비스의 내용을 확인할 수 있으며, 수요반응 서비스 관리자는 수요반응 관리 프로그램에서 새로운 수요반응 이벤트를 생성하거나 기존의 수요반응 이벤트를 취소할 수 있다. 수요관리 프로그램과 수요반응 클라이언트 사이에 위치하는 수요반응 서버는 서버 프로그램과 SEP 2.0 프로토콜 스택, 데이터베이스로 구성된다. 서버 프로그램은 수요반응 관리 프로그램으로부터 수신한 수요반응 이벤트 정보를 SEP 2.0 프로토콜 스택을 통해 수요반응

3.2. 자동수요반응 시스템의 SEP 2.0 메시지 교환 과정

개발된 자동수요반응 시스템의 SEP 2.0 메시지 교환 과정은 등록, 시간동기화, 수요반응 이벤트 추가 및 삭제, 미터링 데이터 전송의 순으로 진행된다. 표 1은 자동수요반응 시스템에서 활용되는 SEP 2.0 Function Set을 간단히 설명한 표이다[8].

1) 등록

첫 번째는 등록 절차이다. 그림 3과 같이 먼저 수요반응 클라이언트가 EndDevice 리소스를 요청하면 수요반응 서버는 Registration Link가 포함된 EndDevice 리소스로 응답한다. Registration Link에는 PIN 번호가 포함되어 있는데 수요반응 클라이언트는 이 PIN 번호와 자신의 가지고 있던 PIN 번호를 비교한다. 만약 유효한

Table. 1 SEP 2.0 Function Sets Utilized for the Developed Systems

Function Set	Function
EndDevice	This function set supports interface to exchange informations related with the device
DeviceCapability	This function Set enumerates the function set that a server supports.
Registration	This function set is used to register a client to a server.
Time	This function set is used for the time synchronization between a client and a server.
DemandResponseProgram	This function set is included in Demand Response and Load Control Function Set, it means a demand response program.
EndDeviceControlList	This function set includes the list of all clients which a server manages.
EndDeviceControl	This function set is included within Demand Response and Load Control Function Set, it is used for supporting the control parameters to DRLC clients.
MirrorUsagePoint	This is included in Metering Mirror Function Set, it has LFDI for each client. LFDI is used for identifying clients.
MirrorMeterReading	This is included in Metering Mirror Function Set, it is used to add the time information.

PIN 번호라면, 등록에 성공하고 그렇지 않다면 등록에 실패한다. 그리고 수요반응 클라이언트는 자신이 참여할 서비스를 찾기 위해 DeviceCapabilities Function Set을 수요반응 서버에 요청한다. 그러면 수요반응 서버는 자신이 제공할 수 있는 서비스의 종류, 즉, Function Set들이 나열되어 있는 DeviceCapabilities Function Set을 수요반응 클라이언트로 전송한다. 수요반응 클라이언트는 수신한 DeviceCapabilities Function Set을 확인하여 자신에게 서비스를 제공할 수요반응 서버가 누구인지 알 수 있다.

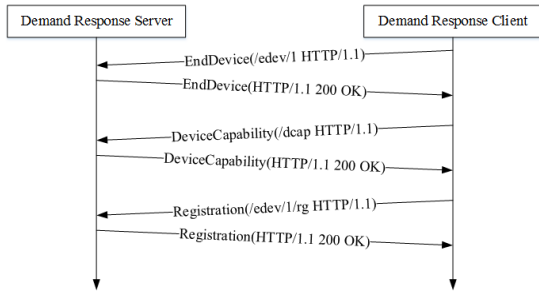


Fig. 3 SEP 2.0 Message Exchange: Registration

2) 시간동기화

두 번째 절차는 시간동기화이다. 시간동기화를 위한 메시지 교환 절차는 그림 4과 같다. 수요반응 클라이언트는 수요반응 서버에 Time Function Set을 요청하고 수요반응 서버는 이에 현재 시간을 포함하고 있는 Function Set으로 응답한다. 수요반응과 과금(Pricing), 미터링(Metering) 등의 서비스들은 시간을 기준으로 이루어지기 때문에 시간 동기화가 필수적으로 요구된다.

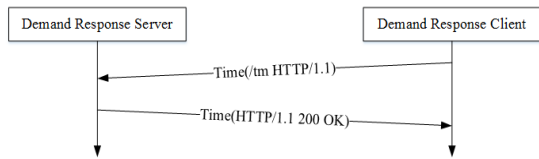


Fig. 4 SEP 2.0 Message Exchange: Synchronization

3) 수요반응 이벤트 추가 및 삭제

수요반응 클라이언트는 수요반응 정보를 확인하기 위해 그림 5와 같이 DemandResponseProgramList 리소스를 요청하고 서버는 한 개 이상의 DemandResponse Program 리소스가 포함된 동일한 리소스로 응답한다.

DemandResponseProgram 리소스에는 수요반응 프로그램에 대한 정보와 EndDeviceControlListLink 정보가 포함되어 있다. 수요반응 클라이언트는 얻고자 하는 DemandResponseProgram의 EndDeviceControlList를 요청하며, 서버는 요청에 따라 EndDeviceControlList를 응답한다. 수신된 EndDeviceControl에는 수요반응 이벤트의 상태, 시작시간, 지속시간, 제어방법 등의 내용들이 포함되어 있으며 수요반응 클라이언트는 해당 정보를 이용하여 수요반응을 수행한다.

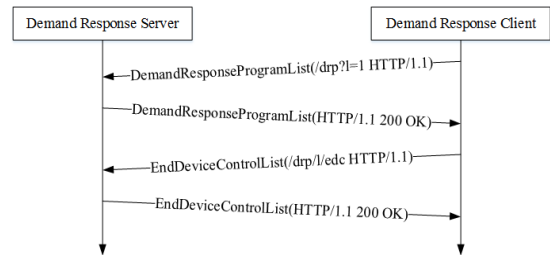


Fig. 5 SEP 2.0 Message Exchange: Demand Response

4) 미터링 데이터 전송

수요반응 클라이언트는 수요반응 이벤트 정보에 기록되어 있는 시간 간격동안 사용한 전기 사용량을 전달하기 위해 MirrorMeterReadnig 리소스를 전송한다. 이 리소스는 MirrorUsagePoint 리소스에 포함되어 수요반응 서버로 전송된다. 이 리소스를 수신한 서버는 동일한 리소스로 응답한다. 그림 6은 이 과정을 나타낸다.

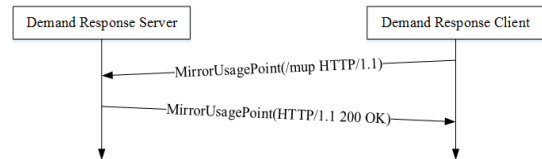


Fig. 6 SEP 2.0 Message Exchange: Metering Data

3.3. 수요반응 이벤트 생성 및 취소 동작

수요반응 서버 관리자는 수요반응 관리 프로그램에서 시작일시, 지속시간, 감소레벨 정보가 포함되어 있는 수요반응 이벤트를 생성 및 취소할 수 있다.

1) 수요반응 이벤트 메시지 포맷

표 2는 개발된 시스템에서 사용되는 수요반응 이벤트 메시지 포맷이다. 메시지 Message Type 필드는 수요

Table. 2 Demand Response Event Message Format

Field Name		Function	Example
Message Type		This field's value means the type of DR event message.	00 01
Administrator Name		This field records the administrator's ID operating the developed systems.	Admin
DR Event Number		Demand response event number to be created.	DRP_01
DR Event Start Time		This field records the time which demand response event will be started.	2016-03-21 15:35:00
Duration		This field records a value which how long does DR to be created last. The value's unit is a second.	300
DR Reduction Level		This field represents an amount of the electric power to be reduced by the device joining DR event.	1 ~ 4
Instance ID	Group ID	Group ID is used to cancel DR event.	Null
	Parent DRP ID	Parent DRP ID which is DR Program's ID is used to cancel DR event.	Null
	EDC ID	EDC ID is EndDeviceControl ID. This is used to cancel DR event.	Null

반응 이벤트 메시지의 종류를, Administrator Name은 관리자의 이름을 나타내기 위해 사용한다. 그리고 DR Event Number에는 생성된 수요반응 이벤트가 얼마동안 지속될 것인지 기록하며 단위는 초(s)이다. DR Reduction Level에는 수요반응 이벤트에 참여하는 수요반응 클라이언트가 얼마만큼 전력량을 감소시켜야 하는지를 표시한다. 마지막으로 Instance ID는 Group ID, Parent DRP ID, EDC ID로 구성되며 이들은 모두 수요반응 이벤트를 취소할 때 사용된다.

2) 수요반응 이벤트 생성

관리자가 사용자 수요반응 관리 프로그램에서 수요반응 이벤트를 추가하면, 해당 이벤트에 대한 정보들을 포함하는 수요반응 이벤트 생성 메시지가 만들어진다. 생성된 수요반응 이벤트 생성 메시지는 수요반응 서버에서 동작 중인 수요반응 서버 프로그램으로 전달된다. 수요반응 서버 프로그램은 수신한 메시지의 Message Type 필드의 값이 00인 것을 확인하고 수요반응 이벤트 생성 메시지라고 판단한다. 수요반응 이벤트 생성 메시지에 포함되어 있던 수요반응 이벤트 시작시간, 지속시간, 감소레벨 필드의 값을 SEP 2.0 프로토콜 스택으로 전달한다.

이 과정에서 수요반응 이벤트를 취소하기 위한 용도로 사용할 Instance ID가 생성된다. 그 다음 수요반응 서버 프로그램은 수요반응 이벤트 생성 메시지에 포함되어 있던 정보들을 데이터베이스에 저장한다. 수요반응

클라이언트에서 동작 중인 SEP 2.0 프로토콜은 폴링(Polling) 작업을 통해 수요반응 서버에게 수요반응 이벤트 목록을 요청한다. 그러면 서버 측의 SEP 2.0 프로토콜은 서버 프로그램으로부터 수신한 수요반응 이벤트를 포함한 전체 수요반응 이벤트 리스트를 수요반응 서비스 기기로 전달한다. 아래 그림 7은 수요반응 이벤트가 생성되는 과정을 보여준다.

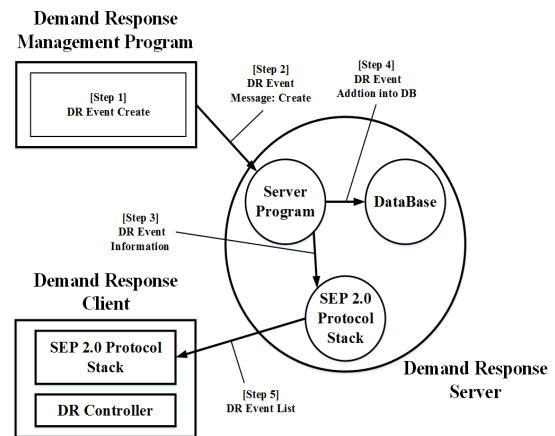


Fig. 7 Demand Response Event Create

3) 수요반응 이벤트 취소

수요반응 이벤트를 취소하는 과정은 그림 8과 같다. 수요반응 관리 프로그램은 처음 실행될 때, 수요반응 서버의 데이터베이스로부터 현재 저장되어 있는 모든

수요반응 이벤트에 대한 정보를 모두 불러와 화면에 보여준다. 그러면 관리자는 화면에 나열되어 있는 목록에서 취소하고자 하는 특정 수요반응 이벤트를 취소하면 수요반응 이벤트 취소 메시지가 생성되고 이 메시지는 수요반응 서버 프로그램으로 전달된다. 수요반응 이벤트 취소 메시지를 수신한 서버 프로그램은 이 메시지의 Instance ID 필드에 기록되어 있는 값을 SEP 2.0 프로토콜 스택으로 전달한다.

그러면 SEP 2.0 프로토콜은 수요반응 이벤트 목록에서 이 Instance ID에 대응되는 수요반응 이벤트를 찾아 해당 이벤트는 더 이상 유효하지 않다고 표시한다. 그리고 수요반응 클라이언트는 서버로부터 수요반응 이벤트 목록을 수신하고 수신된 목록을 확인하여 유효하지 않다고 표시된 수요반응 이벤트의 동작은 수행하지 않는다.

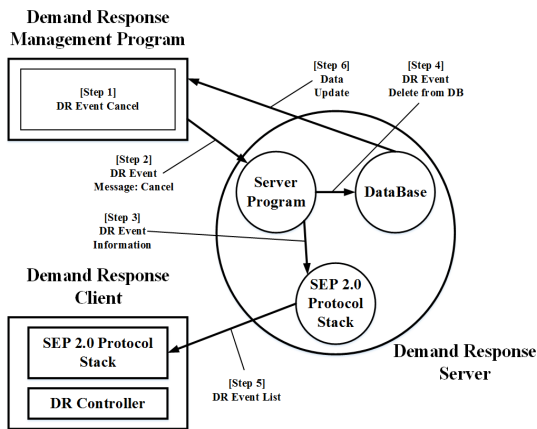


Fig. 8 Demand Response Event Cancel

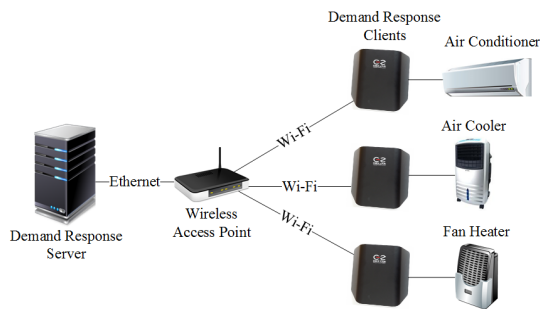


Fig. 9 Testbed for the Operation Tests of the Developed Systems

IV. 동작시험 및 평가

개발된 시스템의 동작 시험을 위해 그림 9와 같이 무선 액세스 포인트에 수요반응 서버와 수요반응 클라이언트들을 연결하였으며 수요반응 클라이언트는 모두 세 대로 각각 에어컨, 냉풍기, 온풍기에 연결하였다.

1) 첫 번째 시나리오

첫 번째 시나리오는 오후 4시부터 1시간, 그리고 오후 6시부터 1시간동안 수요반응 클라이언트가 자신과 연결되어 있는 가전기기들의 전원을 끄도록 하는 것이다. 그림 10은 수요반응 관리 프로그램에서 시나리오에 따라 수요반응 이벤트를 생성한 화면을 보여준다. 화면 좌측 부분에서 수요반응 이벤트의 시작시간과 지속시간을 설정하고 아래의 확인버튼을 누르면 우측에 생성한 수요반응 이벤트의 목록들이 추가된다.

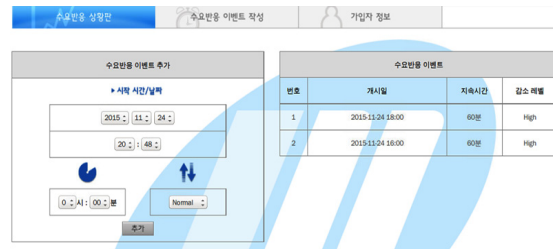


Fig. 10 The Creation of Two Demand Response Events in Demand Response Management Program

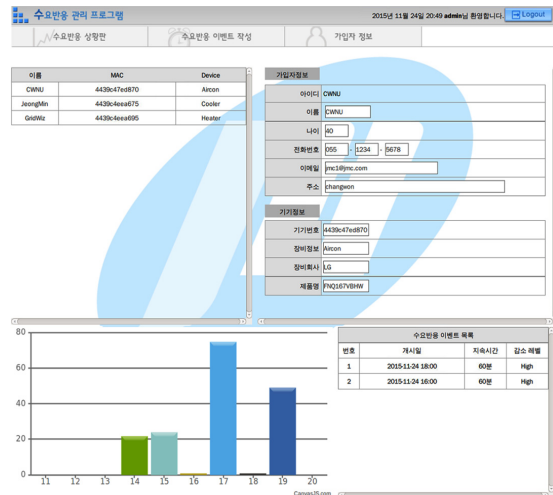


Fig. 11 Subscriber Page in DR Management Program

동작시험 후, 아래의 그림 11처럼 수요반응 관리 프로그램에서 결과를 확인하였다. 시간별로 사용한 전력량을 표시해주는 좌측 하단의 막대그래프를 보면 오후 4시부터 5시까지, 그리고 오후 6시부터 7시까지 사용한 전력량이 거의 없음을 확인할 수 있다.

2) 두 번째 시나리오

두 번째 시나리오는 그림 12와 같이 총 시험시간은 50분이며 10분 간격으로 정상동작 구간과 수요반응 이벤트 구간이 번갈아 나타나게끔 하였다. 정상동작 구간은 에어컨이 정상적으로 동작하는 구간이며 수요반응 이벤트 구간은 수요반응 이벤트에 따라서 전력량을 감축하는 구간이다. 이 테스트에서는 수요반응 클라이언트가 수요반응 이벤트를 수신하면 에어컨을 정지시켰다가 수요반응 이벤트가 종료되는 즉시 에어컨을 가동시키도록 하였다.

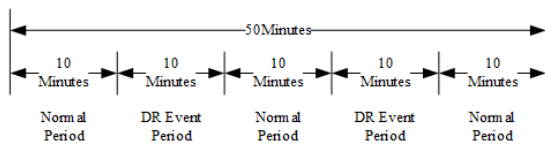


Fig. 12 Test Scenario

```
mysql> select * from All_Consumption_201511;
```

ID	Time	Consumption
grtdwiz	2015-11-06 11:45:57	46
CWNU	2015-11-06 11:45:58	3
jeongmin	2015-11-06 11:46:08	119
grtdwiz	2015-11-06 11:50:57	112
CWNU	2015-11-06 11:50:59	3
jeongmin	2015-11-06 11:51:09	143
grtdwiz	2015-11-06 11:55:58	0
CWNU	2015-11-06 11:55:59	0
jeongmin	2015-11-06 11:56:09	0
grtdwiz	2015-11-06 12:00:59	3
CWNU	2015-11-06 12:01:00	1
jeongmin	2015-11-06 12:01:10	37
grtdwiz	2015-11-06 12:05:59	46
CWNU	2015-11-06 12:06:01	5
jeongmin	2015-11-06 12:06:11	182
grtdwiz	2015-11-06 12:11:00	78
CWNU	2015-11-06 12:11:01	3
jeongmin	2015-11-06 12:11:11	142
grtdwiz	2015-11-06 12:16:01	0
CWNU	2015-11-06 12:16:02	0
jeongmin	2015-11-06 12:16:12	0
grtdwiz	2015-11-06 12:21:01	4
CWNU	2015-11-06 12:21:02	1
jeongmin	2015-11-06 12:21:12	40
grtdwiz	2015-11-06 12:26:01	53
CWNU	2015-11-06 12:26:03	5
jeongmin	2015-11-06 12:26:13	183

27 rows in set (0.01 sec)

Fig. 13 Database Table Saving All Clients' the Electric Consumption

그림 13은 수요반응 구간동안에 수요반응 클라이언트들이 소모한 전력량을 모두 저장하고 있는 데이터베이스 테이블이다. 위 그림에서 수요반응 구간을 살펴보면 수요반응 이벤트에 따라 정해진 시간동안 전원을 완전히 차단했음에도 약간의 전력이 소모되는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 수요반응 이벤트가 시작되었음에도 전력 소모가 발생하는 이유는 미터링 데이터의 전송 주기 때문이다.

위의 그림에서 수요반응 클라이언트 중에서 가장 많은 전력을 소모하는 jeongmin의 경우에 수요반응 이벤트 구간인 11시 56분 9초와 12시 1분 10초에 각각 0W와 37W가 기록된 미터링 데이터를 수신하였다. 수요반응 이벤트는 11시에 시작되어 10분간 지속되므로 11시 51분 9초부터 11시 56분 9초까지의 전력 소모량은 0W이다. 그리고 12시에 수요반응 이벤트가 종료된 후, jeongmin이 12시 1분 10초에 37W의 미터링 데이터를 전송한다. 이는 11시 56분 9초부터 12시 1분 10초까지의 사용한 전력량이다. 다시 말해 37W라는 값은 12시부터 12시 1분 10초까지 70초의 시간동안 소모한 전력량이다.

V. 결 론

스마트 그리드의 핵심 기술 중 하나인 수요반응은 냉난방기로 인해 동·하계 특정 시간대에 전력 소비량이 편중되는 현상을 예방하기 위한 가장 현실적인 해결방안이다. 개발된 자동수요반응 시스템은 댁내 에너지 정보를 수집하는 통신 프로토콜인 SEP 2.0을 기반으로 한다. 관리자가 수요반응 관리 프로그램에서 수요반응 이벤트를 추가 및 삭제하면, 수요반응 이벤트 정보가 수요반응 서버의 서버 프로그램으로 전달되고 이는 다시 수요반응 클라이언트로 전달된다. 수요반응 클라이언트는 수요반응 이벤트에 따라 가전기기의 에너지 소모량을 조절하며 주기적으로 소모한 전력량을 수요반응 서버로 전달한다. 가입자와 관리자 모두 수요반응 관리 프로그램에서 사용 중인 전력량을 실시간으로 확인할 수 있다. 동작시험을 위해 테스트베드를 구축하였으며 시험 결과, 수요반응 이벤트 구간에서 정확하게 전력감축이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is financially supported by Changwon National University in 2015~2016.

REFERENCES

- [1] K. J. Kim. (2014, October). The maximization of the electric power supply and energy consumption [Internet]. Available: <http://m.jnilbo.com/article.php?aid=1413817200454047010>.
- [2] S. H. Song. (2004, April). The report on the blackout of the northeast in USA [Online]. Available: http://www.korec.go.kr/korec_home/pds/www_policy/%EB%AF%B8%EA%B5%AD%EB%8F%99%EB%B6%81%EB%B6%80%EC%A7%80%EC%97%AD%EA%B4%91%EC%97%AD%EC%A0%95%EC%A0%84%EB%B6%84%EC%84%9D%EB%B3%B4%EA%B3%A0.hwp.
- [3] B. S. Son. (2014, April). The increasement of the electric power demand and demand response policies [Online]. Available: <http://www.greenplatform.re.kr/com/file/pdfView.do?jsessionId=9385A860EE095ECC60B0C58B6B1044A2?fileId=FILE0000000000000741&fileSn=1>.
- [4] ISSUEQUEST, *Smart Grid: The Actual Condition of Market Technologies and the Industry Participation Trends*, Seoul, ISSUEQUEST Publishing Co., 2013.
- [5] Y. M. Doh, S. J. Kim, T. W. Hoe, N. S. Park, H. H. Kim, S. K. Hong, J. H. Seo, J. A. Jeon, "A Trend Analysis of Smart Grid Technology: The Convergence of Electric Power Network and IT Technologies," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 24, no. 4, pp. 74-86, Oct. 2009.
- [6] Korea Smart Grid Institute. Smart Grid 2030: The Concept of Smart Grid [Internet]. Available: <http://www.smartgrid.or.kr/09smart2-6-1.php>.
- [7] University-Industry Cooperation, Gachon University. (2013, June). A Study on Activation Plans for Demand Response of Public Institutions(Final Report) [Online]. Available: <http://www.kpx.or.kr/www/downloadBbsFile.do?atchmfnlNo=16146>.
- [8] IEEE Std. 2030.5-2013, *IEEE Adoption of Smart Energy Profile 2.0 Application Protocol Standard*, IEEE, 2013.
- [9] openADR Alliance [Internet]. Available: <http://www.openadr.org/>.
- [10] Ministry of Trade, Industry & Energy. (2013, August). Smart Grid business models create new service markets - The forwarding of smart grid project based on Jeju's Demonstration Project- [Online]. Available: https://www.kiet.re.kr/part/sDownload.jsp?s_idx=35600.
- [11] Korean Smart Grid Association. (2014, March). The report on Smart Grid Standard Issues - DR(Demand Response) Area- [Online]. Available: [http://www.sgstandard.org/download.asp?filename=5_5BSG%7F9%8B%5D_%BD%BA%B8%B6%8C%AE%B1%D7%B8%AE%B5%E5_%C7%A5%C1%D8_%C0%CC%BD%B4_%BA%B8%B0%ED%BC%AD\(5\)_DR_%C3%D6%C1%BE_140305.pdf&filepath=/upload/board/2](http://www.sgstandard.org/download.asp?filename=5_5BSG%7F9%8B%5D_%BD%BA%B8%B6%8C%AE%B1%D7%B8%AE%B5%E5_%C7%A5%C1%D8_%C0%CC%BD%B4_%BA%B8%B0%ED%BC%AD(5)_DR_%C3%D6%C1%BE_140305.pdf&filepath=/upload/board/2).
- [12] D.J. Kim. (2014, February). The current status and prospects of the intelligent DR [Online]. *Monthly Electrical Journal*. sno. 446. pp. 42-45. Available: http://www.elec.or.kr/elec_journal/2014_2/6.pdf.
- [13] R. Kyusakov, J. Eliasson, J. V. Deventer, J. Delsing, and R. Cragie, "Emerging energy management standards and technologies - Challenges and application prospects," in *Proceeding of 2012 IEEE 17th International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation*, Krakow, pp. 1-8, 2012.



정진욱(Jin-uk Jung)

2004 동의대학교 멀티미디어공학과 공학사
2006 동의대학교 디지털미디어공학과 공학석사
2012 창원대학교 전자공학과 공학박사
※ 관심분야 : 사물인터넷, 스마트 그리드, 컴퓨터프로그래밍, 데이터통신 및 컴퓨터네트워크



김수홍(Su-hong Kim)

2015 창원대학교 전자공학과 공학사
2015 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : 사물인터넷, 유비쿼터스 컴퓨팅



진교홍(Kyo-hong Jin)

1991 부산대학교 컴퓨터공학과 공학사
1993 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
1997 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1997 ~ 2000 국방과학연구소 선임연구원
2000 ~ 2004 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수
2004 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 데이터통신, 센서네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 스마트 공장, 사물인터넷