

탄력적 전력 소비를 위한 OpenADR 2.0b 기반의 수요반응 시스템 구현

전영우⁰¹ 조성아¹ 김병선¹ 류준우² 정욱² 조진성¹
경희대학교 컴퓨터공학과¹, (주)그리드위즈²

jyw5418@khu.ac.kr, seongside@khu.ac.kr, ykbs0903@khu.ac.kr
June@gridwiz.com woos@gridwiz.com, chojs@khu.ac.kr

Implementation of Demand Response System based on OpenADR 2.0b for Flexible Power Consumption

Youngwoo Jeon⁰¹, Seungah Jo¹, Byoungseon Kim¹, Junewoo Ryu², Wook Jeong², Jinsung Cho¹
Department of computer engineering, Kyung Hee University¹, Gridwiz.Inc²

요 약

스마트 그리드란 정보통신기술을 전력시장에 도입하여 지능형 전력망 시스템을 구축하는 것을 의미한다. 이를 위한 핵심요소 중 수요반응은 소비자와 전력 공급자간 정보를 교환하는 것으로, 소비자의 전력 사용량 감축과 동시에 전력 공급자에게 운영효율의 향상을 목표로 한다. 이러한 수요반응 서비스의 활성화, 지속성, 신뢰성을 보장하기 위해 OpenADR Alliance에서는 OpenADR이란 표준을 제정하였으며, 해당 표준에서는 수요반응과 관련된 이벤트, 등록, 보고, 스케줄링 등의 다양한 정보교환 규격을 나타내고 있다. 본 논문에서는 이러한 OpenADR 2.0b를 활용하여 전력소비 제어를 위한 스마트 플러그, 수요반응 서버 및 서비스를 구현하였다. 이를 통해 사용자는 각종 전자기기의 전력 소모량을 실시간으로 파악할 수 있게 되었으며, 최상위 전력 공급자인 KPX로부터 발생한 수요반응 이벤트를 통해 스마트 플러그들을 제어함으로써 탄력적인 전력 사용을 가능하게 하였다.

1. 서 론

스마트 그리드란 정보통신기술을 활용한 전력 공급자와 소비자 간의 실시간 정보 교환을 통해 에너지 효율을 최적화하는 지능형 전력망을 의미한다. 이러한 스마트 그리드 체계 구축을 위한 다양한 요소 중 하나인 DR (Demand Response)은 전력 공급자가 사용자에게 전력정보를 제공하여 사용자의 전력 사용량 감축을 유도하고, 공급자의 전력 관리 및 운영 측면의 효율을 향상시키는 것을 목적으로 한다 [1]. 이러한 DR 서비스를 위한 대표적인 통신 프로토콜로는 Zigbee alliance의 SEP (Smart Energy Profile)와 OpenADR alliance의 OpenADR (Open Automated Demand Response)이 존재한다 [2, 3]. 이 중 OpenADR은 자동화된 DR 서비스를 구현하기 위한 프로토콜로서 전력 공급자, 부하관리 사업자, 사용자간 지속성, 신뢰성을 보장하는 상호 통신에 목적을 두고 있다.

이러한 OpenADR을 활용한 대표적 서비스에는 Ecobee DR과 ControlScope Manager가 존재한다. Ecobee DR은 사용자-온도조절 기기와의 통신을 통해 능동적인 실내 온도 조절 기능을 제공한다. ControlScope Manager는 기업 전용 서비스로 OpenADR 서버의 DR 이벤트 요청에 따라 기업 내 각종 기기들의 부하관리 서비스를 제공하고 있다. 이 외에도 OpenADR 표준의 메시지 교환 규격을 통해 스마트 그리드 구현을 위한 다양한 서비스들의 개발 및 연구가 진행되고 있다 [4].

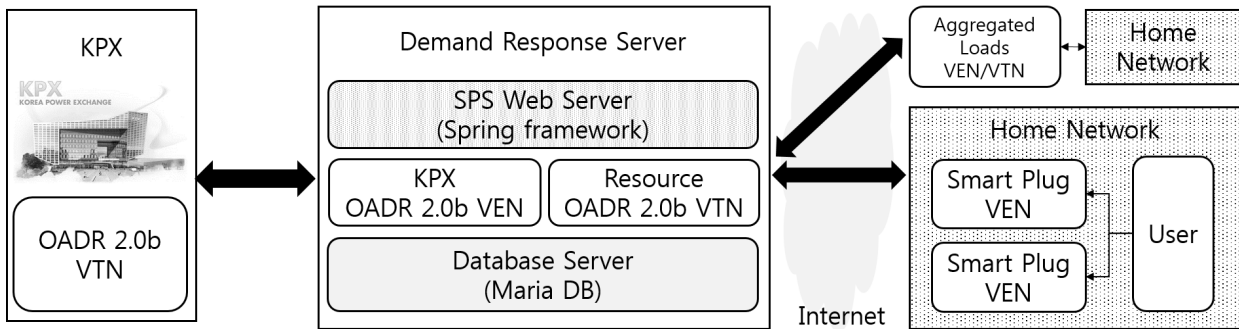
이러한 표준을 활용하여 본 논문에서는 OpenADR 2.0b

기반의 자동수요반응 시스템을 제안한다 제안하는 시스템은 크게 DR 반응/DR 요청을 병행하는 DR 서버와 시스템 확장을 위한 Aggregated Load, 전력사용 제어를 위한 스마트 플러그 하드웨어로 구성된다. 이를 통해 전력 수요를 측정하는 KPX (전력거래소)로부터의 DR 요청에 따라 DR 서버는 사용자의 스마트 플러그를 실시간으로 제어함으로써 각종 전자기기의 전력 사용량을 감축시키는 서비스를 제공한다.

본 논문의 목차는 다음과 같다. 2장에서는 수요반응 관리를 위한 OpenADR 2.0b 표준에 대해 설명하고, 3장에서는 전반적인 시스템 구조, 스마트 플러그, 사용자 어플리케이션, 수요반응 시나리오에 대해 기술한다. 마지막으로 4장에서는 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. OpenADR 2.0b 개요

OpenADR이란 OpenADR Alliance에서 개발한 지속성, 신뢰성 기반의 수요 반응 프로토콜 표준으로, 이 표준은 초기 2.0a 버전을 거쳐 정교한 장치들을 대상으로 한 2.0b 버전으로 발전하였다 [5]. OpenADR 2.0b에서 제공하고 있는 주요 노드 및 장치는 크게 서버로 동작하여 정보를 제공하는 VTN (Virtual Top Node)과 정보에 응답하는 VEN (Virtual End node)으로 구분된다. 또한, VTN과 VEN간 상호 정보 교환을 위해 기존 개방 표준(XMPP 또는 HTTP)을 사용한다.



[그림 2] OpenADR 2.0b 기반의 수요반응 서버 (SPS 서버) 프레임워크 및 전반적인 시스템 구성

이러한 표준은 기본적으로 단순 VEN 제어를 위한 EiEvent 서비스, 전력 사용량 Report를 위한 EiReport, VEN 등록을 위한 EiRegisterParty, 스케줄링 서비스의 일종인 EiOpt 서비스를 제공한다. 또한, 2.0a 버전에서 사용되었던 HTTP PUSH와 더불어 PULL 방식의 데이터 전송을 지원하게 되어 VTN과 VEN간 상호 보완적인 DR 이벤트의 흐름을 제공한다.

3. 자동 수요반응 시스템

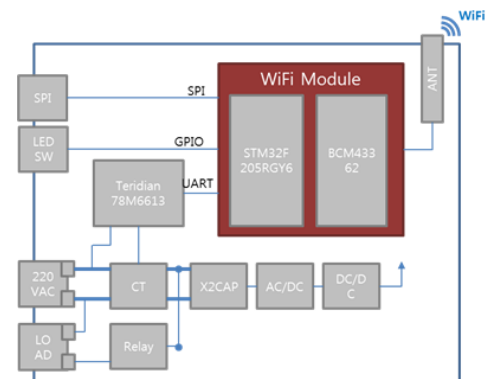
3.1 시스템 구성

[그림 1]은 전체적인 시스템 구조를 나타내며, 각 요소는 크게 SPS (Smart Plug System) 서버, KPX, Aggregated Loads, VEN 으로 구성된다.

먼저, OpenADR 2.0b 기반의 SPS 서버는 기본적으로 Spring framework 으로 구현되었으며, web 서버를 통한 사용자 웹 서비스를 제공한다. 또한, 상위 계층인 KPX로부터의 정보를 받아오기 위한 VEN과 하위 계층인 사용자 플러그로 정보를 제공하기 위한 VTN 기능을 포함하여 다양한 DR 서비스를 지원하고 있으며, Maria Database 를 통해 서비스 사용자, Plug (VEN), 각종 이벤트 등의 정보를 관리한다. Aggregated Load는 시스템 확장을 위해 사용되는 노드로서, SPS 서버와 동일하게 VEN/VTN 인터페이스를 지원한다. 전자기기에 부착될 스마트 플러그는 사용자의 홈 네트워크를 통해 SPS 서버와 통신하며, 자신에게 발생한 DR 이벤트 수행을 담당한다. 사용자는 모바일 기기(스마트폰, 태블릿)를 사용하여 스마트 플러그의 기본적인 통신 환경(서버 주소, 홈 네트워크 정보)을 설정할 수 있으며, SPS 서버와 연결이 확립된 후, 서버에 의한 스마트 플러그 상태 조회 및 이벤트 제어가 가능하다.

3.2. 스마트 플러그

[그림 2] 는 스마트 플러그의 하드웨어 기능 구성도를 나타내며, 크게 SPS 서버와 통신을 위한 모듈, DR 이벤트에 따라 부하를 제어하는 컨트롤러로 구분된다. 컨트롤러를 통해 스마트 플러그의 상태는 크게 전류가 흐르고 있는 상태인 On 상태, 전류가 차단된 상태인 Off 상태, SPS 서버와의 연결이 끊긴 상태인 Disconnected 상태로 분류될 수 있다. 스마트 플러그는 사용자 홈 네트워

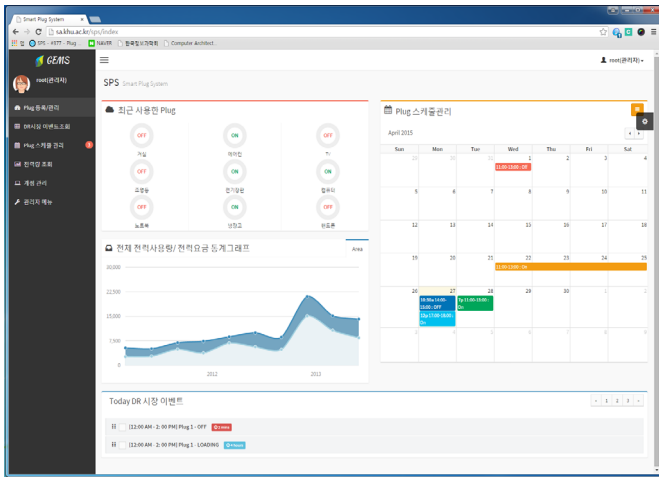


[그림 1] 스마트 플러그 하드웨어 구성

크 내 WiFi를 통해 SPS 서버와 정보 교환을 하게 되며, OpenADR 2.0b 기반의 주기적 PULL을 통한 DR 이벤트를 확인 한다. 해당하는 DR 이벤트가 존재할 경우, 컨트롤러는 이벤트에 포함된 시작시간, 종료시간, 기간 정보를 참조하여 지정된 시간동안 CT와 LOAD에 흐르는 전류를 차단한 후 On 상태로 복구 된다 [6].

3.3. 사용자 어플리케이션

사용자 어플리케이션은 [그림 3]과 같이 “Plug 등록/관리”, “DR시장 이벤트 조회”, “Plug 스케줄 관리”, “전력량 조회”, “계정관리” 메뉴로 구성된다. 먼저, “플러그 등록/관리”는 VEN의 ID를 활용하여 위치, 가전제품 타입, 기준 DR반응 레벨(0~3)과 같은 스마트 플러그의 기본적인 정보의 등록, 수정, 삭제 기능을 제공한다. “DR시장 이벤트 조회”는 KPX에서 내려오는 DR 이벤트 리스트를 출력하는 메뉴이며, ID, 상태, 시작시간, 지속시간, 신호값, 등록시간 등의 정보를 확인할 수 있다. 필요에 따라 부하관리 사업자는 추가적인 이벤트의 등록, 수정, 삭제를 할 수 있다. “Plug 스케줄 관리”에서는 사용자나 부하관리자에 의해 등록된 이벤트들의 시작시간, 종료시간, VEN의 ID, 플러그의 위치 등을 확인할 수 있으며, 필요시 등록/수정/삭제를 할 수 있다. “전력량 조회”는 플러그에서 발생한 전력 소모량을 실시간으로 출력하는 메뉴이며 장소별 또는 지정된 플러그 그룹 내 소모되는 전력량을 그래프의 형태로 나타내어 일정 기간 동안의 전력량 추이를 쉽게 조회할 수 있는 기능이 있다. 마지막으로 “계정관리”에서는 현재 로그인



[그림 3] 사용자 어플리케이션 메인화면

된 사용자의 정보를 수정하는 기능을, “관리자 메뉴”에서는 관리자가 서비스 가입자 정보를 관리하기 위한 기능을 제공한다.

3.4. 전력감축 시나리오

전력 감축 시나리오는 사용자, 부하관리 사업자, KPX의 부하조절 요청으로부터 발생할 수 있으며, 각 요청에 따른 시나리오는 아래와 같다.

3.4.1 KPX / SPS 서버에 의한 요청

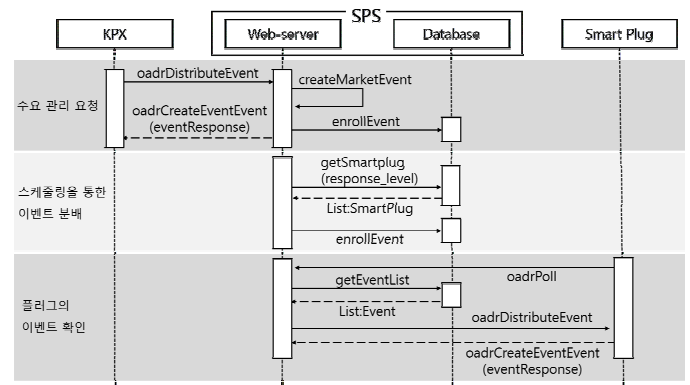
KPX에 의한 부하조절 요청 시나리오는 [그림 4]와 같다. KPX는 수요관리의 필요성이 판단될 경우, SPS 서버에게 수요조절을 요청할 수 있다. 이를 수신한 SPS 서버는 DR 시장 이벤트를 생성하고, 수요관리 스케줄러를 통해 각 VEN에게 DR 이벤트를 분배한다. 즉, SPS 서버는 DR 시장 이벤트가 가진 위험레벨 (0; normal, 1; moderate, 2; high, 3; special)에 따라 기준 레벨 이하에 해당하는 스마트 플러그들에게 DR 이벤트를 등록한다. 이후, 스마트 플러그는 일정 주기의 oadrPoll 요청을 통해 자신에게 할당된 이벤트를 확인하고, 그에 맞는 이벤트를 수행한다.

SPS 서버에 의한 요청은 부하관리 사업자가 수요관리 필요성을 자체적으로 판단하여 DR 시장 이벤트를 생성하는 것을 의미한다. SPS 서버의 시장 이벤트를 생성한 이후의 DR 시나리오는 앞서 설명한 KPX 요청 시나리오와 동일하게 진행된다.

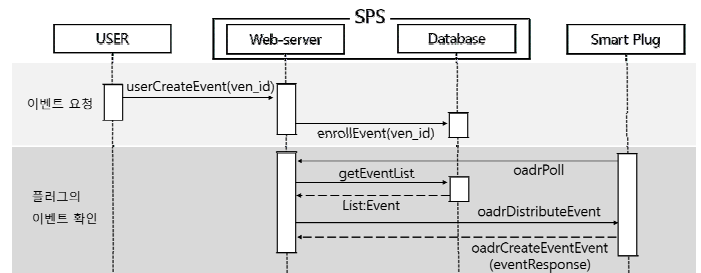
3.4.2 사용자에게 의한 요청

사용자에 의한 요청은 [그림5]와 같이 사용자가 임의로 DR 이벤트를 생성하여 스마트 플러그를 제어하는 것을 의미한다. 사용자는 자신이 소유한 각각의 스마트 플러그에게 SPS 서버를 통해 DR 이벤트를 생성할 수 있다.

이후 절차는 스마트 플러그의 이벤트 확인과정을 기준으로 KPX/부하관리 사업자에 의한 요청과 동일하게 진행된다.



[그림 4] KPX 에 의한 부하 조절 시나리오



[그림 5] 사용자에게 의한 부하 조절 시나리오

4. 결론

스마트 그리드 체제를 구축하기 위해서는 소비자와 공급자 간 정보를 교환하여 탄력적 전력소비를 가능하게 하는 수요반응 서비스가 필요하다.

이러한 서비스 제공을 위해 본 논문에서는 OpenADR 2.0b 기반의 스마트 플러그, DR 서버 프레임워크를 구현하였다. 본 시스템을 통해 사용자는 각종 전자기기의 전력 사용량 조회가 가능해졌으며, KPX로부터 발생한 DR 이벤트를 통해 스마트 플러그들을 실시간 제어함으로써 탄력적인 전력사용을 도모할 수 있게 되었다.

향후 가정, 학교 및 기업에 본 시스템 도입을 통해 전력 사용량을 절감시킬 수 있으며, 측정된 절감량을 실시간으로 부하관리사업자나 KPX로 전달함으로써 최종 사용자에게 인센티브를 제공할 수 있는 근거를 제시할 수 있을 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Smart Grid cim considered Real-time Demand Response Operation Architecture, 2012.05
- [2] Zigbee alliance, www.zigbee.org
- [3] OpenADR 2.0 Profile Specification B Profile, OpenADR Alliance, 2013.07
- [4] OpenADR alliance, http://products.openadr.org
- [5] Implementation of OpenADR2.0a Profile for Demand Response in Smart Grid, 2013.07
- [6] Design and Implementation of Smart Plug using Sensor Networks in Smart House, 2010