

가전기기의 전력 제어를 위한 자동 수요반응 시스템 설계

김수홍* · 정진욱* · 송호진** · 황민태*** · 진교홍*

*창원대학교 전자공학과

**(주)정민기전

***창원대학교 정보통신공학과

The Automatic Demand Response Systems Design for Electric Power Control of Home Appliances

Su-hong Kim* · Jin-uk Jung* · Ho-jin Song** · Min-tae Hwang*** · Kyo-hong Jin*

*Department of Electronic Engineering, Changwon National University

**Jeongmin Electric Co., Ltd.

***Department of Information & Communication Engineering, Changwon National University

E-mail : tnghd1018@naver.com

요 약

최근 특정 계절과 시간대에 전력 소비가 편중되어 전력 공급이 불안정해지는 상황이 발생함에 따라 전력을 효율적으로 소비하기 위한 대안으로 스마트 그리드가 등장했다. 기존 전력망에 정보 통신 기술을 접목한 스마트 그리드는 핵심 기술로 수요반응을 포함하고 있으며 이 수요반응은 소비자가 전력 시장에 자발적으로 참가하여 전력 사용량, 예상 요금 등 다양한 정보를 제공받아 효율적으로 전력 소비를 가능하게 한다. 본 논문에서는 스마트 그리드 환경에서 가전기기의 효율적인 전력 제어를 위한 SEP 2.0 기반의 자동 수요반응 시스템을 설계하였다.

ABSTRACT

Recently, the electric power consumption concentrated in specific seasons and time causes the unstable power supply. To resolve this problem, smart grid has emerged as an alternative to consume the power, efficiently. Smart grid that combines ICT with the existing electrical grid includes demand response as a core technology. Demand response enable the power consumption effectively by offering a variety of informations, such as power consumption, charges expected, etc., for consumers who voluntarily participate in the electricity markets. In this paper, we design the automatic demand response systems based on SEP 2.0 for the efficient power control of home appliances in the smart grid environments.

키워드

Smart Grid, Demand Response, SEP 2.0, Home Appliances

1. 서 론

냉난방기의 광범위한 보급과 전기자동차의 등장으로 전력 소비량이 매년 증가하고 있다. 또한 하계와 동계의 특정 시간대에 전력 소비량이 편중되는 현상이 지속적으로 발생하여 전력 소비량에 비해 전력 생산량이 부족한 사태가 빈번하게 발생하고 있다.

위의 문제들을 해결하기 위한 대안으로 스마트

그리드가 등장했다. 스마트 그리드(Smart Grid)는 서비스 제공자와 소비자가 통신을 통해 전력의 생산 및 소비 정보를 양방향 및 실시간으로 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망 기술이다. 스마트 그리드의 핵심 기술로는 스마트 계통 운영 기술(smart system operation), AMI(Advanced Metering Infrastructure) 기술, 수요반응(DR : Demand Response) 기술 등이 있다. 그

중에서 수요반응은 소비자가 전력 시장에 자발적으로 참가하여 전력 사용량, 예상 요금 등 다양한 정보를 제공받아 효율적으로 전력을 소비할 수 있게 해준다[1]. 뿐만 아니라 계시별 요금, 최대 피크 요금, 실시간 요금 등 다양한 수요반응 요금제를 선택하여 소비 절감에 따른 인센티브를 받을 수 있다[2].

수요반응과 관련된 통신 프로토콜로는 SEP(Smart Energy Profile) 2.0과 OpenADR이 있다. 현재까지 개발된 수요반응 시스템의 대부분은 OpenADR 기반으로 이는 전력 사업자, 한국 전력 거래소, 수요 관리 사업자간에 정보를 교환하는데 초점을 맞추고 있다[3]. 따라서 OpenADR은 전력 시장 규모의 통신 범위를 가지고 있기 때문에 소비자의 참가에 어려움이 있다. 그러므로 소비자를 수요반응 시장에 포함시키려면 맥내의 에너지 정보를 수집하는 통신 프로토콜이 필요하며 그것이 SEP 2.0이다. SEP 2.0은 주로 유무선 통신이 가능한 디바이스들 간의 정보 교환을 위해 사용된다. 따라서 주택 또는 빌딩과 같은 소규모 장소에서 적합하다.

본 논문에서는 스마트 그리드 환경에서 가전기기의 전력 제어를 위한 자동 수요반응 시스템을 설계하였다. 시스템은 SEP 2.0을 기반으로 해서 수요 관리 사업자가 수요반응 이벤트를 발령하면, 해당 사업자와 사전에 계약이 되어 있는 가입자의 스마트 플러그로 이벤트에 대한 정보가 전송된다. 스마트 플러그는 수신된 이벤트 정보에 근거해서 특정 시간 동안 자동으로 디바이스 전력 소비량을 감소시키는 동작을 수행하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 국내외 수요반응 정책 동향에 대해 설명하고, 3장에서는 Smart Energy Profile 2.0 개요에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 자동 수요반응 시스템에 대해 설명하며 5장에서는 결론 및 향후 계획에 대해 기술한다.

II. 수요반응 정책 동향

(1) 국외 동향

A. 미국

2000년 미국 캘리포니아 주에서 대규모 정전이 발생하였다. 이후 미국 정부는 가정이나 기업의 소비 전력 감소를 활성화시키기 위해 다양한 수요반응 프로그램을 채택하는 등의 지속적인 노력을 기울여왔다. 그 결과 미국은 현재 수요반응 서비스가 가장 많이 활성화되어 있는 나라가 되었다. 미국의 수요반응 프로그램은 크게 두 가지로 구분되며 다음과 같다. 수요반응 서비스에 참가하여 특정 시간동안 전력 사용을 자제함으로써 절감한 전력량만큼 보상을 받는 인센티브 기반 프로그램과 정해진 시간대 마다 차등된 요금을 제공하여 소비자가 스스로 전력 감소를 함으로써

요금을 조절할 수 있는 시간대 기반 프로그램이 있다[4].

B. 일본

2011년 동북 지역 대지진 및 후쿠시마 원전 사고로 인해 일본은 전력 위기를 겪었다. 그에 따라 일본에서도 전력 공급 안정화를 위한 방법으로 수요반응 프로그램을 만들었다. 일본의 수요반응 프로그램은 고객과 사전 계약을 맺어 평소에 할인된 전기 요금을 지불하는 대신 비상시에 부하를 감축하는 조정 계약과 계절별 및 시간대별로 차별화된 요금을 통해 자발적으로 전력 수요를 조절하게 하는 요금 제도로 구성되어 있다[4].

(2) 국내 동향

국내에서는 2011년에 발생한 대규모 정전 사태 및 매년 증가하는 전력 소비량 때문에 많은 수요반응 정책들이 추진되고 있다. 이러한 정책의 일환으로써 다양한 수요반응 프로그램을 개발하였다. 요금 기반 프로그램은 소비자가 전기 요금 절감을 위해 요금제에 따라 자발적으로 전기 사용량을 조절한다. 또한 인센티브 기반 프로그램에는 의무적으로 참여하여 신뢰성 있는 수요반응을 하는 프로그램과 자발적 참여로 전력 에너지를 경매하는 프로그램으로 구분하여 구성되어 있다[4].

III. Smart Energy Profile 2.0 개요

SEP 2.0은 홈네트워크(HAN : Home Area Network) 환경에서 IP를 기반으로 디바이스들을 연결하여 에너지 관리 및 수요반응을 수행하기 위해 만든 통신 프로토콜이다.[5]

SEP 2.0의 프로토콜 스택의 물리 계층은 다양한 유무선 통신 기술을 지원하는 인터페이스들을 제공하고 있다는 장점이 있다[6]. 또 다른 특징으로는 애플리케이션 데이터 교환 프로토콜과 전송 프로토콜로 각각 HTTP와 TCP를 채택하고 있다는 것이다. 뿐만 아니라 SEP 2.0에는 Function Set이라는 주요 기능을 구현하기 위해 조합된 논리적인 그룹의 리소스가 있다. 표 1은 본 논문에서 설계한 자동수요반응 시스템에 활용될 몇 가지 Function Set을 보여준다[7].

표 1. SEP 2.0 Function Set

Function Set	기능
DeviceCapability	장치는 지원하는 Function Set을 나열함
Registration	장치는 유저 정보에 접근할 계획이 있는 각 Function Set 서버에 대해서 등록 과정과 서비스 검색 과정을 완료해야함

Time	장치들의 시간 동기화에 사용됨
DemandResponseProgram	다른 종류의 인센티브들을 제공하거나 또는 다른 종류의 장치들을 목표로하여 생성될 수 있음
EndDeviceControlList	DRLC 서버는 EndDeviceControl 리소스의 목록을 제공함
EndDeviceControl	DRLC 클라이언트에게 제어 파라미터(이벤트 시작 전 사전 냉난방, 지속시간을 초 단위로 제공 등)를 제공하는데 사용됨
MeteringMirror (MirrorUsagePoint Resource)	성능이 제한된 장치를 위해 미터링 서버에게 미터링 데이터를 전송하는 메커니즘을 제공함.

IV. 자동 수요반응 시스템

(1) 시스템 개요

그림 1은 자동 수요반응 시스템의 전체적인 구성도를 보여준다. 수요반응 서비스에 참여하고 있는 가입자와 관리자는 웹 페이지를 통해 자동 수요반응 시스템에 관련된 정보를 확인할 수 있다. 특히 관리자는 웹 페이지에서 SEP 2.0 서버 프로그램으로 전송될 수요반응 이벤트 정보를 작성할 수 있다. 한편, 서버에는 SEP 2.0 서버 프로그램과 데이터베이스가 내장되어 있다. 서버 프로그램은 웹 페이지에서 수신된 수요반응 이벤트 정보를 SEP 2.0 프로토콜 스택을 통해 스마트 플러그로 전달한다. 그리고 데이터베이스에는 웹 페이지와 스마트 플러그에서 전달되는 다양한 데이터가 저장된다. 마지막으로 스마트 플러그는 가전기기들과 직접적으로 연결되어 있으며 수집된 가전기기들의 전력 소비량 정보를 서버로 전송하는 역할을 수행한다.

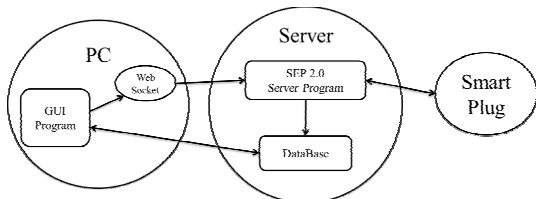


그림 1. 시스템 구성도

(2) 개별 구성요소의 기능

① PC 동작

가입자와 관리자는 웹 페이지에서 데이터베이스에 가입자 정보와 디바이스 정보 등을 저장 및 확인할 수 있을 뿐만 아니라 자동 수요반응 시스템과 관련된 수요반응 이벤트 정보와 소비 전력

량 정보까지도 확인할 수 있다. 그리고 관리자가 수요반응 이벤트를 작성하면 소켓 통신을 이용하여 SEP 2.0 서버 프로그램으로 수요반응 이벤트 정보를 전송하는 동작을 수행한다. 그림 2은 웹 페이지와 서버 사이에 송수신되는 정보를 나타낸 것이다.

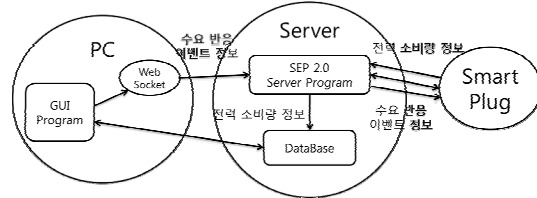


그림 2. PC 동작

② 서버 동작

서버 프로그램은 웹 페이지로부터 수신된 수요반응 이벤트 정보를 스마트 플러그로 전송하기 위해 SEP 2.0 프로토콜 스택을 이용해서 하위 계층으로 데이터를 전송하는 동작을 수행한다. 또한 서버 프로그램은 스마트 플러그로부터 주기적으로 수신되고 있는 전력 소비량 정보를 데이터베이스에 저장하는 기능이 있다. 그림 3는 서버 프로그램을 통해 정보들이 교환되는 것을 나타낸 것이다.

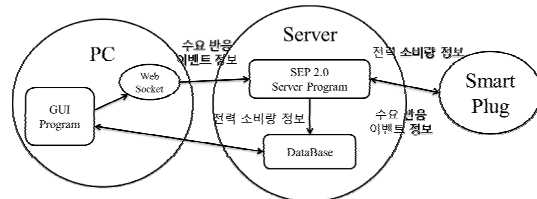


그림 3. 서버 동작

③ 스마트 플러그 동작

스마트 플러그는 가전기기들과 직접적으로 연결되어 있어 가전기기들의 소비 전력량 정보를 주기적으로 수집하여 서버 프로그램에게 전달한다. 또한 서버 프로그램이 전송하는 수요반응 이벤트 정보에 근거하여 특정 시간 동안 자동으로 가전기기의 소비 전력량을 감소시키는 기능을 동작한다. 그림 4는 스마트 플러그와 서버 프로그램 사이에 송수신되는 정보를 표현한 것이다.

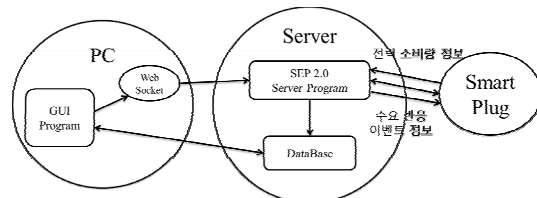


그림 4. 스마트 플러그 동작

V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 홈네트워크 환경에서 SEP 2.0을 이용하여 가전기기의 전력 제어를 위한 자동 수요반응 시스템을 설계하였다. 자동 수요반응 시스템은 관리자가 수요반응 이벤트를 발령하면 SEP 2.0 프로토콜 스택을 통해 전송된 수요반응 이벤트 정보에 근거하여 스마트 플러그가 특정 시간 동안 자동으로 가전기기의 소비 전력량을 감소시키는 동작을 수행하는 것과 감소된 전력량 정보를 관리자에게 전달하는 것을 말한다. 설계된 시스템은 위의 기능들을 제공함으로써 맥내 소비자들도 쉽게 수요반응 서비스에 참가시킬 것으로 기대되며 특정 시간대에 전력 소비량이 편중되어 전력 공급이 부족한 문제를 예방할 수 있다고 예상된다.

향후 계획으로는 본 논문에서 설계한 기능들을 기반으로 가전기기의 전력 제어를 위한 자동 수요반응 시스템 구현을 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 도윤미, 김선진, 허태욱, 박노성, 김현학, 홍승기, 서정해, 전종암, “스마트 그리드 기술 동향 : 전력망과 정보통신의 융합기술”, 전자통신동향분석 제24권 제5호, pp.75-79, 2009년 10월
- [2] ISSUEQUEST, “스마트그리드 시장 기술 실태와 참여업체 동향”, pp.47-49, 2013년 3월
- [3] 한국스마트그리드사업단, “SGinsight”, vol. 13, pp.31-38, 2014년
- [4] 손범석, “전력수요 증가와 수요관리 정책”, pp.9-20, 2014년 4월
- [5] 스마트그리드협회, “ZigBee Alliance 스마트 에너지 프로파일 2.0 표준 제정”, 2013년 5월
- [6] KITU SYETEMS, “Smart Energy Profile 2.0”
- [7] ZigBee Alliance, “IEEE Adoption of Smart Energy profile 2.0 Application protocol Standard”, pp.23-127, 2013년