수용가 중심의 수요반응을 위한 모델 및 확대 방안 연구

김일연, 이현기
한국스마트그리드협회

요 약

본고에서는 수요반응을 위한 스마트가전과 서비스사업자 간 인터페이스의 요구사항을 서술한다. 전체 시스템 구조는 NIST Special Publication 1108R2를 참조하되 보안에 대해서는 다루지 않는다. 또한 향후 수용가 중심의 수요반응 보급 및 확산을 위한 발전방향에 대해 알아본다.

1. 스마트가전 인터페이스 참조모델

스마트가전이 서비스사업자와 연결되어 수요반응 서비스를 수행하기 위한 인터페이스 참조모델은 〈그림 1〉과 같다.

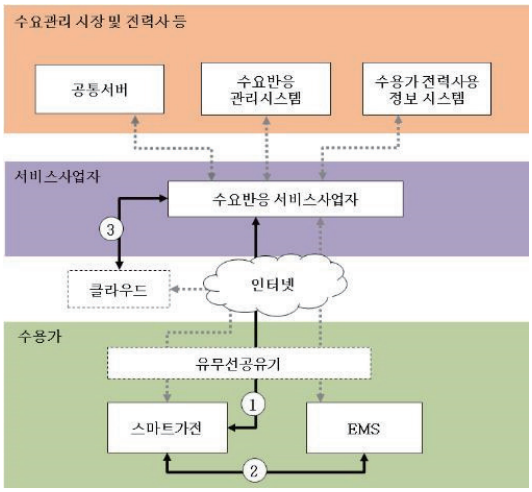

그림 1. 수요반응 연계형 스마트가전 구성의 참조모델

〈그림 1〉의 ①번 모델은 스마트가전이 서비스사업자와 직접 연계되는 형태로 본고에서 다루고자 하는 모델이다. ①번 모델 외에 수요반응 서비스를 위해 수용가에 EMS를 설치하는 ②번 모델과 스마트가전을 클라우드에 가상화하는 ③번 모델도 사용할 수 있다.

비록 참조모델은 3가지로 구분되나 일부 기능을 제외하고 전체적으로 동일한 통신 프로토콜을 사용한다.

Ⅱ. 스마트가전 및 서비스사업자 요구사항

1. 스마트가전

1.1 스마트가전 등록

스마트가전은 자신을 식별할 수 있는 고유의 식별 체계를 가지며 이를 통해 서비스사업자에 등록 수행할 수 있어야 한다.

새로운 스마트가전이 설치되는 경우, 수용가 내 EMS가 있는 경우와 없는 경우 모두 서비스사업자의 서버를 발견하고 접속하여 서비스를 받을 수 있어야 한다. 수용가 내에 EMS가 없는 경우, 스마트가전은 서비스사업자의 접속 위치 정보를 미리 보유하고 있거나 설치자에 의하여 입력될 수 있는 기능을 제공하여야 한다.

등록 및 추가를 위하여 스마트가전은 다음과 같은 정보를 제공할 수 있어야 한다.

a) 스마트가전 고유 식별자
b) 스마트가전의 종류

1.2 서비스사업자 변경

사용자가 서비스사업자를 변경하는 경우, 해당 사용자의 수용자의 수용가에 설치된 스마트가전은 새로운 서비스사업자로 이전 될 수 있는 체계를 지원할 수 있어야 한다.

1.3 서비스사업자 접속 인증

수용가 내 EMS가 없는 경우, 스마트가전에 대한 인증은 서비스사업자와 스마트가전 사이에서 이루어져야 한다.

1.4 시간 동기화

전체 수용가의 스마트가전들은 서비스사업자의 전력수요반응서비스를 관리하는 시스템의 시각을 기준으로 동기화되어야 한다.

1.5 소비전력량 제공

스마트가전은 내부의 시각을 기준으로 절대 시간 간격으로 타임 스탬프(Time Stamp)를 가진 소비전력량을 제공할 수 있어야 하며, 일정 기간 동안 저장하고 있어야 한다. 전력량을 저장

하는 시간 주기와 기간은 변경 가능하여야 한다.

스마트가전은 다음의 항목을 측정하여 정보를 제공할 수 있어야 한다.

a) 일정시간 동안 사용된 단위전력량

필요한 경우 누적전력량, 최대소비전력, 평균소비전력을 선택사항으로 제공할 수 있다.

1.6 상태정보 제공

스마트가전은 서비스사업자측에 일정시간 간격으로 다음의 항목에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다.

a) 스마트가전의 고유 식별자
b) 스마트가전의 종류 및 특성
c) 스마트가전의 수요반응 감축 가능 전력
d) 스마트가전의 현재 상태정보(on/off, 전력사용량, 수요관리 기능 수행여부, 네트워크 연결상태, 인증상태)

1.7 수요반응 기능

스마트가전은 서비스사업자와 상호간에 다음과 같은 메시지를 주고 받을 수 있어야 한다.

a) 서비스사업자에게 스마트가전에 DRLC(Demand Response and Load Control) 이벤트 메시지를 전달
b) 스마트가전은 DRLC 이벤트 메시지를 전달받고 DR(Demand Response) 참여를 확인하는 메시지를 전달
c) 스마트가전으로부터 DR 참여를 취소하는 메시지를 전달
d) DR 이벤트에 참여할 수 있는 스마트가전의 종류 전달
e) DR 이벤트에 참여할 수 있는 스마트가전의 개별 상태 전달
f) DR 이벤트에 참여한 스마트가전의 DR 수행결과 전달
g) 현재 DR 이벤트에 참여/비참여 하는 스마트가전의 현재 상태 전달
h) DR 참여 도중 변경된 스마트가전 상태에 대한 서비스사업자로의 전달
i) 미리 지정한 특정 스마트가전의 DR 참여 가능시간 및 최대/최소 전력절감 능력 전달

2. 서비스사업자

2.1 스마트가전 등록

서비스사업자는 개별 수용가의 개별 스마트가전을 구분할 수 있으며 스마트가전에 대한 등록을 수행할 수 있어야 한다.

사용자가 새로운 스마트가전을 수용가 내에 설치하면 수용가 내에 EMS가 있는 경우와 없는 경우 모두 스마트가전이 서비스사업자에 접속되어 서비스를 받을 수 있어야 한다.

2.2 서비스사업자 변경

서비스사업자는 사용자가 서비스사업자 변경을 원할 때 사용자의 개입을 최소화 할 수 있는 적절한 변경 기능을 제공할 수 있어야 한다.

2.3 서비스사업자 접속 인증

EMS가 없는 경우, 스마트가전에 대한 인증은 서비스사업자와 스마트가전 사이에서 이루어져야 한다.

2.4 수용가 전력사용량 제공

서비스사업자는 다음과 같은 정보를 스마트가전에 제공할 수 있다.

a) 스마트가전이 설치된 가구의 전력사용량 정보
b) 수요반응 신호
c) 수요반응 결과에 대한 정보

필요 시 다음의 기간 동안 에너지 사용량을 스마트가전과 연계하여 보여줄 수 있다.

a) 전날의 전력사용량
b) 전월의 전력사용량

2.5 수용가 전력요금제 제공

수용가의 요금정보를 보유(또는 외부 시스템으로 전달)할 수 있다.

필요 시 계시별 요금제도(TOU)/실시간 요금제도(RTP)/최대피크 요금제도(CPP)의 요금정보를 주기적으로 제공할 수 있으며 수요관리 정책에 따른 인센티브 정보를 제공할 수 있다.

2.6 수용반응 프로그램 제공

서비스사업자는 사용자에 DR 프로그램 참여의사 정보를 수신하며, 참여의사에 따라 스마트가전에 DR 프로그램을 제공할 수 있어야 한다.

서비스사업자와 스마트가전 상호간에 다음과 같은 메시지를 전달 할 수 있어야 한다.

a) 서비스사업자에게 스마트가전에 DRLC 이벤트 메시지를 전달
b) 스마트가전은 DRLC 이벤트 메시지를 전달받고 DR 참여를 확인하는 메시지를 전달
c) 스마트가전으로부터 DR 참여를 취소하는 메시지를 전달
d) DR 이벤트에 참여할 수 있는 스마트가전의 종류 전달
e) DR 이벤트에 참여할 수 있는 스마트가전의 개별 상태 전달
f) DR 이벤트에 참여한 스마트가전의 DR 수행결과 전달
g) 현재 DR 이벤트에 참여/비참여 하는 스마트가전의 현재 상태 전달
h) DR 참여 도중 변경된 스마트가전 상태에 대한 서비스사업

자로의 전달

i) 미리 지정한 특정 스마트가전의 DR 참여 가능시간 및 최대/최소 전력절감 능력 전달

DPLC 이벤트의 메시지 필드는 다음의 내용을 반드시 가져야 한다.

a) DR 이벤트 ID

b) DR 이벤트 시작 날짜와 시간

c) DR 이벤트 지속시간

d) DR 이벤트 중요도(강제DR or 참여DR)

e) DR 상태

f) 가전제품 혹은 가구에서 줄여야 하는 에너지의 목표값

g) DRLC 이벤트 메시지 필드

DRLC 메시지는 다음과 같은 데이터 타입과 속성을 선택적으로 가질 수 있다.

a) DR 이벤트명

b) DR 이벤트 타입

c) DR 그룹

d) 설정 온도/설정점

e) 평균 부하 조절 퍼센트

f) 듀티 사이클(Duty Cycle: 이벤트 동안의 ON과 OFF의 비율)

2.7 문자 메시지 기능

서비스사업자에게 스마트가전에 문자 메시지를 보내는 기능으로 스마트가전 사용자에게 서비스 안내, 마케팅, 전력사용량 절감 안내, 전력수급상황 등의 여러 가지 정보를 제공할 수 있다.

Ⅲ. 활용사례(Use Case)

1. 일반

수요반응 연계형 스마트가전 인터페이스는 구내에 EMS가 없는 경우와 EMS가 있는 경우로 구분된다. EMS가 없는 경우는 서비스 중계를 위한 공통서버가 없는 경우와 있는 경우로 다시 구분된다.

스마트가전을 수요반응과 연계하기 위한 활용사례는 다음과 같다.

a) 등록

b) 변경

c) 서비스 인증

d) DR 서비스 선택

e) 서비스실행

표 1. 스마트가전의 활용사례

사례	설명
등록	스마트가전을 등록하고 인증하여 서비스 사용 가능상태로 만드는 것
변경	서비스를 받는 서비스사업자를 변경시키는 것
서비스 인증	서비스사업자의 서비스를 위해 전력사용정보 시스템에 접근을 인증하는 것
DR 선택	서비스사업자 서버에서 제공받을 서비스를 선택하는 것
서비스 실행	서비스사업자 서버에서 서비스를 받는 것

2. 활용사례별 상세내용

수용가 내에 EMS가 없으며 공통서버가 없는 경우에는 스마트가전에 내정값(default)으로 저장되어 있는 서버에 우선적으로 연결한다. 이 서버를 통해서 가전제품의 인증이 진행된다.

2.1 등록

스마트가전이 서비스사업자에 등록 및 인증되는 과정이며, 첫 스마트가전이 서비스사업자에게 인증 받는 등록과 그 이후의 새로운 스마트가전을 추가로 등록할 때 발생되는 추가 과정이다.

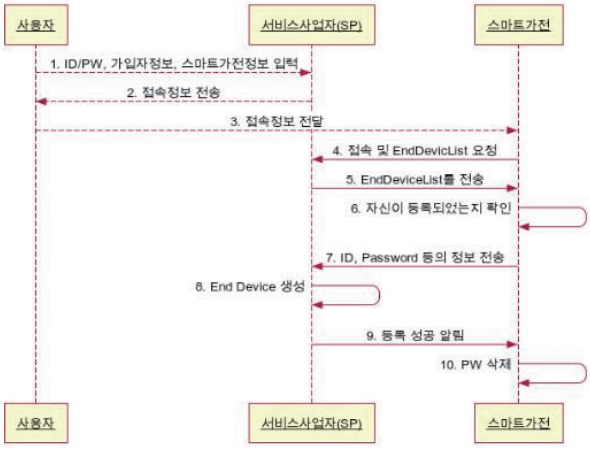

그림 2. 스마트가전의 등록 절차

2.2 변경

서비스사업자의 변경을 위해서 사용자는 새로운 서비스사업자(SP2)에게 서비스 변경 의사를 전달한다. 새로운 서비스사업자는 기존의 서비스사업자(SP1)에게 사용자의 변경의사를 전달하지만 기존의 서비스사업자는 사용자의 변경의사가 진실인지 확인할 방법이 없으므로 사용자에게 변경의사를 확인 받아야 한다.

사용자가 변경의사를 확인하면 기존의 서비스사업자는 사용

자의 스마트가전이 접속할 때마다 변경할 서비스사업자에 대한 접속 정보를 전달한다. 이런 동작은 사용자가 등록한 모든 스마트가전이 접속 사이트를 변경할 때까지 계속된다.

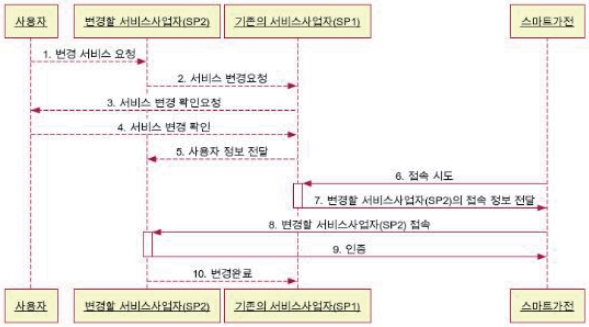

그림 3. 스마트가전의 서비스사업자 변경 절차

2.3 서비스인증

서비스사업자가 수요반응 서비스를 위해 전력사용정보 시스템에 접근을 인증하는 절차이다.

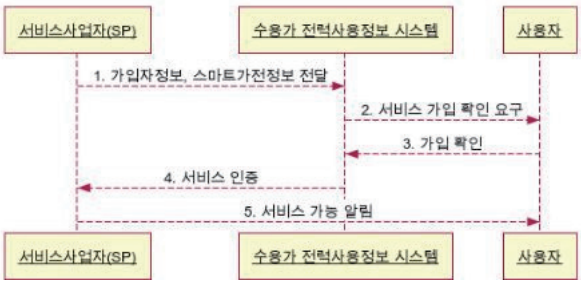

그림 4. 전력사용정보 서비스 인증 절차

2.4 DR 서비스 선택

서비스사업자가 제공하는 서비스를 선택하는 부분이다. 수용가에 EMS에서 설정하지만 이것이 없는 경우에는 서비스사업자에 접속하여 설정하게 된다.

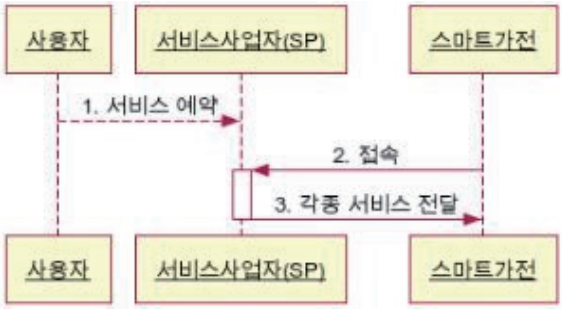

그림 5. 사용자의 DR 서비스 선택 절차

2.5 전력 사용정보 입수

서비스사업자에서 수용가 전력사용정보 시스템을 직접 연결하여 가입된 사용자의 전력사용정보를 직접 입수하는 방법이다.

그림 6. 사용자의 DR 서비스 선택 절차

2.6 서비스 실행

수요반응 서비스를 실행하는 절차에 대한 내용으로 사용자는 참여 여부에 대한 의사 표시를 할 수 있으며 사용자가 허용한 범위 내에서 수요반응을 실행하는 방법이다.

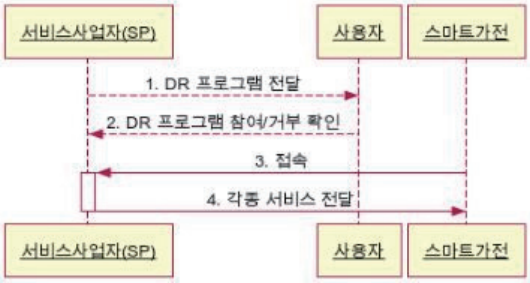

그림 7. 수요반응 서비스 실행 절차

2.7 스마트가전 전력사용정보 획득

사용자의 전력사용정보를 서비스사업자로부터 스마트가전이 얻는 절차이다.

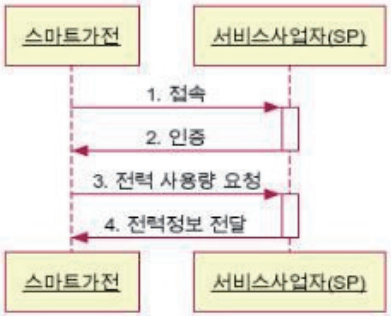

그림 8. 스마트가전의 전력사용정보 획득 절차

수용가에 EMS가 없는 경우에 공통서버가 있는 경우는 다음과 같다.

2.8 등록

공통서버가 있는 경우의 등록과 추가는 먼저 공통서버에서 스마트가전에 대한 인증을 하고 사용자가 원하는 서비스사업자로 접속할 수 있도록 자신에게 접속한 스마트가전에 해당 서비스사업자의 접속 정보를 제공해 준다.

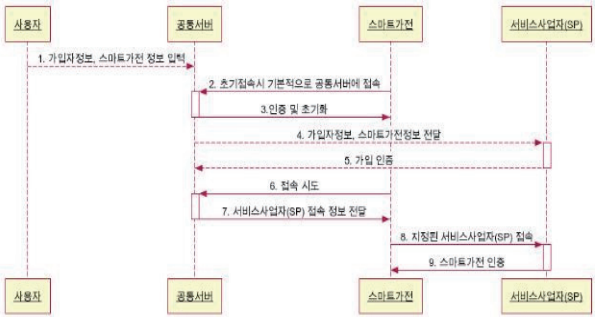

그림 9. 공통서버가 있는 경우 등록 절차

2.9 변경

공통서버가 있는 경우, 사용자가 서비스사업자 변경을 하는 방법으로 공통서버가 서비스사업자 변경에 대한 정보를 제공하는 역할을 수행한다.

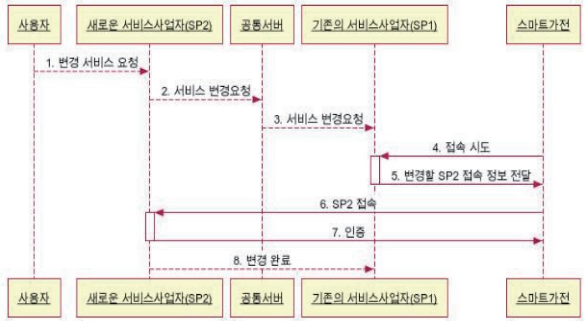

그림 10. 공통서버가 있는 경우 서비스사업자 변경 절차

2.10 서비스 인증

공통서버가 있는 경우, 서비스사업자가 수요반응 서비스를 위해 전력사용정보 시스템에 접근을 인증하는 절차이다.

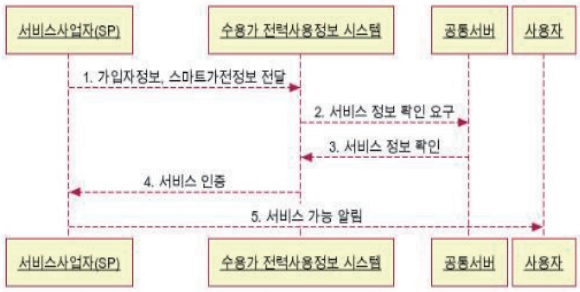

그림 11. 공통서버가 있는 경우 서비스 인증 절차

Ⅳ. 소규모 수요반응 발전방향

현재 우리나라는 2014년 11월부터 수요자원거래시장을 통한 수요반응 제도를 실시하고 있다. 전기사용자가 일상 속에서 전기를 아낀 만큼 전력시장에 판매하고 금전으로 보상받는 수요반응 제도이다.

하지만, 수요자원 거래시장의 높은 효용성에도 불구, 우리나라의 현 수요시장은 다양한 사업모델 부재 및 대규모 전기소비자 중심 운영이라는 한계를 가지고 있어 발전 전략 개선이 필요하다.

우선적으로 가정, 상가, 학교 등 소규모 전기소비자들에 대한 수요자원 확보를 위해, 전자식 전력량계인 스마트 미터 및 가격신호를 주고받을 수 있는 양방향 통신시스템, 계량데이터 관리시스템(MDMS, Measured Data Management System)으로 구성되는 첨단계량인프라(AMI, Advanced Metering Infrastructure)와 같은 인프라 구축이 선행되어야 할 것이다.

이러한 인프라는 본고에서 소개한 인터페이스 모델을 바탕으로 수요반응 서비스를 위한 핵심구성 요소로서의 역할을 수행하게 된다.

두 번째로는 네가와트 시장의 확대를 위해서는 각 부하패턴을 감안한 다양한 수요반응 프로그램의 도입이 필요하다.

우리나라의 삼성전자와 LG전자가 참여하고 있는 미국가전제조사협회(AHAM, Association of Home Appliance Manufactures)에서는 수요반응을 하기 위해 스마트가전들이 가져야 하는 스마트 에너지 기능을 구체적으로 정의하고 있다.

AHAM에서는 가전들이 반응할 수 있는 수요반응 신호의 종류를 Delay Load 신호 및 Spinning Reserve 신호 두 가지로 구분하고 있다. Delay Load 신호는 전력 피크가 예상되는 최대 3~4시간 동안 전력 사용량을 일정 부분 줄이면서 가전을 운행하기를 요청하는 신호이며, Spinning Reserve 신호는 전력 망에 긴급하게 불안정한 상황이 발생했을 때 최대 10분 동안 가전

의 전력 사용을 최대한 차단하기 위해 요청되는 신호이다.

AHAM에서는 각각의 가전들이 이 두 가지 신호를 수신했을 때 구체적으로 〈표 2〉, 〈표 3〉과 같은 동작들을 수행할 것을 제안했다.

표 2. 스마트 에너지 기능(Delay Load)

구분	Delay Load 신호 수신	
	최대적용 시간	가전동작
냉장고	4시간	냉동실 성에 제거 기능을 해당 시간 동안 연기한 후, 추가적으로 제빙 기능도 연기하거나 소비전력을 최소 9.6W 이상 감소시킴
세탁기	4시간	세탁기의 동작을 해당 시간 동안 연기
의류 건조기	3시간	건조기의 동작을 해당 시간 동안 연기
에어컨	4시간	에어컨의 소비전력을 해당 기간 최소 25% 이상 감소

표 3. 스마트 에너지 기능(Spinning Reserve)

구분	Spinning Reserve 신호 수신	
	최대적용 시간	가전동작
냉장고	10분	소비전력을 최소 50% 이상 감소
세탁기	10분	소비전력을 최소 50% 이상 감소
의류 건조기	10분	소비전력을 최소 80% 이상 감소
에어컨	10분	소비전력을 최소 80% 이상 감소

국내도 수요반응 시장의 확대를 위해서는 스마트기기에 대한 수요반응 신호 또는 변동 가격 신호에 반응할 수 있는 스마트 에너지 기능 정의가 필수적이다.

다만, 수요반응 신호에 따른 소비자에게 사용상 불편 및 개발비 증가에 따른 스마트기기의 제조 단가 상승으로 단시간에 소규모 수요반응 시장의 확대는 어려움이 있을 수 있다. 정부 정책 기반 및 예산 지원 기반의 시장 확대가 필요하다.

해외사례의 경우 미국에서는 에너지 스타(Energy Star) 프로그램을 통해 앞서 설명한 스마트 에너지 기능에 대한 인증을 실시 하고 있으며 이를 통해 제품 판매 · 확산을 유도하고 있다. 이와 유사하게 우리나라도 한국에너지공단에서 실시하고 있는 에너지등급 효율 제도를 실시하고 있다. 우선적으로 가전 소비전력이 큰 에어컨을 대상으로 스마트 에너지 기능 탑재를 추진하여 이를 적용한 제품에 한하여 1등급 인증을 내주는 방안을 고려해볼 수 있다.

표 4. 가전별 에너지 스타 프로그램 표준화 현황

가전종류	표준버전	스마트 에너지기능 포함	표준화 단계	발효일
냉장고	4.1	X	완료	08.4.28
	5.0	O	Draft5 (완료)	14.9.15
세탁기	6.1	X	–	13.2.1
	7.0	O	Draft2 (진행)	15.3.7
의류건조기	1.0	O	Draft2 (진행)	15.1.1
식기세척기	5.2	X	–	13.5.30
에어컨	2.1	X	–	05.11.16
	3.0	X	완료	13.10.1

V. 결 론

본고에서는 국내에서 기반을 조성하고 있는 수요반응 사업과 관련하여 초기시장 형성과 확대를 촉진하고자 가정 내에서 수요반응과 연계될 수 있는 핵심기기인 스마트가전을 수요반응 서비스사업자와 직접연계 하여 구현될 수 있는 모델, 요구사항, 활용사례에 대하여 살펴보았다.

본고에서 제시한 모델 및 요구사항을 토대로 수용가 중심의 수요반응 시장 기반이 구축 될 수 있으며 향후 각각의 스마트가전의 스마트 에너지 기능까지 정의된다면 Auto DR도 구현이 가능한 진정한 네가와트 시장이 도래할 것이다.

참 고 문 헌

[1] KS X 4520수요반응 연계형 스마트가전 인터페이스, 국가표준
[2] 에너지 스타 프로그램의 스마트가전 표준화 동향, 윌러스 표준기술 연구소, 손주형
[3] Green Tech. Horizon 7호, 녹색기술센터

약 력

김 일 연

2011년 한국외국어대학교 디지털정보공학과 학사
2011년 한국전자통신연구원 스마트그리드팀 인턴
2011년~현재 한국스마트그리드협회 품질인증센터 선임연구원
관심분야: 수요반응, 에너지관리시스템, IoT

이 현 기

2005년 강원대학교 컴퓨터응용제어공학과 학사
2007년 중앙대학교 전기전자공학부(반도체 공학) 석사
2009년 한국산업기술진흥협회 주임연구원
2009년~현재 한국스마트그리드협회 R&D본부 팀장
관심분야: 마이크로그리드, 전기자동차, 에너지저장시스템