

스마트그리드 연계를 위한 스마트가전 표준기술동향

손성용 <가천대학교 전기공학과 교수>

최근 스마트그리드는 개념 정립기를 지나 보급단계로 진화하고 있다. 스마트그리드는 크게 계통 운영의 효율성과 신뢰도 측면의 접근과 수용가 측 자원의 적극적 활용 두 개의 분리되면서도 상호 연동되는 두 개의 관점으로 나뉠 수 있다. 신재생에너지원이나 수요관리 자원과 같은 분산화된 수용가측 자원의 활성화는 전력 계통의 운영에 활용할 수 있는 자원을 증가시키는 반면 운영의 복잡성을 높이는 양면적 특성을 가진다. 우리나라의 경우 2차 에너지기본계획에서 천명한 바와 같이 공급 중심에서 수요관리 중심으로 큰 정책적 방향을 전환을 지향하고 있다[1]. 이에 따라 수용가측 자원의 중요성은 점차 고조될 것이다.

수용가는 용도에 따라 산업, 주택용, 상용 등으로 분류될 수 있다. 수요관리의 관점에서 볼 때, 산업이나 상용 부하의 경우 사용량이 크므로 수요반응의 잠재량이 큰 반면 생산성이나 품질에 미치는 영향도 크므로 현실적 도입에 어려움이 있다. 이에 반하여 주거용 부하는 잠재량은 상대적으로 낮은 반면 적절히 제어될 경우 생활에 미치는 영향도 제한적이므로 의미가 있는 부하로 분류될 수 있다. 국내 전력판매를 살펴보면 2011년 기준 주택용이 약 64GWh로 전체 판매의 14%를 차지한다[2]. 미국과 일본 등 선진국의 30~40%를 차지하는 것에 비하여 상대적으로 낮은

데 이는 제조업 중심의 산업구조와 가스 중심 난방체계 등에 기인한다. 장기적으로 산업의 선진화와 청정 에너지에 대한 요구 등으로 인하여 주택부문의 전력 소비는 점차 증가할 것이므로 주택 부문의 수요관리는 점차 더 중요한 역할을 차지할 것이다.

수용가 부하를 자세히 들여다보면 가전제품이 상당 부분을 차지한다. 특히 우리나라에서는 냉난방 및 온수 등을 전기로 생산하는 많은 국가들과 달리 난방이나 온수는 중앙집중식이나 가스를 사용하는 경우가 많으므로 대부분의 전력 부하를 소수의 가전제품이 차지한다. 국내에서는 TV, 냉장고, 세탁기, 에어컨과 같은 가전이 약 40%의 부하를 차지하며, 컴퓨터, 전기밥솥, 전기장판, 전기난로, 전기청소기 등을 포함하면 80% 이상을 차지하게 된다. 따라서 수용가의 수요반응을 위해서는 가전제품을 반드시 포함하여야 한다는 것을 알 수 있다.

가전제품 시장은 네트워크에 연결되어 다양한 서비스를 제공하는 형태로 진화되고 있는데, 이중 스마트그리드와 연계하여 수요반응 서비스를 제공하는 것이 핵심 서비스의 하나로 인식되고 있으며 많은 가전사들이 이러한 기능을 제공하고 있다. 국내에서도 제주 스마트그리드 실증단지를 통하여 가전사들이 다양한 가전제품의 스마트그리드 연동을 통하여 수요반응 기

능을 제공하였다[3].

글로벌 가전사 들이 주축이 된 가전제조사협회 (AHAM, Association of Home Appliance Manufacturer)에서는 커넥티드 가전 (Connected Appliance)으로도 불리는 스마트가전의 특성에 대하여 변화하는 전기요금 정보를 사용자에게 전달할 수 있어야 하며, 전력사의 신호에 반응하여 전력 피크 및 에너지 절감에 기여할 수 있어야 한다고 정의하고 있다. 또한 스마트가전은 자동적으로 반응할 수 있어야 하며 홈네트워크나 홈에너지 관리시스템과 연결되어 전체 에너지 사용정책에 따라 반응할 수 있어야 한다고 정의하고 있다. 추가적으로 사용자가 원하지 않을 때에는 그 기능을 작동하지 않을 수 있는 권한에 대하여도 명기하고 있다[4]. 즉 커넥티드 가전의 경우 주요 기능을 스마트그리드의 가격 혹은 수요반응과 연동하는 것에 초점을 맞추고 있다.

스마트가전의 도입효과는 보다 거시적으로 판단할 필요가 있다. PNNL(Pacific Northwest National Lab)은 2010년 발표한 보고서에서 스마트가전을 부하의 이동과 10여분 이내의 단기간의 부하변동을 계통예비력으로서의 활용하는 경우에 대하여 식기세척기, 세탁기, 건조기, 냉장/냉동고, 에어컨 등 5종의 주요 가전에 대하여 유틸리티와 그리드 관점에서의 편익을 분석하였다. 이 보고서에서는 PNNL은 PJM 2006, ERCOT 2008, NYISO 2006, NYISO 2008, CAISO 2008 등의 기준 단가를 적용하여 개별 가전기기의 효율을 5% 개선하는 것 보다 스마트가전 기기가 그리드와 연동할 때의 편익 효과가 1배에서 최대 10여 배에 이르는 것을 보였다. 이 결과를 근거로 가전사들은 미 환경청(EPA, Environmental Protection Agency)과 에너지성 (DOE, Department of Energy)에 ENERGY STAR 프로그램에 대한 5% 효율 크레딧을 요구하였으며 냉장고를 시작으로 2014년 도입이 예정되어 있으며 점차적으로 확대될 것으로 알려지고 있다[5-6]. 이러한 북

미의 추세는 가전 시장과 맞물려 스마트가전의 보급을 가속화 시킬 것으로 예상되며 이미 가전사들은 글로벌 시장의 변화에 대비하고 있다.

스마트가전의 표준화는 스마트그리드 서비스의 구현 및 제공에 있어 필수적 요인이다. 이러한 스마트가전과 관련된 표준으로는 크게 Zigbee Alliance를 중심으로 하는 SEP(Smart Energy Profile) 2 표준, 유럽의 EN 50523 표준과 하드웨어적으로 스마트가전을 분리시키고자 하는 ANSI/CEA-2045 표준인 USNAP이 있다. 본고에서는 이러한 표준의 특성을 살펴봄으로써 향후 스마트그리드와 연계한 스마트가전의 진화 방향에 대하여 검토해 보고자 한다.

1. Smart Energy Profile 2 [7]

SEP 2은 소비자의 에너지 생산 및 사용관리를 위한 다양한 장치 간의 정보교환을 위해 Zigbee Appliance에서 제정하였다. 에너지 관련 장치 간 상호운용성 제공을 위한 표준이며 유, 무선의 장점을 최대한 이용할 수 있도록 설계되었다. Zigbee Appliance에서 제정된 Smart Energy Profile 1.x의 진화된 형태이면서도 Zigbee에 제한되지 않도록 설계되어 보다 보편성을 높였다. SEP 1.0은 2008년 5월에 제정되었으며 SEP 1.0을 탑재한 스마트미터는 2012년까지 북미에서만 2,000만대 이상이 설치되었다. SEP 1.1는 변동요금제, 타 프로토콜과의 터널링 등 일부 기능의 업그레이드를 포함하여 2011년 7월에 공식 발표되었다. SEP 1.x는 IEEE 802.15.4 상의 네트워킹을 위한 어플리케이션 프로토콜인 Zigbee PRO 스택에 기반하였다.

SEP 2은 2013년 4월에 제정되었으며 Zigbee에만 한정되던 기존의 SEP 1.x를 확대하기 위하여 Zigbee Appliance와 HomePlug Powerline Alliance가 공동으로 주도하였으며 OpenHAN과 협력하여 IP 기반으로 통신 매체 종속성이 없도록 개선

하였다. WiFi, Zigbee 등 다양한 네트워크를 지원하며 HAN 영역의 IHD (In-Home Display), PCT, LC (Load Controller), 스마트미터, 스마트가전 외에도 전기차, 신재생 발전기 등 확장된 가정용 장비를 지원하고 있다. SEP 2은 효율성, 가격정보의 교환, 수요반응 및 부하제어 등의 기능에 집중하고 있으며 PHY/MAC에 대한 종속성을 배제하여 보편적 IP 스택에서 동작할 수 있도록 설계되었다. 그림 1은 SEP 1.x와 2의 프로토콜 스택의 구성을 보여준다.

SEP 2은 REST 아키텍처에 기반하고 있으며 REST의 기본 함수인 GET, HEAD, PUT, POST, DELETE 등을 사용하여 메시지를 주고받는다. RESTful 명령어를 지원하는 경우 SEP 2를 구현할 수 있으나 실질적인 구현의 상호운용성 확보를 위해 HTTP를 기본적으로 사용한다. HTTP는 TCP를 전송계층으로 사용하므로 SEP는 TCP를 기본으로 한다. SEP 2에서는 서버, 클라이언트, 기기를 별도로 구분하지 않고 기능에 따라 서버의 역할과 클라이언트의 역할을 할 수 있도록 정의한다. 이는 하나의 기기에 어떤 기능에서는 서버의 역할을 하면서 다른 기능에서는 클라이언트의 역할을 하는 등 복잡한 구성을 가질 수 있기 때문이다. 기본적인 자원에 대한 접근은 pull 메커니즘을 사용하며 GET 함수를 사용하여 구현된다. SEP 2의 RESTful 인터페이스는 WADL(Web Application Description Language)를 사용하여 정의된다. SEP에서 많은 자원들은 List로 관리되며 Query를 지원한다.

SEP 2.0을 기반으로 하는 스마트가전이 수용가 내에 적용되는 경우 multicast DNS를 통하여 IP를 생성할 수 있으며, 서비스 탐색 기능을 이용하여 수용가 내 서비스의 경로와 기기의 이름 등의 각종 정보를 검색할 수 있다. 가전의 고유한 식별을 위하여 인증서를 통하여 ID를 생성하게 되는데 certificate fingerprint의 160-bits를 이용한 LFDI(Long Form Device Identifier)와 36-bits를 이용한

SFDI (Short Form Device Identifier)가 사용된다. LFDI는 광역에서 유일한 인식자가 필요할 때 사용되며 SFDI는 HAN과 같은 도메인 내에서 식별자로 사용된다.

SEP 2의 정보모델은 그림 2에 나타난 바와 같이 SFDI, LFDI, 소프트웨어 버전 등 자신에 대한 일반적 정보를 포함하는 SelfDevice 자원 모델, 그림 3에 나타난 바와 같이 특정 기기에 대한 정보 교환을 위한 EndDevice 자원 모델 등을 지원한다. EndDevice 모델은 기기에 대한 요약정보와 해당 기기가 연결되고 제어되는 서버간의 가입, 기능설정, 등록 등의 관계를 정의한다. 프로그램 정보모델은 그림 4와 같이 수요반응 프로그램, 요금정보 등의 정보를 정의한다.

처음 디바이스가 HAN에 연결되는 경우 그림 5와 같이 SFDI를 키로 사용하여 DNS-SD를 요구하여 확인 후 DNS-SD를 통하여 “smartenergy” 서버를 찾고 TLS를 사용하여 연결을 확보한다. 서버에 등록된 단말 (EndDevice)의 목록을 받아 자신의 SFDI가 등록되어 있지 않으면 자신의 SFDI를 추가로 등록하게 된다.

수요반응을 실행하는 경우 그림 6과 같이 수요반응 서버에 접속하여 수요반응 프로그램 리스트를 가져온다. 수요반응에 참여하는 기기는 수요반응 서버로부터 기기제어 목록을 가져오며 이 때 지정된 회신 주소로 따라 수요반응 정보의 수신 여부를 전송한다. 지정된 시간이 되면 수요반응에 참여하고 종료하며 이의 시작과 종료 상태를 회신 주소로 전송한다.

2. EN 50512-1/2 [8,9]

유럽전기기술표준화위원회인 CENELEC 산하의 TC 59X (Performance of household and similar electrical appliances) WG 7 (Smart household appliances)에서는 2009년 EN 50523-1 (household appliances interworking - functional

specification)과 EN 50523-2 (household appliances interworking - data structure) 표준을 제정하였다. 해당 표준은 가전사들 간의 가전기기의 상호연동을 자동화된 방법으로 가능하도록 하여 스마트가전의 활성화를 주목적으로 한다. 대상기기는 세탁기, 건조기, 식기세척기, 전자레인지, 전기오븐, 가스오븐, 냉장고, 냉동기, 에어컨, 온수기 등 다양한 일상 가전을 포함한다. SEP 2와 마찬가지로 그림 7과 같은 가전의 자동화된 등록 절차를 가지고 있으며 Function Block 모델에 따라 가전별 동작 기능을 구체적으로 정의하고 있다.

이탈리아가 주도하고 있는 Energy@home 프로젝트에서는 EN 50523 표준을 기반으로 스마트그리드 연동 기능을 정의하고 있다. 이를 위해 전력 사용량, 사용 히스토리데이터, 요금제, 알람 등의 정보를 제공한다. 그림 8은 Energy@home에서 가전기기의 동작 상태에 따른 수요반응 절차를 보여준다.

3. ANSI/CEA-2045 [10]

USNAP(Universal Smart Network Access Port) Alliance에서 주도된 ANSI/CEA-2045 Modular Communications Interface for Energy Management 표준은 2013년 2월에 제정되었으며 기기들 간의 연결을 위한 모듈기반 통신 인터페이스(Modular Communication Interface)를 제공하는 것을 주목적으로 한다. 기본 개념은 RS-485와 SPI (Serial Peripheral Interface)를 사용하여 인터넷 프로토콜 (IP), SEP, OpenADR과 같은 표준을 지원할 수 있도록 하는 것이다. 그림 9와 같이 표준화된 통신 인터페이스를 사용하여 외장 통신모듈을 확장할 수 있도록 하여 사용자가 선택한 통신 방식과 프로토콜을 적용할 수 있도록 하는 표준이다. 그림 10은 인터페이스의 구성도를 보여준다.

스마트그리드 기기는 해당 소켓 인터페이스 표준을

충족하도록 하고, 스마트그리드 혹은 수요반응 시스템과의 통신은 사용자가 원하는 형태로 구성할 수 있도록 선택권을 보장할 수 있는 방식으로 가전기기의 경우 표준화된 인터페이스만 지원하고 네트워크에 연결하고자 하는 경우에만 통신 모듈을 확장하면 되므로 비용효과적인 측면이 있다. 그러나 보다 지능화되고 있는 최근의 스마트그리드 연동 기능을 충족하기 위해서는 기능적으로 부족한 한계도 가지고 있다.

4. 맺음말

본고에서는 스마트그리드와 연계를 중심으로 스마트가전의 표준화와 관련된 동향을 살펴보았다. 스마트가전 시장은 당분간 미국의 ENERGY STAR 프로그램에 의하여 주도될 가능성이 높으며, SEP 2는 이를 지원하는 현실적 표준이 될 가능성이 높다. 유럽의 EN 50523 표준과의 협력 및 경쟁 여부도 관심을 가지고 지켜 볼 필요가 있다. 통신 기능의 외부 장착을 전제로 하드웨어 인터페이스를 정의하는 USNAP은 기능 확장의 제한성과 제조사의 비선호 등으로 인하여 보편적 확산에 한계는 있을 수 있으나 유틸리티와 같은 서비스 회사는 선호할 수 있는 모델이며 앞의 두 표준과 공존이 가능하므로 제한적이지만 병행적으로 활용될 가능성이 있다.

스마트그리드의 보급과 더불어 전력 자원의 효율적이고 안정적 운영을 위하여 수용가의 적극적 참여에 따른 다양한 전력 시스템의 변화가 예측되고 있다. 수용가의 부하를 필요할 때 저감하거나 경제신호에 따라 자율적으로 반응하는 것에서 시작하여 태양광발전, 지열히트펌프, 전기자동차 등의 분산자원을 도입하는 것이 그 일환이다. 이를 위하여 스마트미터를 보급하고 AMI를 구축하는 등의 노력을 진행하고 있다. 국내에서도 조기 AMI 구축을 위한 노력을 경주하고 있으며 전 수용가에 스마트미터의 보급 시기를 앞당기고자 하고 있다. 이 때 반드시 고려하여야 할 것이

특집 : 스마트그리드에 대한 기대

AMI와 연계하여 반응할 수 있는 수용가의 인프라를 갖추어야 한다는 점이다. 수용가에서 소비하거나 반응 가능한 부하의 대부분을 가전이 차지한다는 점에서 가전의 스마트화는 필수적인 요소이며 이를 위해서는 표준화의 선행이 필요하다. 그렇지 않으면 AMI가 갖추어 지더라도 수용가는 반응할 수 있는 부하가

제한적이며 고도의 AMI 환경을 갖추고도 제공할 수 있는 서비스가 사용자 피드백에 제한되는 상황에 봉착할 수 있다. 특히 스마트가전은 계획에 따라 보급되는 인프라가 아니라 소비자가 선택하는 제품이므로 조기 표준화를 통한 확산 기반의 구축이 필수적이다.

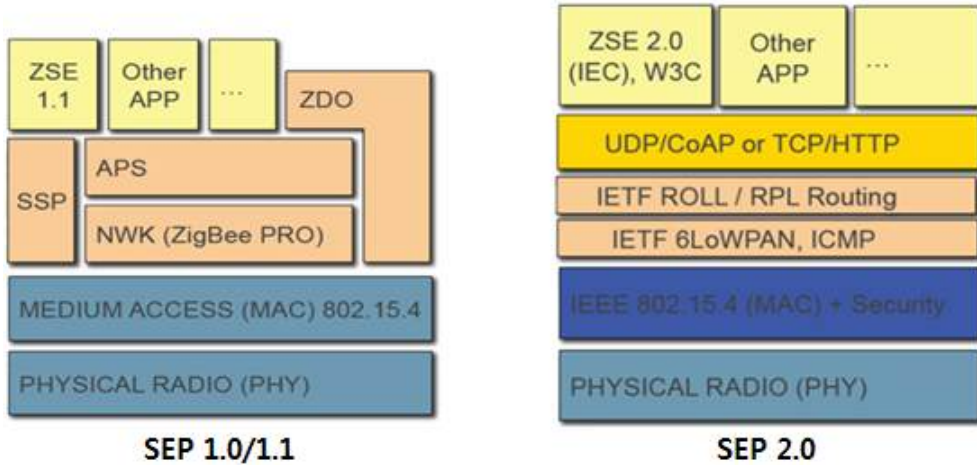


그림 1. SEP의 스택구조

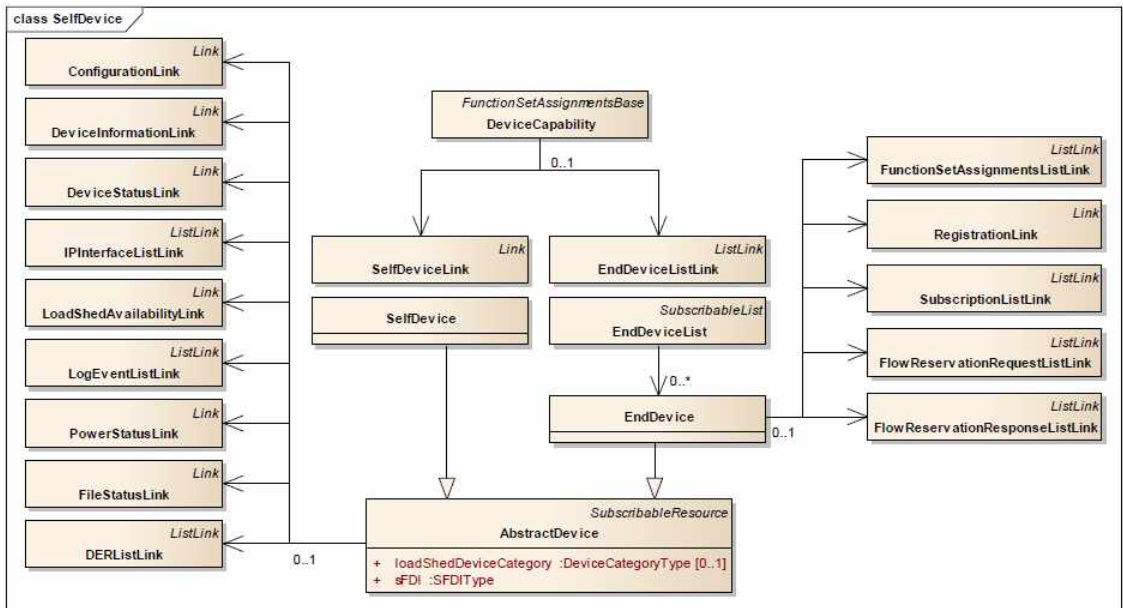


그림 2. SEP 2.0의 SelfDevice 자원 모델

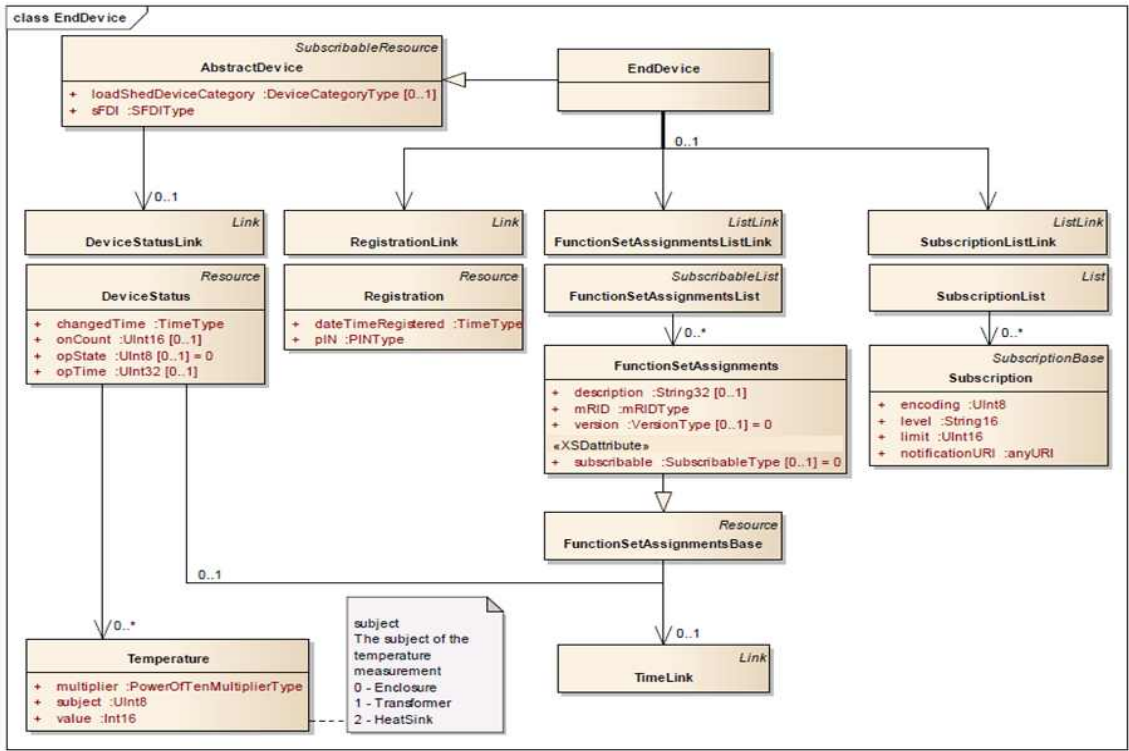


그림 3. SEP 2.0의 EndDevice 자원 모델

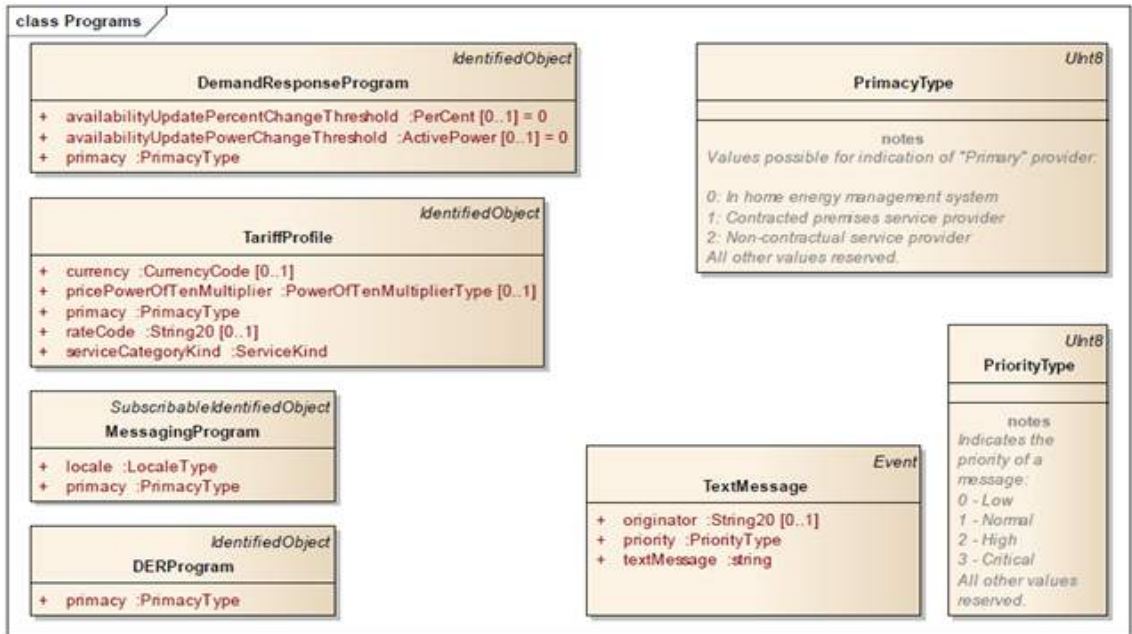


그림 4. SEP 2.0의 Program 자원 모델

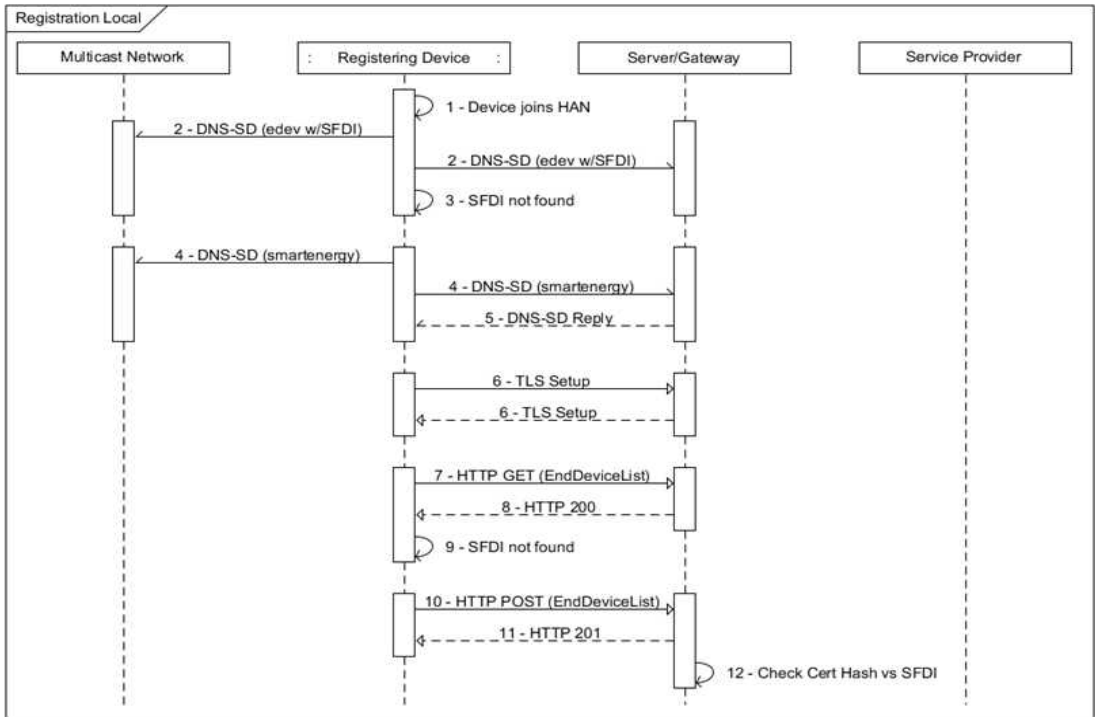


그림 5. SEP 2.0에서 신규 기기의 Local 등록 절차

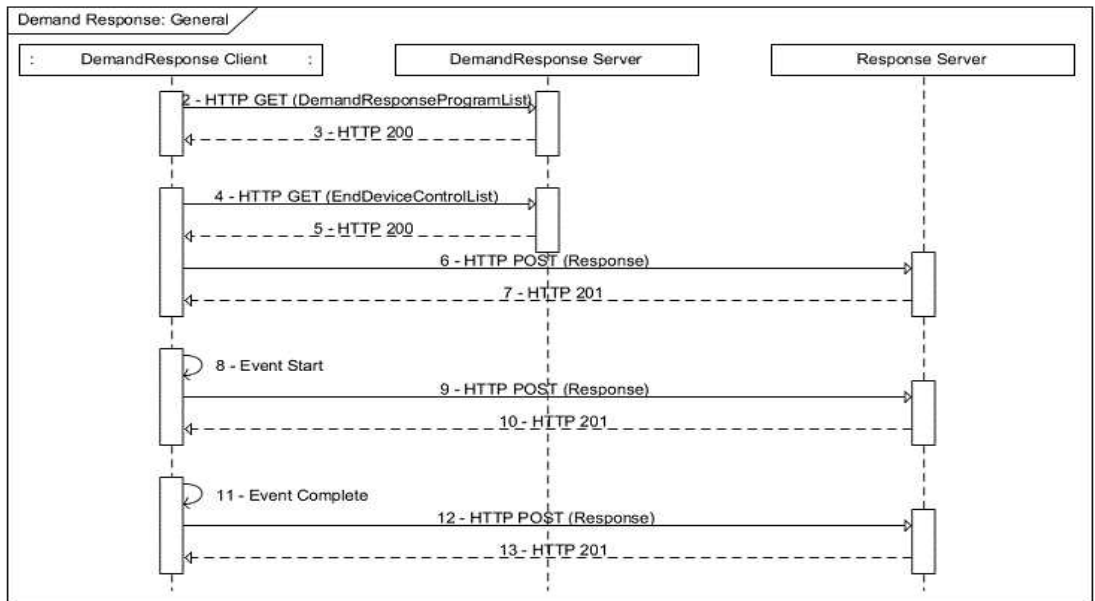


그림 6. SEP 2.0에서 수요반응 절차

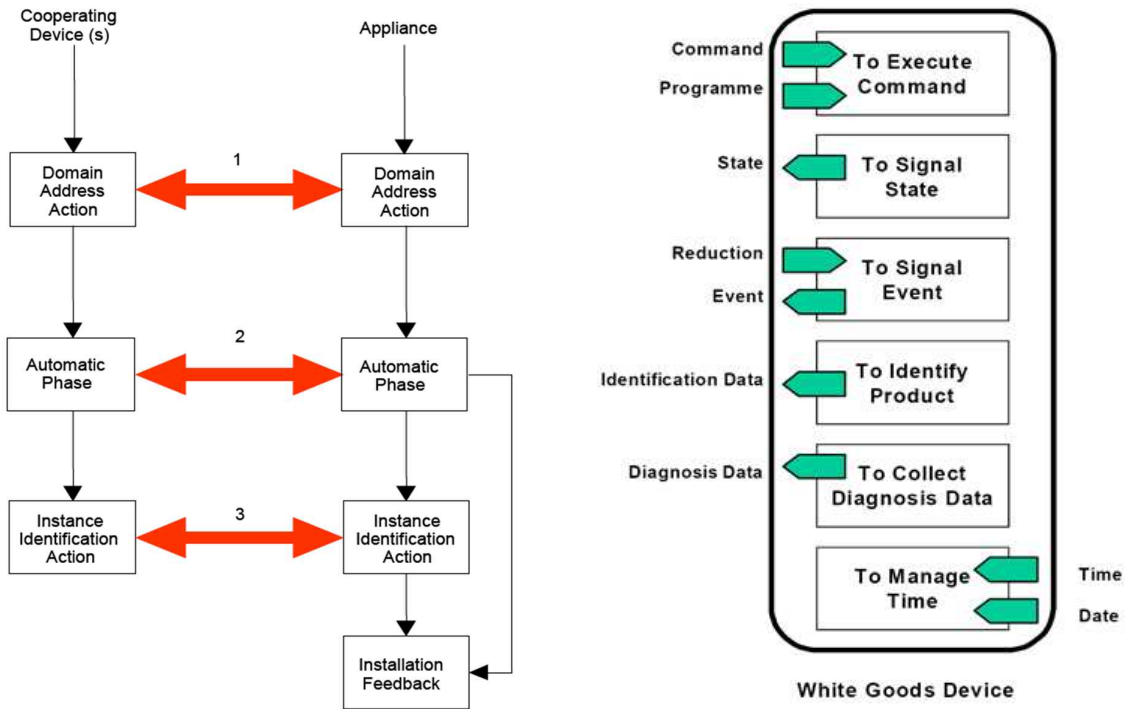


그림 7. EN 50523 등록절차와 가전의 Function Block 모델

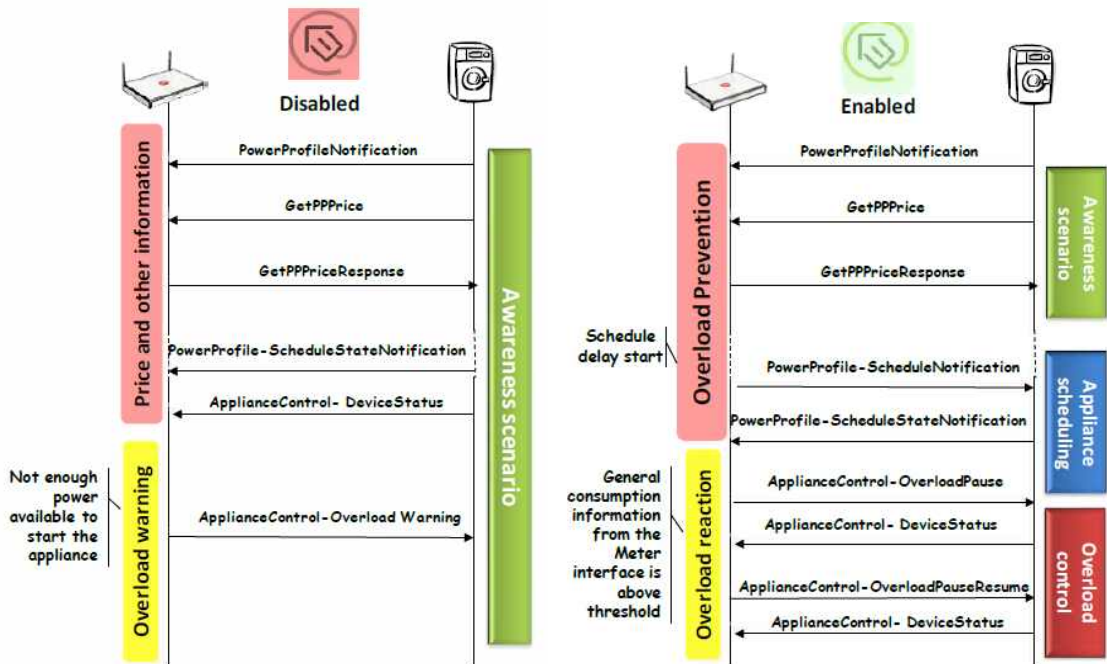


그림 8. Energy@home에서 가전기기의 수요반응

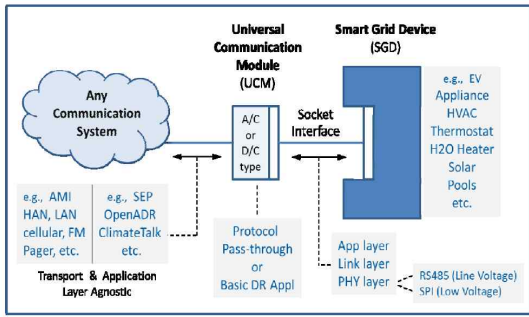



그림 9. ANSI/CEA-2045 모듈 소켓 인터페이스 개요



1	Data- (RS-485)	7	Data+ (RS-485)
2	No connection	8	Signal Ground
3	Reserved for vendor-specific use	9	No connection
4	No connection	10	Earth Ground
5	120VAC Line 2	11	No connection
6	No connection	12	120VAC Line 1

그림 10. USNAP 커넥터 구성 예

참고문헌

- [1] 산업통상자원부, 2차 국가에너지 기본계획, 2014년 1월.
- [2] “2011년 한국전력통계,” 한국전력공사, 2012년.
- [3] 2012 스마트그리드 연차보고서, 한국스마트그리드사업단, 2013년 12월.
- [4] “Smart Grid White Paper - The Home Appliance Industry’s Principles & Requirements for Achieving a Widely Accepted Smart Grid,” AHAM, 2009.
- [5] 손성용, “주거부문 스마트그리드 활성화의 필수요소 - 스마트가전”, SG Insight, 한국스마트그리드 사업단, Vol. 2, 2012년 6-7월호.
- [6] ENERGY STAR Program Requirements - Product Specification for Residential Refrigerators and Freezers, Version 5.
- [7] Smart Energy Profile 2 Application Protocol Standard, April 2013.
- [8] European Standard EN 50523-1, “household appliances interworking - functional specification”, July 2009.
- [9] European Standard EN 50523-2, “household appliances interworking - data structure”, July 2009.
- [10] ANSI/CEA 2045- Modular Communications Interface for Energy Management, Feb. 2013.

◇ 저자 소개 ◇



손성용(孫晟榕)

1968년 1월 28일생. 1990년 KAIST 생산공학과 졸업. 1992년 KAIST 정밀공학과 졸업(석사). 2000년 Univ. of Michigan 기계공학과 졸업(박사). 1992~1995년 LG 소프트웨어. 2000~2004년 포디홈네트 연구소장/이사. 2004~2005년 아이크로스테크놀로지 이사, 2006년~현재 가천대학교 전기공학과 부교수.

주요관심분야 : 스마트그리드, 스마트홈

E-mail : xtra@gachon.ac.kr