

# ICT 전력 융합을 위한 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b간의 상호운용 매핑 모델

최민영<sup>1</sup>, 이준경<sup>1\*</sup>, 이경학<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)나온웍스, <sup>2</sup>광운대학교 산학협력단

## An Interoperable Mapping Model between SEP 2.0 & OpenADR 2.0b for ICT Grid Convergence

Min-Young Choi<sup>1</sup>, June-Kyoung Lee<sup>1\*</sup>, Kyoung-Hak Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NAONWORKS Co.,Ltd., <sup>2</sup>IACF Kwangwoon University

**요약** 'NIST framework and road map for smart grid interoperability standards' 기술 보고서는 스마트 그리드의 발전 방향, 표준의 상호운용성을 확보하는 아키텍처 프레임워크를 제시하고, 식별된 표준 리스트, 사이버 보안 전략, 시험 인증 프레임 워크를 제공하는 문서이다. 특히, 스마트 그리드의 표준 프로토콜인 SEP 2.0과 OpenADR 2.0이 그 예이다. SEP 2.0과 OpenADR 2.0은 기능적으로 HEMS와 스마트 그리드를 이어주는 역할을 할 수 있지만, 두 프로토콜 간에 상호운용 표준은 상기 문서에서 계획된 바가 없다. 또한, OpenADR 연합에서는 OpenADR 2.0과 SEP 2.0간의 상호운용을 위한 매핑 테이블을 정의하는 작업이 진행 중이라 발표했지만, 아직 공개한 정보는 없다. 따라서 본 논문에서는 신재생 에너지 효율 개선 HEMS 개발에 있어 ICT 전력 융합을 위한 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b간의 상호운용을 각 프로토콜의 표준 사양 문서 기반의 구문과 의미로 대응하는 매핑 모델을 제안 하고 수요 반응 서비스 시나리오 기반의 의미 매핑 기능 예제를 통해 이를 확인하였다.

• 주제어 : ICT 전력 융합, 스마트 에너지 프로파일, 개방형 자동 수요 반응, 스마트 그리드, 분산 에너지 자원, 상호운용성, 매핑

**Abstract** The 'NIST Framework and Road Map for Smart Grid Interoperability Standards' proposes an architecture framework to secure the direction of development and standard interoperability of smart grid and provides a list of identified standard, standard cyber security strategies, and certification framework. In particular, SEP 2.0 and OpenADR 2.0 are the examples. SEP 2.0 and OpenADR 2.0 can functionally link HEMS and Smart Grid, but interoperability standards between the two protocols are not planned in above document. The OpenADR Alliance also announced that work is underway to define mapping tables for interoperability between OpenADR 2.0 and SEP 2.0, but no information is yet available. Therefore, In this paper, in developing energy efficiency improvement HEMS, we propose a mapping model that supports syntactic and semantic founded interoperability between SEP 2.0 and OpenADR 2.0b for ICT grid convergence based on the standard specification document of each protocol and confirmed through an example of the semantic mapping function based on the demand response service scenario.

• Key Words : ICT Grid Convergence, Smart Energy Profile, OpenADR, Smart Grid, Distributed Energy Resources, Interoperability, Mapping

\*Corresponding Author : 이준경(darkelan@naonworks.com)

Received June 22, 2017

Accepted August 20, 2017

Revised July 24, 2017

Published August 28, 2017

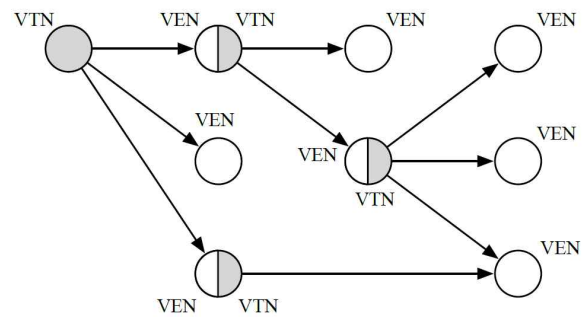
## 1. 서론

스마트 그리드는 전력 시스템에 동적인 대화식 실시간 인프라며, 모든 발전 지점과 소비 지점을 통합하고, 환경 영향을 최소화한다[1]. 시장의 효율을 극대화하고, 전력망의 신뢰성과 서비스를 향상하는 전력 생산, 배달 및 소비에 관련한 정보 통신 기술의 통합이다[2]. 스마트 그리드의 활성화를 위해 수요, 공급자 간의 문제 해결을 시도 하고 있다[3]. 또한 제도와 비즈니스 모델을 고려하는 다양한 연구가 있다[4]. 스마트 그리드에 개념은 물과 같은 사회 인프라를 관리하는 영역으로 확장되고 있다[5].

NIST(national institute of standards and technology)는 미국 국립 표준기술 연구소로서 2009년도부터 스마트 그리드 상호운용을 주도하였다[6]. NIST에 표준화 작업은 'NIST framework and road map for smart grid interoperability standards'라는 이름의 기술 보고서로 정리되어 공개된다[7]. 스마트 그리드의 발전 방향, 표준의 상호운용성을 확보하는 아키텍처 프레임워크를 제시하고, 식별된 표준 리스트, 사이버 보안 전략, 시험 인증 프레임 워크를 제공하는 것이 상기 문서의 목적이다[9]. 상기 문서는 공개 될 때 문서에 번호가 붙으며, 2014년에 공개한 '3.0'이 최신이다[8]. 대표적인 스마트 그리드 표준 프로토콜로 'OpenADR(open automated demand response)'과 'SEP(smart energy profile)'가 있다[8]. NIST 기술 보고서 2.0에서는 SEP 2.0과, 3.0에서는 OpenADR 2.0을 표준 목록에 등록했다[10].

이미 Koliopoulos와 Ghatikar가 OpenADR 2.0과 SEP 2.0 간에 상호운용성에 대해 언급하였다[12,13]. Cox는 OpenADR의 모태가 되는 OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information System)에 EI(Energy Interoperation) 1.0이 사용하는 EMIX(Energy Market Information Exchange)와 SEP 2.0의 가격 모델을 매핑하는 방법을 제시하며 OpenADR 2.0 이벤트 신호와의 상호운용을 기대했다[14].

HEMS(home energy management system)는 HAN(home area network)에서 자동 수요 반응, 실시간 요금제, 직접 부하 제어 등의 기능을 수행하는 관리 시스템이다[15]. Sanghak Lee의 논문에서 HEMS 기반의 에너지 자립형 스마트 홈 시스템 개발에 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b를 사용했다[17]. 상기 논문에서는 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b의 상호운용이 아니라 OpenADR 2.0b의 가격 정보가 저장된 데이터베이스를 이용하여, 에



[Fig. 1] A tree structure of VEN and VTN[17]

너지 운용 알고리즘의 변수로 활용했다[11]. Shimizu의 논문에서는 플러그인 전기차와 HEMS에 자동 수요 반응을 구현하려고, OpenADR 2.0b와 SEP 2.0의 상호운용을 구현했다[18]. 상기 논문에서 전략적인 이벤트 스케줄링을 제시하여 OpenADR 2.0b와 SEP 2.0간의 상호운용을 제안했지만, 실제적인 상호운용 데이터 모델은 제시되지 않았다[16]. 이러한 상황에서 OpenADR 2.0b와 SEP 2.0간의 상호운용에 대한 표준이 기대 될 법도 하나, NIST에서는 아직 '4.0' 기술 보고서를 공개하지 않았고, OpenADR Alliance에서는 매핑 작업이 진행 중이다 보고했지만, 아직 공개한 정보는 없다[19].

본 논문에서는 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b간의 상호운용을 각 프로토콜의 표준 사양 문서에 기반을 두어 구분과 의미로 대응하는 매핑(mapping) 모델을 제안한다.

## 2. 스마트 그리드 표준 프로토콜

### 2.1 OpenADR 2.0b

OpenADR 2.0b는 VEN(virtual end node)과 VTN(virtual top node)을 정의하여 서버와 클라이언트처럼 전력망의 공급자와 소비자 간의 자동 수요 반응을 수행한다. 하나의 노드가 VEN과 VTN의 역할을 하는 애그리게이터(aggregator)를 정의할 수 있다. 하지만 애그리게이터가 상위의 VTN에게 스스로가 VTN처럼 동작할 수는 없다[8]. 즉, Fig. 1처럼 일련의 트리구조는 변하지 않는다. 계층화된 프로파일을 가진 OpenADR 2.0b는 서비스(EiEvent, EiOpt, EiReport, EiRegisterParty, OadrPoll) 마다 정의한 XML 페이로드(Payload)를 사용하여 서비스한다. 또한 사용 목적에 따라 여러 프로토콜과 매핑이 진행되고 있다. KANEKO Yu의 논문에서는 YSCP(yokohama smart city project)의 데이터 모델을

OpenADR 2.0b과 매핑했다[20]. Gökay의 논문에서는 MIRABEL(micro-request-based aggregation, forecasting and scheduling of energy demand supply and distribution)과 OpenADR 2.0과의 개념적인 데이터 매핑 모델을 제시했다[21]. Heon-II Park의 논문에서는 OpenADR 2.0b를 CoAP(constrained application protocol)로 경량화 했다[22]. Kang Seong Cheol의 논문에서는 MQTT(message queue telemetry transport) 기반의 OpenADR과 EMA(energy management agent) 기능의 실시간 수요반응 게이트웨이를 설계하고 구현했다[23].

### 2.2 Smart Energy Profile 2.0

SEP 2.0은 HAN에서 작동하는 에너지 장치 간 상호운용성을 제공하며, 유, 무선의 장점을 최대한 이용할 수 있도록 설계되었다. RESTful 아키텍처를 채택하여 모듈화한 기능 집합(function set)을 사용해 서비스한다. 서비스 데이터 형식으로 XML 페이로드를 정의하며, EXI (efficient xml interchange) 인코딩이 필요하다. SEP 2.0의 서버와 클라이언트 모델은 고정되어 있지 않으며, 서비스를 요청하는 PULL 메커니즘의 주체가 클라이언트가 된다[7]. Fig. 2에서 HEMS가 배치된 스마트 그리드 환경에서 에너지 제어의 세 가지 유형을 정의했다. 분산 에너지 제어(distributed energy control)에서 HEMS는 정보 제공의 목적으로 스스로 제어가 가능한(active) 장치에게 SEP 2.0 기능을 요청 할 수 있다[17]. 이 경우 HEMS는 클라이언트가 된다. 스마트 그리드 환경에서 자동 수요 반응을 수행하려는 다양한 시도가 있다[24].

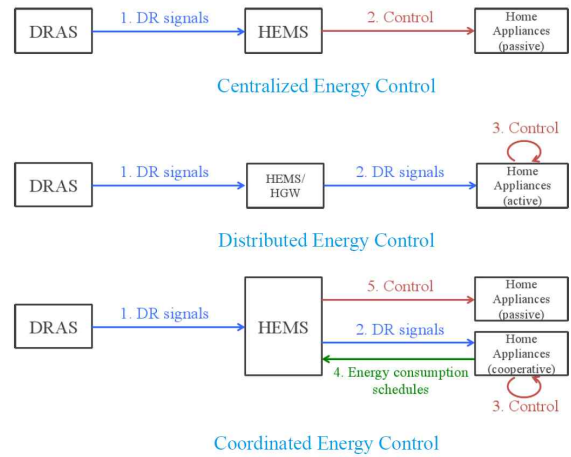
### 2.3 프로토콜 비교

SEP 2.0은 OpenADR 2.0b와 자동 수요 반응을 서비스 한다는 공통점이 있다. 하지만 두 프로토콜의 목적이 다르다. 주요 차이점은 SEP 2.0은 HAN 안에 있는 장치 간 통신을 목적으로 하고, OpenADR 2.0b는 전력 공급 업체와 고객 간의 통신을 목표로 한다. 즉, SEP 2.0은 장치의 직접 부하 제어에 쉬우며, OpenADR 2.0b는 광범위한 수요 반응과 전력 시장의 규칙을 다룬다. Table 1은 OpenADR 2.0b와 SEP 2.0을 간단하게 비교한 표이다. ‘2.1 OpenADR 2.0b’와 ‘2.2 Smart Energy Profile 2.0’에서 설명한 부분이 요약 되어있다. 두 프로토콜 모두 IP 기반으로 통신 매체에 종속성이 없으며, HTTP를 공통으

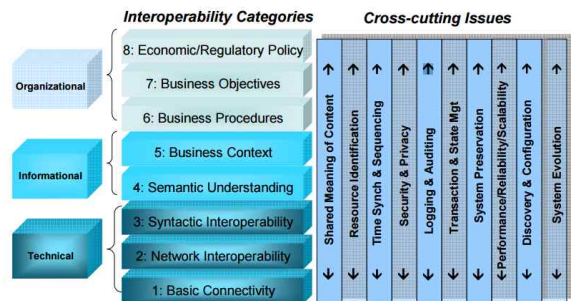
로 지원하는 특징이 있다[8].

## 3. 상호운용 매핑 모델

본 논문의 상호운용 매핑 모델은 프로토콜의 표준 사양 문서, 기술 보고서, 관련 논문을 기반으로 정의한다[25,27].



[Fig. 2] Type of home energy management[18]



[Fig. 3] Interoperability framework diagram[26]

<Table 1> Summary of differences between OpenADR 2.0b and SEP 2.0[6]

Functionalities	OpenADR 2.0b	SEP 2.0
Direct Load Control	Limited	Yes
Profile Structure	Tiered profile	Modular profile
Full Reporting Services	Yes	No
Supported Transports	Simple HTTP, XMPP	HTTP, RESTful HTTP
Non Repudiation	Optional	Not Specified

&lt;Table 2&gt; A syntactic mapping table of common event elements between OpenADR 2.0b and SEP 2.0

OpenADR 2.0b		SEP 2.0
oadrEvent:eventDescriptor	eventID	IdentifiedObject:mRID
	vtnComment	IdentifiedObject:description
	priority	(implemented) e.g. DemandResponseProgram:primacy
	createdDateTime	RandomizableEvent:creationTime
	eventStatus	RandomizableEvent:EventStatus:currentStatus
oadrEvent:eiActivePeriod	properties:dststart	RandomizableEvent:interval:start
	properties:duration	RandomizableEvent:interval:duration
	properties:x-eiRamUp	RandomizableEvent:randomizeStart
	properties:x-eiRecovery	RandomizableEvent:randomizeDuration
oadrEvent:eiEventSignals:eiEventSignal	intervals:interval:duration	ListLink->RandomizableEvent:interval:duration
	intervals:interval:streamPayloadBase	(dependent) e.g. SetPoint
	signalName	(dependent) e.g. ChargeKind
	signalType	(dependent) e.g. powerOfTenMultiplierType
	signalID	ListLink->RandomizableEvent:mRID
itemBase	(dependent) e.g. UnitType	
oadrEvent:eiTarget:resourceID	RandomizableEvent:mRID	
eiResponse:responseCode	Response:status	

### 3.1 상호운용 문맥

GridWise의 보고서에서는 Fig. 3의 상호운용 프레임 워크 다이어그램을 제시한다[26]. 상기 다이어그램은 Technical, Informational, Organizational의 총 세 가지 단계로 상호운용 매핑을 제시한다. 본 논문에서는 상기의 Organizational 단계를 제외한 프레임워크를 기반으로 두어, Technical 단계에서는 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b의 페이로드 구분 매핑(syntactic mapping)과 Informational 단계의 수요 반응 프로그램(demand response programming)에 의미 매핑(semantic mapping)을 정의한다.

### 3.2 구분 매핑

구분 매핑은 서로 다른 프로토콜의 메시지 구조를 이해하여 메시지의 데이터를 연결하는 것을 의미한다. '2. 스마트 그리드 표준 프로토콜'에서 설명한 대로, OpenADR 2.0b와 SEP 2.0은 프로토콜의 사용 목적이 다르나, 기능적인 특징에서 공통점이 있다. 두 프로토콜 모두 특정 구간(interval)을 정의하고, 상기 구간 동안 동작하는 이벤트 신호(event signal) 혹은 객체(object)를 정의한다.

OpenADR 2.0b는 oadrDistributeEvent 페이로드를 정의한다. 상기 페이로드는 다수의 oadrEvent:eiEvent를 정의하고, 개별 oadrEvent:eiEvent가 OpenADR 2.0b의 수요 반응 이벤트를 정의한다. oadrEvent:eiEvent는 하위에 다음에 항목을 정의한다.

- eventDescriptor
- eiActivePeriod
- eiEventSignals
- eiTarget

'eventDescriptor'는 해당 이벤트의 상세 정보를 서술한다. 'eiActivePeriod'는 해당 이벤트가 수행하는 총 기간을 의미한다. 'eiEventSignals'는 eiActivePeriod 동안 수행하는 이벤트 프로그램에 구간 별 신호를 정의한다. 'eiTarget'은 oadrEvent:eiEvent가 정의하는 이벤트를 수행하는 주체의 정보를 서술한다.

SEP 2.0의 서비스는 모듈화된 기능 집합으로 동작한다. 따라서 OpenADR 2.0b와는 다르게 SEP 2.0은 이벤트를 수행하는 기능들이 산개되어있다. 하지만 상기의 기능 집합은 공통으로 상위의 기능을 정의하는 객체를 상속하는 특징이 있다. 해당 객체들은 다음과 같다.

- ListLink
- IdentifiedObject
- RandomizableEvent

'ListLink' 객체는 독립적인 객체 리스트를 정의한다. 'IdentifiedObject' 객체는 기능을 정의하는 객체의 상위 객체다. 'RandomizableEvent' 객체는 구간 정보를 정의하는 이벤트 객체의 상위 객체다.

위에서 설명한 OpenADR 2.0b와 SEP 2.0의 구분 특징을 매핑하면, eventDescriptor에 이벤트 정보를



```

<oadr:oadrPayload>
  <oadr:oadrSignedObject>
    <oadr:oadrDistributeEvent ei:schemaVersion="2.0b">
      <pyld:requestID>requestID</pyld:requestID>
      <ei:vtnID>HEMS_VTN_TEST</ei:vtnID>
      <oadr:oadrEvent>
        <ei:eiEvent>
          <ei:eventDescriptor>
            <ei:eventID>test event</ei:eventID>
            <ei:modificationNumber>0</ei:modificationNumber>
            <ei:priority>0</ei:priority>
            <ei:eiMarketContext>
              <emix:marketContext>http://MarketContext</emix:marketContext>
              </ei:eiMarketContext>
            <ei:createdDateTime>2017-07-30T00:00:00Z</ei:createdDateTime>
            <ei:eventStatus>far</ei:eventStatus>
            <ei:eventDescriptor>
              <ei:eiActivePeriod>
                <xcal:properties>
                  <xcal:dtstart>
                    <xcal:date-time>2017-07-31T00:00:00Z</xcal:date-time>
                  </xcal:dtstart>
                  <xcal:duration>
                    <xcal:duration>PT24H</xcal:duration>
                  </xcal:duration>
                  <ei:x-eiNotification>
                    <xcal:duration>PT24H</xcal:duration>
                  </ei:x-eiNotification>
                </xcal:properties>
                <xcal:components/>
              </ei:eiActivePeriod>
            </ei:eventDescriptor>
          </ei:eiEvent>
        </oadr:oadrEvent>
      </oadr:oadrDistributeEvent>
    </oadr:oadrSignedObject>
  </oadr:oadrPayload>
</oadr:oadrResponseRequired>never</oadr:oadrResponseRequired>
</oadr:oadrEvent>
</oadr:oadrDistributeEvent>
</oadr:oadrSignedObject>
</oadr:oadrPayload>
<ei:eiEventSignals>
  <ei:eiEventSignal>
    <strm:intervals>
      <ei:interval>
        <xcal:duration>
          <xcal:duration>PT1H</xcal:duration>
        </xcal:duration>
      </ei:interval>
    </strm:intervals>
    <ei:signalPayload>
      <ei:payloadFloat>
        <ei:value>0.75</ei:value>
      </ei:payloadFloat>
    </ei:signalPayload>
    <ei:signalName>ELECTRICITY_PRICE</ei:signalName>
    <ei:signalType>price</ei:signalType>
    <ei:signalID>SIG_01</ei:signalID>
    <oadr:currencyPerKWh>
      <oadr:itemDescription>currencyPerKWh</oadr:itemDescription>
      <oadr:itemUnits>KRW</oadr:itemUnits>
      <scale:siScaleCode>none</scale:siScaleCode>
      <ei:currentValue>
        <ei:payloadFloat>
          <ei:value>0.0</ei:value>
        </ei:payloadFloat>
      </ei:currentValue>
    </ei:eiEventSignal>
  </ei:eiEventSignals>
  <ei:eiTarget>
    <ei:venID>HEMS_VEN_TEST</ei:venID>
  </ei:eiTarget>
</ei:eiEvent>
<!-- Skip 23 additional intervals of price data -->
</strm:intervals>
</ei:eiEventSignal>
</ei:eiEventSignals>
</xcal:text>0</xcal:text>
</xcal:uid>
</ei:signalPayload>
</ei:payloadFloat>
</ei:value>0.75</ei:value>
</ei:payloadFloat>
</ei:signalPayload>
</ei:interval>
</ei:signalName>ELECTRICITY_PRICE</ei:signalName>
</ei:signalType>price</ei:signalType>
</ei:signalID>SIG_01</ei:signalID>
</oadr:currencyPerKWh>
</oadr:itemDescription>currencyPerKWh</oadr:itemDescription>
</oadr:itemUnits>KRW</oadr:itemUnits>
</scale:siScaleCode>none</scale:siScaleCode>
</oadr:currencyPerKWh>
</ei:currentValue>
</ei:payloadFloat>
</ei:value>0.0</ei:value>
</ei:payloadFloat>
</ei:currentValue>
</ei:eiEventSignal>
</ei:eiEventSignals>
</ei:eiTarget>
</ei:venID>HEMS_VEN_TEST</ei:venID>
</ei:eiTarget>
</ei:eiEvent>
</oadr:oadrResponseRequired>never</oadr:oadrResponseRequired>
</oadr:oadrEvent>
</oadr:oadrDistributeEvent>
</oadr:oadrSignedObject>
</oadr:oadrPayload>

```

[Fig. 5] An example of oadrDistributeEvent of OpenADR 2.0b on DR program

수요 반응과 부하 제어(demand response and load control) 기능 집합을 선택한다. 또한 용량 입찰과 같은 인센티브 기반 수요 반응이라면, 분산 에너지 자원(distributed energy resources) 기능 집합을 사용해 리소스의 가용 용량을 계산하고 이벤트의 참여를 결정하는 복합적인 과정이 필요하다. Fig. 4에서 Device1은 SEP 2.0 stack을 가지고 있는 디바이스가 되어 스스로 HEMS로부터 이벤트를 전달받아 동작할 수 있다. Device2는 HEMS로부터 직접 부하 제어만 받는 장치다. 모든 과정이 끝나고 VEN이 HEMS의 SEP 2.0 stack 으로부터 완료의 응답을 모두 받으면, VEN은 이벤트의 진행여부를

결정한다. Fig. 5와 Fig. 6은 Fig. 4에서 사용 할 수 있는 의미 매핑에 문맥을 페이로드로 어떻게 표현했는지 알 수 있다. Fig. 5의 페이로드는 수요가 집중되기 24시간 전에 다음날의 전기세를 시간별로 공지하여 분산 에너지 자원의 효율과 인센티브를 유도한다. 특정 자원을 목표로 하는 것이 아니라, VEN이 관리하는 모든 자원을 목표로 한다. 따라서 SEP2 stack은 이에 맞게 적절한 프로그램을 생성해야한다. Fig. 6은 Fig. 5에 참여하는 HEMS가 PV를 조절하는 프로그램을 생성한 것이다. 예를 들어 Device1이 PV 자원이라 가정하면 'HTTP GET(context list)'로 분산 에너지 자원 제어 목록을 HEMS에 요청하

```

HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/sep+xml
Content-Length: {contentLength}

<DERControlList xmlns="http://zigbee.org/sep" all="2"
href="/derp/0/derc" results="1" subscribable="1">
  <DERControl>
    <mRID>85ESSA7257</mRID>
    <description>PV Control</description>
    <creationTime>1501372857</creationTime>
    <EventStatus>
      <currentStatus>1</currentStatus>
      <dateTime>1501372862</dateTime>
    </EventStatus>
    <potentiallySuperseded>false</potentiallySuperseded>
    </EventStatus>
    <interval>
      <duration>86400</duration>
      <start>1501459200</start>
    </interval>
    <randomizeDuration>0</randomizeDuration>
    <randomizeStart>0</randomizeStart>
    <DERControlBase>
      <opModFixedW href="/derp/0/dc/0"/>
    </DERControlBase>
    </DERControl>
  </DERControlList>

```

[Fig. 6] An example of DERControlList of SEP 2.0 on DR program

여, 응답으로 Fig. 6를 받는다. Device1은 Fig. 4에서 지면 상 생략한, 'DERControlBase'에서 정의한 제어기능을 다시 HEMS에 요청하여 기능 수행을 실시하는 추가 작업이 필요하다.

#### 4. 결론

SEP 2.0과 OpenADR 2.0은 기능적으로 HEMS와 전력망을 이어주는 역할을 할 수 있는 프로토콜이지만, 두 프로토콜 간에 전반적인 상호운용 표준은 아직 존재하고 있지 않다. 본 논문에서는 현재까지 상호운용 표준이 없는 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b를 각자의 표준 사양 문서에 기반을 두어 구분과 의미를 정의하는 매핑 모델을 정의했다. SEP 2.0과 OpenADR 2.0b의 페이로드에 구분 매핑으로, 각 프로토콜이 정의하는 데이터 모델에 기능적인 특징을 분류하여 구조적으로 공통 기능을 연결한 매핑 테이블을 정의했고, 의미 매핑으로 OpenADR 2.0b의 이벤트와 SEP 2.0의 기능집합을 OpenADR 2.0b 수요 반응 프로그램 시나리오 기반으로 문맥을 연결하는 매핑 예제를 제시 하였다. 본 논문에서 제시한 매핑 모델이 신재생

에너지 효율 향상을 위한 HEMS의 개발함에 있어 스마트 그리드의 상호운용 서비스 제공에 도움이 될 것이다. 향후 연구에서는 SEP 2.0과 OpenADR 2.0b 표준의 매핑에 대한 HEMS와 스마트 그리드에 상호운용에 성능평가를 실시할 예정이다[29]. 또한 상호 운용에 대한 보안 취약성 분석과 보안성 확보를 위한 연구를 수행할 예정이다[28,30].

#### ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 2016년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 것임.(No. 20161220100230)

#### REFERENCES

- [1] El-Hawary, Mohamed E, "The smart grid state of the art and future trends", Electric Power Components and Systems, Vol. 42, No. 3-4, pp. 239-250, 2014.
- [2] Song Tan, Debraj De, Wen-Zhan Song, Junjie Yang, Sajal K. Das, "Survey of Security Advances in Smart Grid: A Data Driven Approach", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 19, No. 1, pp. 397-422, 2016.
- [3] J. H. Kim, S. J. Lee, K. Y. Kim, S. J. Jeong, "Evaluation and Facilitation of the Korean Smart Grid Market", J. of Digital Policy & Management, Vol. 11, No. 11, pp. 37-52, 2013.
- [4] C. K. Park, D. Y. Choi, H. J. Kim, "Analysis of the Impact of Smart Grids on Managing EV's Electrical Loads", J. of Digital Policy & Management, Vol. 11, No. 11, pp. 767-774, 2013.
- [5] D. H. Kim, K. H. Park, K. J. Min, "A study on Smart Water Grid through IT Convergence", J. of Digital Policy & Management, Vol. 11, No. 7, pp. 27-40, 2013.
- [6] Ghatikar, Girish, and Ed Koch, "Deploying systems interoperability and customer choice with in smart grid", Proceedings of the Grid-Interop Forum, 2011.



- [7] ZigBee and HomePlug Alliance: Smart energy profile 2 application protocol standard, Technical Report, 2013.
- [8] OpenADR Alliance: OpenADR 2.0b profile specification, Technical Report, 2013.
- [9] Locke, Gary, and Patrick D. Gallagher, "NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 1.0", National Institute of Standards and Technology (NIST), 2010.
- [10] Bryson, J., and P. D. Gallagher, "NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 2.0", National Institute of Standards and Technology (NIST), 2012.
- [11] Greer, Christopher, et al, "NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 3.0", National Institute of Standards and Technology (NIST), 2014.
- [12] Koliopoulos, Konstantinos, "The OpenADR standard and development of new Demand Response algorithms in the Smart Grid", International Hellenic University, M. S. theses, 2015.
- [13] Ghatikar, Girish, and Ed Koch, "Deploying systems interoperability and customer choice with in smart grid", Proceedings of the Grid-Interop Forum, 2011.
- [14] Cox, William, David Holmberg, and Don Sturek, "Oasis collaborative energy standards, facilities, and zigbee smart energy", Grid-Interop Forum, 2011.
- [15] Rahman, Md Moshir, "Design and Implementation of a Web-based Home Energy Management System for Demand Response Applications", Virginia Tech, Ph.D. dissertation, 2013.
- [16] H. Y. Kim, J. S. Jeong, W. S. Cha, G. S. Shin, S. T. Kim, "Technical Trends of AMI and HEMS for Smart Grid Implementation", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 28, No. 2, pp. 11-19, 2013.
- [17] S. H. Lee, "Development of Self-Consumption Smart Home System", J. of Satellite and Information Communications, Vol. 11, No. 2, pp. 42-47, 2016.
- [18] Shimizu, Takayuki, Tomoya Ono, Wataru Hirohashi, Kunihiko Kumita, Yasuhiro Hayashi, "Experimental Demonstration of Smart Charging and Vehicle-to-Home Technologies for Plugin Electric Vehicles Coordinated with Home Energy Management Systems for Automated Demand Response", SAE International J. of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems, Vol. 9, No. 2, pp. 286-293, 2016.
- [19] <http://www.openadr.org/faq>
- [20] KANEKO Yu, YAMADA Takahiro, MATSUZAWA Shigeo, "Community Energy Management System Compliant with OpenADR 2.0b Specification", Toshiba Review, Vol. 70, No. 9, pp. 29-32, 2015.
- [21] Gökay, Sevket, Markus C. Beutel, Houran Ketabdar, Karl-Heinz Krempels, "Connecting smart grid protocol standards: a mapping model between commonly-used demand-response protocols OpenADR and MIRABEL", Smart Cities and Green ICT Systems, Vol. 1, pp. 382-387, 2015.
- [22] H. I. Park, S. Y. Kim, S. C. Kang, H. J. Park, I. Y. Kim, J. S. Choi, "Implementation and Analysis of CoAP-Based Lightweight OpenADR2.0b protocol for Smart Energy IoT Environment", J. of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 42, No. 4, pp. 904-914, 2017.
- [23] S. C. Kang, J. S. Choi, "Design and Implementation of Realtime Demand and Response Gateway in Smart Home Based on MQTT", 2016 The Korean Institute of Communications and Information Science Summer Summit, Vol. 60, pp. 60-61, 2016.
- [24] J. U. Jung, S. H. Kim, K. H. Jin, "The Development of the Automatic Demand Response Systems Based on SEP 2.0 for the Appliances's Energy Reduction on Smart Grid Environments", J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 20, No. 9, pp. 1799-1807, 2016.
- [25] Ghatikar, Girish, Jim Zuber, Ed Koch, Rolf Bienert, "Smart grid and customer transactions: The unrealized benefits of conformance", Green Energy



and Systems Conference, pp. 7-14, 2014.

[26] GridWise: GridWise Interoperability Context-Setting Framework, Smart Grids Interoperability, 2008.

[27] OpenADR Alliance: OpenADR 2.0 Demand Response Program Implementation, Technical Report, 2016.

[28] K. H. Lee, "Analysis of Threats Factor in IT Convergence Security", J. of the Korea Convergence Society, Vol. 1, No. 1, pp. 49-55, 2013.

[29] M. Y. Choi, J. K. Lee, K. H. Lee, "A Transaction Analysis Model of OpenADR 2.0b Payload", J. of the Korea Convergence Society, Vol 8. No. 3. pp. 22-30, 2017.

[30] H. J. Lee, O. C. Na, S. Y. Sung, H. B. Chang, "A Design on Security Governance Framework for Industry Convergence Environment", J. of the Korea Convergence Society, Vol. 6. No. 4. pp. 33-40, 2015.

이 경 학(Kyoung-Hak Lee) [정회원]



- 1992년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학사)
- 1994년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)

• 현재: 광운대학교 조교수  
 <관심분야> : VR, S/W platform 정보 보안

저자소개

최 민 영(Min-Young Choi) [정회원]



- 2016년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2016년 2월~현재 : (주)나온웍스 주임 연구원

<관심분야> : 프로그래밍 언어, 정적 분석, 네트워크, 융합 보안

이 준 경(June-Kyoung Lee) [정회원]



- 1995년 2월 : 인하대학교 전자계산학과(공학석사)
- 2000년 8월 : (주)LG 정보통신 선임 연구원
- 2007년 7월~현재 : (주)나온웍스 대표

<관심분야> : 네트워크, 융합 보안, 산업제어시스템 보안