

개방형자동수요반응(openADR) 주요 현황 및 보안 이슈

채현호*,이준경*,이경학**

*주식회사 나온웍스, **남서울대학교

목 차

I. 서론	IV. openADR 보안
II. openADR 개념 및 동향	V. 결론
III. openADR 시장 현황 및 전망	

I. 서론

스마트 그리드(Smart Grid)란 전기의 송전, 배전, 발전 과정에서 정보통신기술(ICT: Information & Communication Technology)을 접목하여 공급자와 소비자가 서로 상호 작용함으로써 전력망의 지능화 및 고도화를 추구하고 고품질의 전력 서비스를 제공하여 에너지 이용 효율을 극대화하는 전력망 시스템을 의미한다.[1]

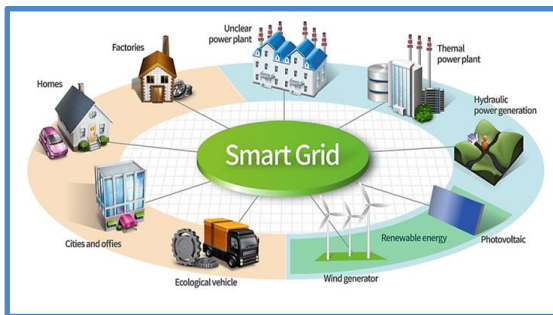


그림 1. 스마트 그리드 개념도

스마트 그리드 시대 이전의 기존 전력공급시스템은 전력공급자를 중심으로 이루어져 왔으며, 전력수요자들은 전력공급자가 공급하는 전력에 대한 비용을 지불하고 전력을 이용하는 방식을 채택하고 있었다. 그 결과, 전력의 과부족분이 발생하더라도 이에 대한 능동

적인 대처가 불가능한 문제점이 제기되어 왔다. 예컨대, 여름철 에어컨 사용량이 급증하는 경우 전력이 부족하여, 대규모 정전사태가 발생하는 일이 빈번하였으며, 반대로, 전력 사용량이 상대적으로 적은 야간 시간에는 잉여 전력을 그대로 낭비해버리기 일쑤였다.

따라서 현재 스마트 그리드 망에서는 전력의 과부족 문제를 해결하고 전기 에너지의 공급과 소비의 균형을 맞추기 위하여 전력수요반응시스템이 제시되었다. 전력수요반응시스템은 크게 전력거래소, 전력수요관리사업자, 전력수요자로 이루어진 전력공급시스템이다. 예를 들어, 전력이 부족한 경우, 전력거래소는 수요관리사업자에게 미리 할당된 전력 사용량 감축지시를 전송하고, 수요관리사업자는 계약 관계가 있는 각각의 전력수요자에게 전기 사용량을 감축할 것을 요청한다. 여기서, 전력수요자가 계약된 대로 전기 사용량을 감축하게 되는 경우, 전력거래소는 수요관리사업자에게 정산금을 지급하고, 다시 수요관리사업자는 전력수요자에게 정산금을 분배하게 된다. 즉, 전력수요반응시스템은 전력이 부족한 경우 수요자들이 전력사용량을 줄임으로써 안정적인 전력공급이 가능하게 하며, 그 반대급부로 수요자들에게 금전적인 혜택을 주는 전력관리시스템인 것이다.

인터넷 기반 스마트 그리드 전력수요관리 망에서 전력수요관리시스템들 간의 전기에너지 공급과 사용을 최적화 및 효율화하기 위해 수요반응(DR : Demand Response) 기술이 사용되고 있다.[2] 수요반응 신호를 공급자와 시스템 제공자 및 사용자까지 전달할 수 있

도록 하는 개방형 자동수요반응 시스템 표준 프로토콜로써 openADR(open Automated Demand Response) 2.0 프로토콜이 핵심 기술로 성장하고 있다. 따라서 전력수요반응시스템에서는 이를 구성하는 전력거래소, 전력수요관리사업자, 전력수요자간의 openADR 2.0 프로토콜 통신이 반드시 필요하게 된다. 그러나 전력거래소, 전력수요관리사업자, 전력수요자 간의 통신을 하게 되는 경우, 이들 각 구성들 간의 통신은 해커에게 노출이 될 수 있으며, 통신이 해커에게 노출되는 경우 잘못된 전기 사용량 감축 요청 등이 전달될 수 있는 등의 다양한 보안 문제가 잠재하고 있다. 현재 국내 전력수요관리 보안 제품들은 웹 방화벽 외에 대안이 없는 상황이고 openADR 2.0 프로토콜 관련 취약성 보안 위협이 상존하고 있어 국민 DR 사업이 활성화되어 국내 수요관리 사업이 활성화 될 경우, 다양한 보안 취약점 이슈 및 보안사건 발생이 예견되고 있다. 이러한 상황은 국가 기간 자원인 전력에 대한 수요관리 보안 이슈 발생 시 국민 불안감 조성 등의 심각한 사회적 문제로 발전될 수 있는 위험성을 내재하고 있다.

본 논문은 현재 에너지 절감과 전력수요관리 자동화를 위한 스마트 에너지 국제 표준 프로토콜인 openADR 개념 및 동향, openADR 시장 현황 및 전망 그리고 openADR 보안 이슈 및 문제점 등을 살펴보고자 한다.

II. openADR의 개념 및 동향

수요반응이란 증가하는 전력수요와 피크 부하에 대응하고 안정적인 전력망을 구축하기 위한 방법으로써 전력 소비자 측에서 전기 요금이나 공급자의 요청에 따라 전력 소비를 조절함으로써 전력 계통의 안정성과 신뢰성을 확보하는 기술이다.[3] 수요반응 서비스 활성화를 위해서는 표준화된 통신 방식과 데이터 형식이 필요하고 현재 국제적으로 수요반응 프로토콜로써 openADR과 SEP2.0(Smart Energy Profile 2.0)이 표준화 작업이 되어있는 상태이다. 그러나 현실적으로 수요반응 프로토콜로써 openADR 외에는 사실상 다른 대안이 거의 없는 상태로 현재 국내의 전력 수요관리 망에서 openADR 2.0 프로토콜이 사용되고 있으며 향후 시장 및 기술 현황을 고려해 볼 때 openADR 2.0의 사

용이 확산될 것으로 예상되고 있다. 또한 필요한 경우에는 SEP 2.0이나 사업자 개별 프로토콜 등을 보완적으로 사용할 수도 있다.

openADR로 통칭되는 개방형자동수요반응 프로토콜은 스마트 그리드 국제 표준 중에 하나로써 기존의 수동적인 수요반응에서 벗어나 새로운 자동화된 수요반응을 지원한다.[4] 최초 openADR은 캘리포니아 지역 대 정전을 계기로 2002년에 전력 그리드의 경제성과 신뢰성을 개선하기 위해 동적으로 변하는 가격에 대응하기 위해 본격적인 개발이 시작되었다.

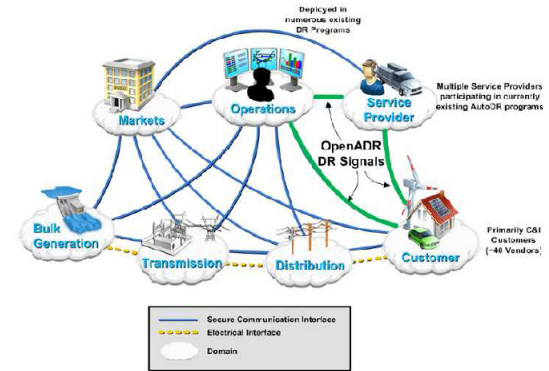


그림 2. openADR 스마트 그리드 도메인

openADR은 전기 공급과 수요 사이의 최적화를 개선하기 위해 개발되었고, 수요자 측에서 자동화된 DR 동작을 용이하게 하기 위해 설계되었다. 또한, 실시간 가격이나 미래 가격 같은 지속적으로 변화하는 가격 신호를 제공하기 위해 설계되었고 현재 Pilot Test, openADR 1.0 을 거쳐 현재 2.0(a/b)가 발표된 상태이다.[5][6]

현재 openADR 1.0은 부분적으로 사용되고 있고, openADR 2.0이 주로 사용되고 있다.

openADR은 전력 서비스 공급자와 수요자간의 정보 교환을 용이하게 하는 통신 데이터 모델이며 몇몇 통신 프로토콜처럼 비트 구조 등을 기술하는 프로토콜이 아니고 XML(eXtensible Mark-up Language)과 같은 현존하는 개방형 표준과 공통의 의사 전달 수단으로서 IP(Internet Protocol), 그리고 DR 신호를 교환하기 위한 프레임워크를 이용한다. openADR 프로토콜은 openADR Alliance에서 개발한 지속성, 신뢰성 기반의 수요반응 프로토콜로써 openADR 2.0에서 제공

하고 있는 주요 노드 장치는 크게 서버로 동작하여 정보를 제공하는 VTN(Virtual Top Node)과 정보에 응답하는 VEN(Virtual End Node)으로 구분된다.

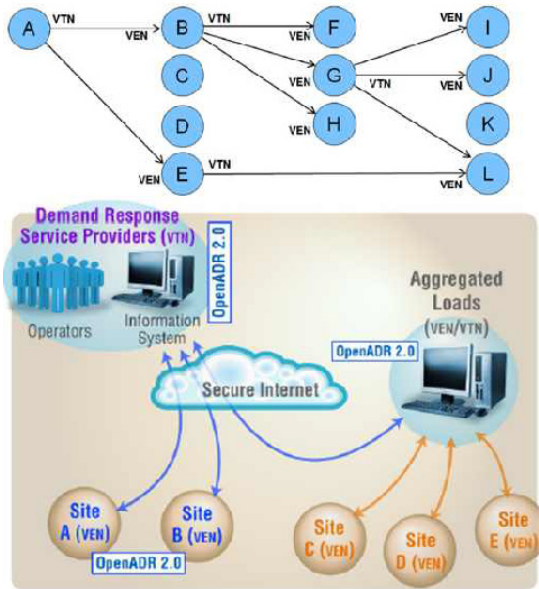


그림 3. VTN과 VEN 관계

openADR은 전송 프로토콜 방식으로 기본적인 전송 방법으로 요청 시 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol) POST 방법을 사용하고 선택적인 전송 방법으로 양방향성 XML 스트리밍 프로토콜 XMPP(eXtensible Messaging and Presence Protocol)을 사용한다.

openADR에서 사용하는 주요 서비스는 EiEvent, EiReport, EiRegisterParty, EiOpt 등이 있으며, 모든 페이로드는 XML(eXtensible Markup Language)로 되어 있으며, openADR에서 제공하는 Schema에 적합해야 하며 그 기능과 기능의 정의는 아래와 같다.

1) EiRegisterParty

VTN과 VEN이 서로 등록하는 서비스로 등록 질의, 등록생성, 등록요청, 등록취소가 있다.

2) EiReport

VTN과 VEN이 서로 등록을 완료한 후에 자신의

상태 정보를 보고할 수 있는 범위의 메타 데이터와 자신의 상태 정보인 데이터 보고서를 전송하는 서비스이다.

3) EiOpt

VEN에서 VTN으로 전달되는 Opt-In 및 Opt-Out 스케줄을 생성하고 전달하기 위한 서비스를 명시한다. Opt생성/ Opt취소가 있다.

4) EiEvent

VTN이 DR 이벤트를 생성하여 VEN에게 전송하고 응답을 수신하는 서비스로 DR서비스에서 가장 중요한 서비스이다. 이벤트 정보에는 수요반응 요청시간, 이벤트 기간 및 수요반응 레벨 등의 정보가 포함된다. 따라서 DR이벤트를 실행하기 위해서는 VTN과 VEN의 시간 동기화가 필수적으로 요구됨으로 NTP(Network Time Protocol)와 같은 프로토콜을 사용해야 한다. 이벤트는 PUSH 또는 PULL 패턴을 사용할 수 있다.

openADR 2.0a은 자원이 제한되어 있고 간단한 DR 어플리케이션을 실행하기 위한 DR시스템을 대상으로 하고 있으며 Simple EiEvent 서비스를 지원하고 있다.[7] openADR 2.0b는 여러 가지 DR 어플리케이션을 실행하기 위한 DR 시스템을 대상으로 하고 있으며 EiEvent, EiReport, EiRegisterParty, EiOpt 서비스를 지원하고 있다.[8] 또한, 2.0a 버전에서 사용되었던 HTTP PUSH와 더불어 PULL 방식의 데이터 전송을 지원하게 되어 VTN과 VEN간 상호 보완적인 DR 이벤트의 흐름을 제공한다.

2.1 openADR 특징 및 효과

openADR은 다음과 같이 OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information Standards)에서 제공하는 기존 인터페이스 모델을 기반으로 하여 높은 호환성을 가지고 있다.

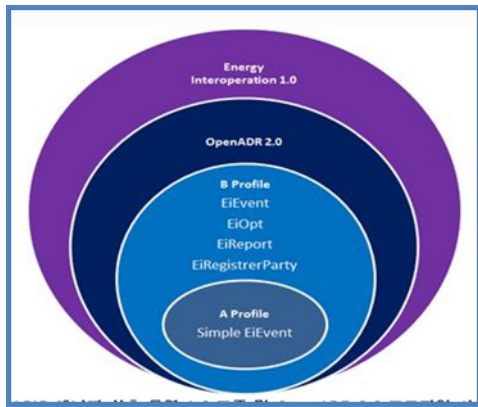


그림 4. OASIS 에너지 상호 운영 티 1.0 표준 및 openADR 2.0 프로파일 사이의 관계도

- 1) EI(Energy Interoperation) 1.0
에너지 상호운영에 관한 표준으로 에너지 시장 및 서비스 제공업체 등의 에너지 거래 당사자 간 에너지 사용, 공급 조정 및 서비스 등을 조정하는 정보통신 모델에 관한 표준
- 2) EMIX(Energy Market Information Exchange)
에너지 시장 및 일반 예약 정보에 가격 정보 및 제품 정의를 교환하기 위한 표준
- 3) WS-Calendar(Web Services Calendar)
웹 서비스에서 사용되는 정보로 날짜 및 시간에 관한 정보모델에 관한 표준

openADR 프로토콜은 인터넷과 같은 기존의 모든 IP 기반 통신 네트워크를 통해 공통의 언어를 사용하여 수요반응 신호를 전달하는 에너지 공급자와 시스템 운영자를 위한 표준화된 방법을 제공하고 있는 표준(Standardization)이라는 특징을 가지고 있다. 또한 최종 사용자에게 의하여 수요반응 이벤트가 외부 신호의 수신을 통해 자동적으로 개시되게 하는 자동화(Automation) 라는 특징을 가지고 있다.

openADR 프로토콜 사용 시 전력공급 업체는 수요반응 프로그램 참여 증가 및 소비자 서비스 증가라는 효과를 얻을 수 있다. 또한 소비자 측면에서는 수요반응 프로그램에 참여에 따른 에너지 비용 절감, 에너지의 효율 증가 및 에너지관리장치 비용 절감 효과를 얻

을 수 있다. 마지막으로 장치 제조업자는 수요반응 시스템 복잡도 감소, 신속하고 간편한 설치 및 운용 및 에너지관리장치 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.

2.2 openADR 기술 동향

openADR 2.0b는 현재 시장 활용이 가능한 수준으로 IEC PC 118(Smart Grid User Interface)에서 PAS(Publicly Available Specification)로 국제 표준화가 되어 2014년 2월에 IEC/PAS 62746-10-1 ed1.0 "System interface between customer energy management system and the power management system - Part 10-2 : Open Automated Demand Response"이 발행되었다.

openADR 2.0 프로파일과 CIM(Common Information Model) 사이의 관계 정립의 필요성이 제기되어 국제표준화 기구인 IEC TC57(CIM)과 PC118(openADR)에서 논의 중에 있다.

III. openADR 시장 현황 및 전망

수요반응이 가장 활발히 진행되는 미국 캘리포니아의 경우 PG&E 등을 중심으로 openADR 2.0으로 테스트를 많이 수행하였으며 현재도 수요반응 서비스를 진행하고 있다. 또한 미국내 다른 주(하와이 등)에서도 openADR 2.0 프로파일을 이용한 사업 진행 공고가 게시되고 있는 추세이다. 또한 일본, 캐나다, EU 등의 세계 곳곳에서도 수요자원 거래 시장을 운영하면서 openADR 프로토콜을 표준 수요 반응 프로토콜로 사용 중에 있다.

한편 국내 수요자원 거래시장은 지난 2014년 11월 25일 아시아 최초로 개설되었으며, 동·하계 냉난방수요가 급증해 전력 수요가 높은 시기에 전력 사용량을 줄임으로써 발전 단가가 높은 발전기를 대체해 전력공급비용을 낮추고 전력피크를 감소시켜주는 역할을 하게 되었다. 그리고 발전·송전·변전 등 전력공급설비에 대한 건설 억제에 크게 기여할 수 있는 인프라를 구축하게 되었다. 국내 수요자원 거래 시장은 세계 표준인 openADR 프로토콜을 기반으로 운영되고 있으며 개설 1년 만에 북미에 이어 세계 2위로 올라설 만큼 괄

목할만한 성장을 하고 있다.

정부가 오는 2030년까지 소규모 고객의 시장 참여를 단계적으로 확대하고 수요자원 위치 지도를 만들어서 새로운 사업 모델을 발굴한다는 내용을 담은 중장기 육성방안을 내놓은 상황이다. 산업통상자원부는 오는 2030년까지 최대 사용 전력량의 5%를 수요반응자원으로 구성할 것을 목표로 하는 '수요자원 거래시장 중장기 육성방안'을 발표했다. 육성방안에 따르면 가정·상가·학교 등이 아낀 전력을 수요자원 거래시장에 판매될 수 있도록 소규모 사업자의 수요시장 참여가 단계적으로 확대되는 국민 DR 사업이 추진된다. 특히 내년부터 지능계량인프라(AMI)가 설치된 가구와 구역전기사업구역 등을 대상으로 시범사업이 추진되고, 감축량 평가방법과 인센티브 등이 개발·검토될 예정이다.

이러한 시장 급변화 상황을 고려하면 향후에는 소규모 전기사용자와 분산자원을 포함한 참여고객의 다양화와 에너지 효율, 통신, 가전 등 다양한 분야와 융합한 새로운 수요반응 비즈니스 모델 창출이 요구될 수 있고 이러한 서비스 제공을 위해서는 openADR 프로토콜이 광범위하게 확산될 수 있음을 예상할 수 있다.



그림 5. 미래수요반응생태계

IV. openADR 보안 및 동향

openADR 프로토콜에 대한 보안은 표준을 발표한 단체에서 제시하는 보안 방법으로써 TLS(Transport Layer Security)를 이용한 전송계층 보안 프로토콜 사용 위주로 정의되어 있다.[9] VTN과 VEN은 암호화를 위해 TLS를 사용함으로써 암호화 알고리즘 및 인증서에

관한 보안 이슈가 존재하고 있다. TLS는 SSL(Secure Socket Layer) 프로토콜이 IETF TSL working group에서 표준화된 프로토콜이고 SSL 프로토콜은 월드 와이드 웹 브라우저와 웹 서버 간에 데이터를 안전하게 주고받기 위한 업계 프로토콜 표준이다. 선택적으로 openADR 보안 방법으로 XML Security를 구현할 수도 있다.

그러나 현재 전송계층 보안 방법 외에 openADR 프로토콜 규약 및 서비스에 대한 취약성 분석 및 이에 대한 대응 보안 기술 개발은 초기 단계이다. 또한 현재 운용중인 국내 전력수요관리 시스템들은 웹 방화벽 외에는 대안이 없는 상황으로 웹 방화벽이 운용된다 하더라도 openADR 프로토콜 관련 취약성에 대한 보안 위협이 상존하고 있어 향후 국민 DR 사업을 통하여 국내 수요관리 사업이 활성화 될 경우, 아래와 같은 다양한 보안 취약점 이슈 및 사례 발생이 예견되고 있다.

- (1) 사이버 공격으로 인한 전력시스템 제어권 상실
- (2) 전송 데이터 해킹에 따른 개인정보 유출
- (3) 비정상적인 외부 통제로 소비자 전력 사용 제어권 위협
- (4) 블랙아웃과 같은 국가 재난 사태

전력수요관리 망은 국가 보안 시설로 국가 기간 자원인 전기를 다루는 민감한 요소로써 보안 이슈 발생 시 경제적 손해뿐 아니라 국민 불안감 조성 등의 심각한 사회적 문제로 발전될 수 있는 위험성을 내재하고 있다.

전 세계적으로 가장 광범위하게 사용되고 있는 전력수요반응 프로토콜 openADR에 대한 융합보안 기술로 프로토콜 측면 및 서비스 특화적인 측면에 입각한 공격 취약성을 심도 있게 분석하여 개방형 및 양방향 통신망에서 발생할 수 있는 다양한 해커들의 공격에 대응할 수 보안 기술 개발이 시급한 상황이다.

다양한 프로토콜 서비스 망에서 흔하게 볼 수 있듯이 실제 전력수요관리 망에서도 openADR 프로토콜 규정을 위반한 비정상 메시지의 공격 즉 openADR 파라미터 값, 타입, 버퍼 overflow 등의 메시지 변조 공격에 대하여 시스템 다운 및 오동작 등의 심각한 상황이 발생할 수도 있다. 또한 비정상적인 openADR 서비스

Flow 공격으로써 정상적인 서비스 수행을 위해 필요한 Transaction을 생략하거나 Transaction 순서 및 파라미터 값을 변경하는 변조 공격에 대한 취약성이 존재할 수도 있다. 개방형 IP 망에서의 서비스이기 때문에 openADR 서비스 망에서도 VEN 단말의 인증서 및 설정 정보가 탈취될 수 있고 VEN Name, VEN ID, VEN Registration ID가 해킹 되는 경우에 해킹 공격자에 의하여 정상 VEN 단말처럼 등록 및 등록 취소, 감축 지시 명령어 가로 채기 및 VTN 서버 공격 목적의 서비스 요청 등의 공격이 가능할 수 있다. 또한 일반적인 IP Flooding 탐지 방법으로는 알 수 없는 openADR 프로토콜에 특화된 Flooding 공격 등이 발생할 수도 있다. 또한 전력수요반응 망으로의 허가되지 않은 수요반응 시스템의 접근을 통제하고 인터넷 망과 전력수요관리 망을 분리하는 기술 등이 필요할 것이다. 이와 같이 전력수요반응 망에 다양한 취약성이 존재하므로 국민 DR 사업이 활성화되기 이전에 openADR 프로토콜 및 서비스에 특화된 다양한 보안 기술 개발이 필요할 것이다.

V. 결 론

본 논문은 최근 스마트 그리드 사업 활성화 및 수요자원 거래시장 개설로 등장한 개방형자동 수요반응 기술으로써 국제 및 국내 표준인 openADR 프로토콜 개념 및 기술 동향에 대하여 소개하였다. 또한 국민 DR 사업으로 수요 반응 시장의 활성화 및 확대가 예견되는 시점에서 openADR 프로토콜의 보안 문제점 및 보안 사고 발생 시 사회적 문제로 발전될 수 있는 위험성에 대하여 언급하였다.

스마트 그리드에서는 전력 장비들에서부터 수요자의 가전 기기, 원격 검침 장치에 이르기까지 광범위하게 데이터의 전송이 이루어지는데 기존의 폐쇄된 전력망이 아닌 통합된 광대역 전력 통신망을 통해 이루어지게 된다. 따라서 스마트 그리드 상에서 전송되는 데이터들의 보안은 반드시 보장되어야 할 중요한 과제이다. 스마트 그리드 망에서 수요 반응 핵심 기술인 openADR 2.0b 프로토콜을 발표한 표준 단체에서 제시하는 보안 방법은 TLS를 이용한 전송계층 보안 프로토콜 사용 위주로 정의되어 있고 openADR 프로토콜

및 서비스에 대한 취약성 분석 및 이에 대한 대응 보안 기술 개발은 미흡한 상태이다.

결론적으로 스마트그리드는 전력인프라와 정보통신 기술(ICT)이 접목되어 전력 사용 및 관리를 최적화하는 기술로, 개방형 및 양방향 통신환경을 기반으로 다양한 보안사고가 발생할 수 있으므로 openADR 프로토콜을 구현하는 경우에는 다양한 공격 취약성을 고려한 openADR 표준 및 서비스에 특화된 보안 기술이 반드시 모색되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] SmartGrid Website, <http://www.smartgrid.org>.
- [2] Jae Jung Park, "DR(Demand Reponse) Technology for Smart Grid", KERI, 2013.
- [3] W. M. Taqqali and N. Abdulaziz, "Smart Grid and demand response technology," EnergyCon 2010 IEEE International, 2010.
- [4] PIER, "Open Automated Demand Response Communications Specification(Ver. 1.0), 2009.
- [5] openADR Alliance Website, <http://www.openadr.org>
- [6] openADR 2.0 Profile Specification A Profile, openADR Alliance, 2011
- [7] Jimyung Kang, Implementation of openADR 2.0a Profile for Demand Response in Smart Grid, KERI, 2013.
- [8] openADR 2.0 Profile Specification B Profile, openADR Alliance, 2013.07
- [9] NIST Cyber Security WG, "smart Grid Cyber Security Strategy and Requirements", 2010



채현호 (Hyun-Ho Chae)

2002년 2월 : 동명정보대학교 정보통신과(공학사)
2014년 8월 : (주)엘림넷 책임 연구원
2015년 7월 ~ 현재 : (주)나온웍스 책임 연구원
※ 관심분야 : 네트워크, 정보 보안



이 준 경 (Lee, June Kyoung)

1995년 2월 : 인하대학교 전자계산학과(공학석사)
2000년 8월 : (주)LG정보통신 선임 연구원
2007년 7월 ~ 현재 : (주)나온웍스 대표
※ 관심분야 : 네트워크, 정보 보안



이 경 학 (Lee, Kyoung Hak)

1992년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학사)
1994년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
2007년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
현재 : 남서울대학교 조교수
※ 관심분야 : VR, S/W Platform