

수요반응 시스템에서의 응용 프로토콜 분석

박재정*, 김진영*, 서종관**, 이재조**

Analysis of Application protocol for Demand response System

Jae Jung Park*, Jin Young Kim*, Jong Kwan Seo**, Jae Jo Lee**

요 약

최근 들어 급격하게 증가하는 전력 수요와 더불어, 전력의 효율적인 소모를 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 그 중 가장 대표적인 예가 바로 스마트 그리드에 기반 한 수요반응 시스템이다. 이는 기존의 수동적이고 일방적인 전력 수요가 아닌, 서비스 공급자와 소비자의 통신을 통한 효율적인 전력 소모가 가능한 시스템이다. 이러한 수요반응 시스템은 대부분 이더넷, TCP/IP 기반의 HTTP통신을 활용하며, 현재는 하나로 정의되어 있지 않은 다양한 통신 응용 프로토콜이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 수요반응에서 응용할 수 있는 프로토콜들의 종류와 그 응용에 관한 내용에 대하여 분석한다.

Key Words : Demand Response, Smart Grid, Open ADR, Smart Energy Protocol, HTTP

ABSTRACT

With the rapidly increasing power demand in recent years, variety of methods have been proposed for efficient power consumption.. Among them, the most representative example is demand response system based smart grid. Demand response system is not passive, one-side power demand. This system can efficiently consume through communication between service provider and power consumer. Demand response system uses HTTP based TCP/IP. And currently, there are variety of communication application protocol. In this paper, we analyze proctol type and application for demand response system.

I. 서 론

현대 사회는 전기 에너지 없이는 어떠한 산업시설도 운영하기 불가능한 구조로써, 전기 에너지는 사회 전반에 걸쳐 막대한 영향력을 주는 에너지 자원이라 할 수 있다. 산업이 발전함에 따라 에너지 수요는 점점 늘어가는 반면, 발전설비에 의한 발전 용량은 한계가 정해져 있으므로, 이러한 제한된 전력용량에 의해 지능적 전력 소모 방법에 대한 여러 가지 기술이 논의되고 있으며, 이러한 기술들은 스마트그리드라는 새로운 시장을 탄생 시켰다.

스마트그리드에는 기본적인 사용량 측정을 위한 원격 검침에서부터, 효율적으로 전력 수요를 제한하고 부하를 컨트롤 하기위한 수요반응 기술까지 다양한 종류가 있다. 그 중 현재 효율적인 전력 소모를 위한 사용량과 실시간 가격 정보 전송 및 부하 제어를 위한 기술인 수요반응 기술이 각광받고 있다.

이러한 수요반응 기술은 다른 독자적인 통신방식을 개발

하지 않고, 기존의 TCP/IP기반의 HTTP기반의 stack을 활용하여 통신한다. 그리고 이러한 HTTP 기반 하에 다양한 방식의 프로토콜을 응용하며, 일정한 형식을 통해 통신을 진행한다.

본 논문에서는 이러한 수요반응 시스템에서의 다양한 통신방식과 이에 적용할 수 있는 프로토콜 응용에 대해 소개한다.

II. 수요반응 통신

수요 반응 통신의 궁극적인 목적은 서비스 제공자에게는 사용자에게 현재 전력 용량 상태 및 부하 등을 전달하여 평상시의 전력 용량과 부하 관리를 더 효율적으로 하는 것이며, 사용자에게는 현재 자신의 사용량과 설정 요금, 그리고 현재의 실시간 사용 요금등의 정보를 수신 받음으로써, 효율적인 가격에 전력을 사용할 수 있도록 하는 것이 주된 목적이라 할 수 있다.

※ 본 연구는 한국 전기연구원의 스마트 홈을 위한 에너지 그리드 반응 시스템 기술개발 사업의 연구결과로 수행되었음(12-02-N1002-09)

*광운대학교 전파공학과 (parkjajang@naver.com), **한국 전기연구원

접수일자 : 2013년 5월 13일, 수정완료일자 : 2013년 6월 13일, 최종 게재확정일자 : 2013년 6월 20일

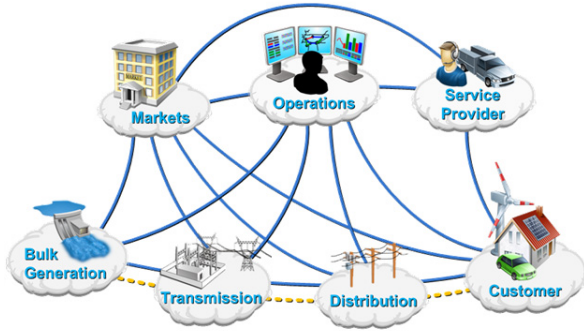


그림 1. 수요반응통신 구조

이러한 수요반응의 작용을 위해서는 사용자와 서비스 제공자의 상태를 정확하고, 신속하게 전송할 필요가 있으며, 현재는 이를 위해 많은 협력 단체에서는 그에 맞는 여러 가지 통신 방식을 다양한 정보 모델들을 제시하고 있으나, 하나의 표준으로 정의된 기술은 없는 상태이다. 따라서 미국의 각 전력회사에서는 자신의 회사에 사정에 맞는 통신 프로토콜을 사용하여 기초적인 수요반응을 진행한다.

수요반응 통신에 쓰이는 프로토콜에는 대표적으로 Open ADR alliance에서 만든 Open ADR과, Zigbee Alliance 에서 만든 SEP 2.0이 있으며, 모두 TCP/IP 기반의 HTTP 스택 하에 통신을 진행한다.

III. Open ADR protocol

Open ADR은 두 개의 end point, 즉, 전기 서비스 제공자와 사용자간의 정보교환을 촉진하기 위해 책정된 통신 데이터 모델이다. OpenADR은 서비스 사용자가 전기 부하를 흘리거나 이동 하중을 포함할지 여부 및 고객의 위치에서 수요 반응 작업 자동화를 촉진하도록 설계되었다. 통신 데이터 모델이 매일 연속 작업에 사용할 수 있는 경우, 종종 묻는 메시지가 표시되며, 이때의 대답은 'YES'이다. 그러나, 대부분의 응급상황이나, 신뢰성 DR 이벤트의 경우는 특정한 시간에 의해 발생한다. 따라서 이러한 Open ADR 통신은 산업용 제어시스템에 같은 신호를 조정하도록 설계되어 있다. 이러한 긴급한 상황 뿐만 아니라, 실시간 가격정보 및 하루 전의 가격정보 등의 지속적인 동적 가격신호를 제공하도록 설계되었다. 가격정보 같은 자동화 클라이언트는 계속 이러한 가격들을 모니터링하고 시설 내에서 연속적인 자동 제어 및 대응 전략에이 정보를 변환하도록 구성 할 수 있다. 궁극적으로 이런 Open ADR 규격은 산업 시설에서 DR을 자동화하는 데 사용된다 할 수 있다.

Open ADR은 다음과 같은 편의를 제공한다.

공개 사양 - 동적 가격과 DR 비상이나 신뢰성에 이벤트를 모두 구현할 수있는 개방형 비독점, 업계 승인 데이터 모

델을 사용하여 표준화 된 DR 통신 및 신호 인프라를 제공.

유연성 - 개방형 통신 인터페이스, 유연한 독립적 플랫폼, 상호운용성 및 end-to-end 기술, 투명한 소프트웨어 시스템 및 프로토콜 제공.

혁신 및 상호작용성 - 열신 혁신과 상호운용성을 장려하고, 시설이나 기업 내의 제어 및 통신과 기존의 쓸모없는 기술과 유지 보수비용 등을 감소시킬수 있음.

통합의 용이성 - 일반적으로 에너지 관리 및 제어 시스템 (EMCS), 중앙 집중식 조명, 인터넷 신호 (XML 등)를받을 수있는 다른 최종 사용 기기의 통합에 용이함.

이러한 다양한 편의화 함께, Open ADR 2.0은 배포시나리오를 수용하는 적은수의 전송프로토콜을 지원한다. 리소스 제한 엔드 디바이스의 경우, 간단한 HTTP 전송을 사용한다. 또한 전송은 XMPP 및 잠재적으로 다른 메커니즘이 사용된다. 여기서 최상위 VTN(Virtual Top Nodes : 일반적인 통신에서 서버 역할에 해당하는 정보 제공 역할)들은 VEN(Virtual End Nodes : 정보를 수신받는 클라이언트 역할)들이 가장 적합한 메커니즘을 선택하는 동안 모든 전송 프로토콜을 지원해야 한다.

Open ADR에서 모든 메시지는 HTTP 기반 전송 method에서 POST 방법을 사용한다. 일반적인 GET 보다, 이 방법은 메시지 도청과 HTTP 요청 본문의 페이로드를 포함하는데 도움이 된다. 그리고 이러한 요청이나 응답에는 반드시 HTTP 헤더가 나타나야 하며, Open ADR에서 주로 사용되는 헤더는 다음과 같다.

Accept - 수락 요청 헤더는 응답의 예상 내용 유형을 지정한다. 응답은 항상 "application / XML"이기 때문에, 수락 헤더는 생략 될 수 있다. 그러나 그것이 포함되는 경우, 승인 요청 헤더의 값은 항상 "application / XML"로 설정해야 한다.

Accept-Encoding - 클라이언트가 응답페이로드의 내용 압축을 지원하는 경우, 이 요청헤더를 나타낸다. VEN은 요청 내에서 이 같은 GZIP 또는 DEFLATE 같은 콘텐츠 압축을 지원하는 경우 이 헤더를 포함할 수 있다. VEN이 이 헤더를 포함하는 경우, VTN은 그것을 존중하고, 요청 헤더에 지정된 방법 중 하나를 사용하여 응답 내용을 압축해야 한다.

Authorization - 요청자를 식별하는 데 필요한 자격 증명을 전송하는 것이 요구되는 경우 인증 헤더가 사용되어야 한다.

그리고 이러한 요청에대한 응답 상태 코드의 종류는 다음과 같은 종류가 있다.

200 OK - 엔드 포인트가 요청을 완벽히 처리하고 유효한 Open ADR 응답 페이로드를 보낼수 있었다는 반응을 나타내는 응답 코드. 이 외의 응답코드는 전부 잘못된 오류를 표시하는 응답 코드이다.

401 Unauthorized - 가능성이 없거나 인증 자격 증명으로 구성된 경영 정보로 인해 요청자가 주어진 작업에 대한 권한이 없는 경우 나타내는 응답코드이다. 이 응답코드가 나타날때는 자격증명이 수정될 때 까지 요청자는 요청을 다시 하지 못한다.

404 Not Found - VEN이나 VTN이 요청한 작업을 지원하지 않는 경우 나타나는 응답코드으로써, 이 코드 역시 요청자가 응답을 다시 하지 못한다.

406 Not Acceptable - 페이로드 EI 스키마에 대해 유효성을 검사하거나, 요청 내용 유형이 지원되지 않는 경우에 나타나는 응답코드으로써, 요청자는 먼저 오류를 수정하지 않고 요청을 다시 보낼수 없다.

501 Not Implemented - 요청자가 지원되지 않는 HTTP method를 만들어 보낸 경우 발생하는 응답코드로, 이 코드는 HTTP method를 수정하고 요청을 보내야 한다.

503 Service Unavailable - 서버가 일시적으로 요청된 페이로드를 처리하는 기능이 상실되었을 때 나타나는 응답코드로, 이 오류 응답 발생시에는 서버에 추가부담을 주지 않기 위해 작업 중지 논리를 실행해야하는 요청을 표시해야 한다.

500 Internal Server Error - 정의되지 않았거나, 예기치 않은 서버오류가 발생할 경우 나타나는 응답코드로, 작업 중지 기간 이후 요청을 다시 시도할 수 있다.

모든 오류코드의 경우(200을 제외한 모두) 응답의 콘텐츠 바디는 정의되지 않으며, 서버는 응답에 몇 가지 정보 메시지를 보내도록 선택할 수 있지만 요청자는 그것의 구문을 분석하거나 이해 할 의무가 없다.

이러한 Open ADR의 엔드포인트의 명칭은 다음과 같은 형태로 이루어져 있다.

`https://<hostname>(:port)/(prefix)/OpenADR2/Simple/<service>`

여기서 각각의 구성요소의 의미로써 “prefix”는 같은 HTTP 서버에 상주 할 수 있는 다른 서비스에서 OpenADR 서비스를 구분하는 데 사용 될 수 있는 선택적 URI 경로 접

두어를 나타내고, “simple”은 HTTP (또는 “BACnet”, “SOAP”) 프로토콜을 통한 간단한 XML 구문을 나타낸다. 마지막 <service>는 EI 서비스의 이름을 나타낸다.

이러한 서비스의 “operation”부분은 요청에서 전송된 XML 페이로드에 의해 정의된다. 예를 들면 oadrRequestEvent 페이로드 루트 요소는 oadrRequestEvent 작업을 지정한다. VEN과 VTN (예 : 수집기 등)을 모두 노출 구현을 위해 이러한 구현들은 VTN과 VEN 인터페이스에 대해 서로 다른 URI(Uniform Resource Identifiers) 끝점을 사용해야 한다. 그 예는 다음과 같다.

`https://mycompany.com/myVTN/OpenADR2/Simple/EiEvent`
`https://mycompany.com/myVEN/OpenADR2/Simple/EiEvent.`

전송에 사용되는 메커니즘으로는 XMPP가 있다. XMPP는 XML 형식으로 상태 및 메시지를 전송하는 양방향 프로토콜을 의미한다. 기본적으로 XMPP는 양방향 상태기반 프로토콜이므로, 같은 XMPP를 활용하는 클라이언트는 모두 원활하게 Push 및 Pull 작업을 구현할 수 있다. 위에서 설명했듯, 요청에 의해 시작되는 Pull 작업은 VEN으로부터 시작되고, Push 작업은 Push로부터 시작된다. 또한 VEN과 VTN의 서비스 끝단에는 이메일 주소와 같은 형식의 JID(Jabber Identifier)로 정의되어 있으며, 정규화 된 JID는 HTTP 구현에서 엔드 포인트 URI와 동일한 기능을 수행 한다.

XMPP는 메시지 기반의 프로토콜이기 때문에, OpenADR 서비스의 실행은 OpenADR XML 페이로드를 포함하는 XMPP 메시지를 전달함으로써 발생한다.

그리고 Open ADR에서의 보안은 두가지의 단계로 나뉘어져 있으며, ‘표준’과 ‘높음’이라고 정의되어 있다. ‘표준’보안 통신을 위해서는 VTN 및 VEN들 사이의 보안 채널을 설정하기 위한 TLS를 사용하며, ‘높음’수준의 보안 채널을 설정하기 위해 VTN 및 VEN 사이에서는 TLS를 사용하고 또한 부인 방지 (non-repudiation)를 제공하기 위해 XML 서명을 사용한다. 또한 OpenADR 2.0에서는 보안을 위한 개방형 아키텍처를 채택하고, 이는 특정 기술에 자신을 제한하지 않는다는 것을 의미한다. PKI 인증서를 이용하기 위해 주로 2가지의 옵션이 존재하는데, 이 2가지 옵션은 RSA와 ECC이다. 보안 범위는 RSA가 더 광범위하게 허용하지만, ECC 암호화 및 디지털 서명과 같은보다 효율적인 암호화 작업의 이점을 제공한다. 또한 ECC는 RSA 키에 비해 동일한 암호화 강도, ECC 키 크기는 훨씬 짧다. 이는 효율적인 암호화를 선호하는 임베디드 디바이스에 특히 중요하다. 앞에 언급한 바와 같이, RSA가 더 널리 인터넷에서 접속하고 쉽게 가장 요구 사항과 일치 공급자를 선택하는 여러 인증 공급자를 가지고 있다.

시스템의 이점들을 모두 유지하려면, VTN들은 잘 알려진 인증기관에서 ECC와 RSA 인증서 두 개 각각을 모두 지원

해야 한다. 이는 최종적인 시스템 디자인에 있어서 두 개 이상의 여러 개의 사업자가 존재할 수는 있으나, 적어도 1개 이상의 ECC나 RAS 인증서 제공이 포함되어 있음을 의미한다. VEN들은 장치에 하나이상의 PKI 인증서를 사용하도록 선택할 수 있으며, 유일한 제한은 VEN들이 VTN에 대한 인증서에 승인된 목록에서 최소한 하나의 인증서를 구현해야 한다는 점 정도이다. 이 목록은 사전에 결정하고 공개적으로 사용할 수 있다.

VTN들과 VEN들 사이에 안전한 통신 채널을 설정하려면 VTNs 인증서 유형 및 공급자의 승인 된 목록에있는 모든 인증서를 지원해야 하며, 통신을 개시하면, VEN은 그들 중 하나를 사용하여 선택할 수 있다. 사용되는 인증서의 길이는 ECC가 224비트 정도의 길이를 가지고 있고, RSA가 2048비트 정도의 길이를 가지고 있다.

IV. Smart Energy Profile 2.0

SEP 2.0 프로토콜은 Zigbee Alliance에서 구성한 프로토콜이며, 주로 홈 네트워크에서의 디바이스 제어 같은 게이트웨이와 디바이스 사이에 쓰인다. SEP 프로토콜 stack은 IP stack 상단에 위치하며, 이는 NETWORK, TRANSPORT, APPLICATION layer에 대한 기능이 정의되어 있다. 여기서는 REST(Representational State Transfer) architecture 구현을 위해 설계되어 있으며, 이에따른 GET, PUT, POST, DELETE의 4가지 핵심작업이 내장되어 있다. SEP는 기본적으로 TCP/IP 포트 80의 HTTP를 사용한다. RESTful 작업의 데이터는 대부분 XML과 EXI로 구성되어 있으며, TLS 보안이 사용되지 않을 때 사용할 수 있는 다양한 캐시 관리 메커니즘을 제공한다. 여기서 TCP는 전송보증 및 윈도우 제공 세션 관리역할을 수행한다.

SEP2.0에서의 디바이스는 크게 Server와 Client로 나뉘지며, Server는 클라이언트에 리소스를 호스팅하는 역할, 그리고 Client는 확장, 업데이트, 리소스 삭제 등의 표현을 얻는 장치이다. 디바이스들은 이 두 역할이 절대적으로 정해져 있지 않으며, 모든 디바이스들은 서버, 클라이언트가 될 수 있다. SEP에서의 HTTP는 ASCII 텍스트를 사용해 URI를 전송하거나 옵션 및 세부정보를 포함시킨다. 여기서 세부규칙으로는 URI는 자음으로만 제작(선두모음, 일부 약어 제외)한다거나, 소문자로만 제작한다. 그리고 그 길이는 최대 255byte, 실제 80byte 이하로 설계한다. 또한 이러한 URI에 쿼리 결과로 반환된 목록 항목의 paging, filtering을 제공하기 위해 URI에 Query String Parameters를 추가한다. SEP에서의 모든 정보는 HTTP에 내장된 GET 으로 구현된 pull 메커니즘(요청이 들어 왔을 때만 정보 전송)으로 리소스를 얻으며, 이때, 요청메시지 역시 HTTP형식으로 구성되며, 요청시에 쓰는 헤더와 이에 따른 응답에 쓰이는 헤더의 종류

앞의 Open ADR과는 약간 다르다.

SEP에서의 기본적인 보안은 Application layer에서 이루어진다. PHY layer에서 낮은 계층에서의 기본적인 암호화를 제공하는 것은 하지만, 주로 Application layer 주요 보안형태를 제공한다. 여기서는 HTTP 기반 TLS 1.2 사용하며, 이는 인증서 기반의 인증을 통한 상호 인증을 제공한다. 이러한 보안 시스템에 따라, 클라이언트에 인증 수준에 따른 권한을 부여한다. 그림 2는 이러한 시스템에서 인증을 하는 과정이다. 특이하게 일반적으로 쓰이는 TCP/IP 80포트의 HTTP가 아닌 포트 443의 HTTPS를 사용하는데, 그 이유는 HTTPS가 모든 정보가 암호화 되어 있으므로 보안에 조금 더 효율적이기 때문이다.

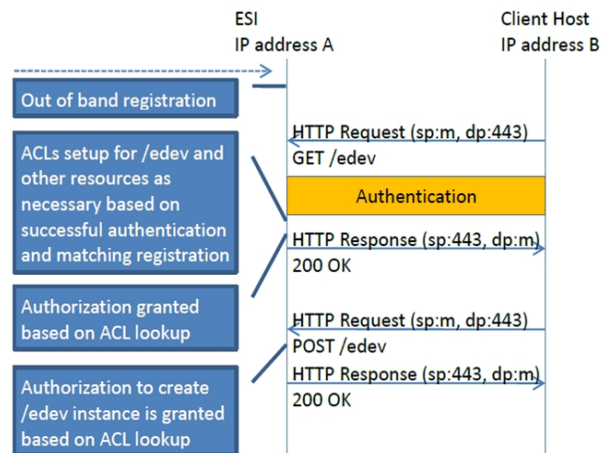


그림 2. SEP 2.0에서의 클라이언트 인증 과정

SEP는 세부적 리소스 발견을 지원하고 대역폭을 절약하기 위해 하위 유형을 쿼리의 확장 된 양식을 사용하는 서브타입 쿼리를 사용한다. 이는 각각의 Function Set에 의해 여러 가지 서브타입이 결정되며, 그 예는 다음과 같다.

표 1. 서브타입 쿼리 예시

| Subtype | Device Capabilities Field Name | SEP 2.0 Function Set |
|---------|--------------------------------|---|
| bill | CustomerAccountListLink | Billing |
| derp | DERProgramListLink | Distributed Energy Resource (DER) Control |
| dr | DemandResponseProgramListLink | Demand Response / Load Control |
| edev | EndDeviceListLink | End Device |
| file | FileListLink | File Download |
| fsa | FunctionSetAssignmentsListLink | Function Set Assignments |
| mup | MirrorUsagePointListLink | Metering Mirroring |
| msg | MessagingProgramListLink | Messaging |
| ppy | PrepaymentListLink | Prepayment |
| sdev | SelfDeviceLink | Self Device |
| tm | TimeLink | Time |
| tp | TariffProfileListLink | Pricing |
| upt | UsagePointListLink | Metering |

이러한 서브타입 쿼리와 함께 SEP구문은 WADL (Web-Application Design Language)를 사용한다. 이는

SEP에서의 RESTful method 관련 지원을 정의하며, 각각의 HREF(hypertext reference, 일정한 텍스트에 원하는 페이지 링크) 속성에 부합하는 정해진 형식을 사용한다. 다음은 서브타입 쿼리에 맞춘 WADL의 한 예이다.

Ex) DeviceStatus Resource
 Sample URI: /edev/ {id1 }/dstat
 Request Representation: DeviceStatus
 Response Representation: DeviceStatus
 Methods: GET/HEAD: Mandatory, PUT: Mandatory,
 POST: Error, DELETE: Error

SEP 2.0은 이러한 형식의 구조에 따라 등록, 수요반응, 가격측정 및 과세 등의 다양한 종류의 서비스를 제공한다. 각각의 서비스는 디바이스 상태, 측정 단위, 시간간격, 통화 등의 각각의 상황에 필요한 요소들을 WADL 형식으로 정리하여 가지고 있으며, 이는 전기거래 뿐만이 아닌, 가스나 수도 등의 여러 가지 서비스도 이용 가능하다. 그림 3은 SEP를 이용한 수요반응 과정의 예시이다.

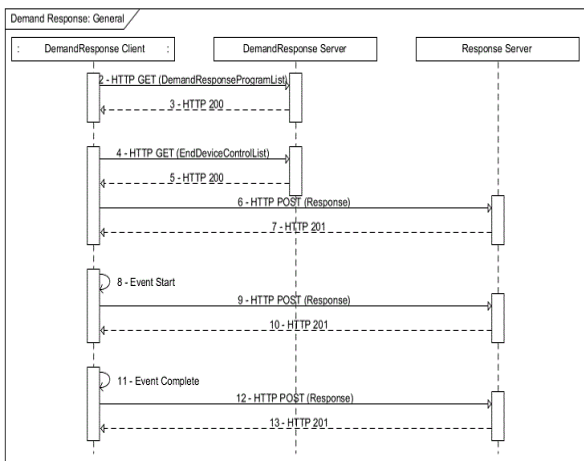


그림 3. SEP 2.0에서의 수요반응 실행 과정

위의 그림과 같이, 클라이언트가 서버에 등록하고, 프로그램 리스트를 제공하고, 그에 대한 이벤트를 받아 수행하는 과정까지 HTTP의 GET 메시지를 주로 이용하여 통신하고, 처리하는 것을 알 수 있다. SEP는 이러한 수요반응 뿐만이 아닌, 기기의 등록, 수요 측정, 과금, 과세 등의 다양한 방법으로 응용될 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 수요반응에 대한 간단한 정의와 이에 응용되는 프로토콜과 그 응용 방안에 대하여 분석하였다. 이러한 다양한 프로토콜을 기반으로 한 수요반응은 효율적인 전력

소모와 부하 관리를 가능하게 하는 원동력이다. 그러나 이러한 여러 프로토콜 응용은 각각의 호환성 문제에 관해서는 많은 단점을 가지고 있으며, 차후 이러한 여러 가지 프로토콜들의 호환에 관해서도 연구해보아야 할 문제이다.

참고 문헌

- [1] Grace Q. Tang, "Smart Grid Management & Visualization", 2011 8th International Conference & Expo on Emerging Technologies for a Smarter World(CEWIT), pp. 1-6, 2011.
- [2] W. M. Taqqali and N. Abdulaziz, "Smart Grid and demand response technology," Energy Conference and Exhibition (EnergyCon) 2010 IEEE International, pp. 710-715, 2010.
- [3] F. Rahimi and A. Ipakchi, "Demand Response as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm," Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), pp. 82-88, 2010 .
- [4] P. Khajavi, H. Abniki, and A. B. Arani, "The role of incentive based Demand Response programs in smart grid," 2011 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), pp.1-4, 2011.
- [5] F. Rahimi and A. Ipakchi, "Overview of Demand Response under the Smart Grid and Market paradigms," Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), pp. 1-7, 2010.

저자

박재정(Jae Jung Park)



- 2012년 2월 : 광운대학교 전파공학과 학사졸업
- 2012년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 디지털 통신, 스마트 그리드, PLC

<e-mail> : parkjajang@naver.com

서종관(Jong Kwan Seo)



- 2012년~현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 전력선통신, 스마트그리드, SEP 2.0 / OpenADR 2.0, 전기자동차

<e-mail> : yanuse723@naver.com

김진영(Jin Young Kim)



- 1998년 2월 : 서울대 전자공학과(공학 박사)
- 2000년 : 미국 Princeton University, Research Associate.
- 2001년 : SK텔레콤 네트워크 연구원 책임연구원

· 2009년 : 미국 MIT 공대 Visiting Scientist
· 2001년~현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수
<관심분야> : 디지털 통신, 신호처리, 채널 부호화
<e-mail> : jinyoung@kw.ac.kr

이재조(Jae Jo Lee)



- 1992년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학석사
- 2005년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학 박사
- 1992년~현재 : 한국전기연구원 수석 연구원

<관심분야> : PLC, 홈 네트워킹, 네트워크 관리시스템
<e-mail> : jjlee@keri.re.kr