

## K-Grid 통합 노드 데이터 모델링 및 정보교환 프로토콜 설계와 시험

(K-Grid Integrated Data Modeling and Data Exchange Protocol Design and Evaluation)

최종인\*

(Jung-In Choi)

### Abstract

To be integrated into the IEC 61970-based K-Grid, application of open communication protocol and sub-system modeling to major nodes is needed. In this paper, a module which links load nodes in customers to CIM based on psXML/oBIX, one of open protocols, was developed and data modeling and communication protocols of IEC 61850-7-42 based DER and ESS which apply the module to the customers who have DER and ESS were designed. Also the XML-based distributed database middleware was designed.

The proposed modeling and protocols were applied to the building in which commercial DER products and the effectiveness of the proposed data modeling and the communication protocol were evaluated.

Key Words : IEC 61970, IEC 61850, CIM XML, psXML, oBIX, Data Modeling, Data Exchange Protocol

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

K-Grid는 전력망을 구성하는 주요 노드(발전소, 변전소, 배전소, 부하 등)들에 개방형 구조의 표준 통신망을 구축하여, 전력망의 신뢰성, 경제성 및 상호운용성을 극대화하는 신(新)전력서비스를 위한 통합 인프

라망이다. 이 통합 전력 인프라망의 백본(Back-Bone) 체계는 국제 표준인 IEC 61970 표준정보모델(Common Interface Model, CIM) 기반으로 구성되며, 연결되는 모든 노드들은 그 자체가 또한 하위 노드들로 구성되는 독립적 계통이다.

이러한 독립적 노드들은 기존의 전용기술기반의 폐쇄적 구조를 갖고 있어 그 내부의 정보에 접근하는 것이 제한되어 있으므로, K-Grid에 통합되기 위해서는 이들이 모두 개방형 구조로 전환되어야 한다. 이중 변전소(Substation) 및 배전소(Distribution Feeder)는 개방형 국제표준인 IEC 61850이 잘 정립되어 있고 이미 상용화가 이루어지고 있어, 이를 K-Grid에 접목하는 것이 가능하다. 하지만 아직 발전노드 및 부하노드

\* 주저자 : 경원대학교 에너지IT학과 교수  
Tel : 031-750-5349, Fax : 031-750-8571  
E-mail : jichoi@kyungwon.ac.kr  
접수일자 : 2011년 11월 4일  
1차심사 : 2011년 11월 9일  
심사완료 : 2011년 11월 28일

와 관련해서는 완성된 개방형 국제표준이 없어 사실상 K-Grid 에서 단순노드(Lumped Node)로 모델링될 수 밖에 없다. 여기서 발전노드 부분은 워낙 시스템이 복잡하고 규제가 아직 엄격하여 - 특히 원자력발전의 경우 - 이를 개방형 구조로 표준화하는 것은 사실상 불가능하다. 또한 노드수가 상대적으로 작으므로 표준화효과 측면에서도 경제성이 크지 않다. 하지만 분산전원인 풍력에 관한 표준이 IEC 61400-25에서 제공되고 있고, 가장 간단한 수력발전 등이 연구 중에 있기 때문에 향후 구현의 여지는 있다.

반면에 부하 노드의 경우 이전과는 다르게 수용가가 능동적으로 전력망의 운영에 참여하는 수요반응(Demand Response)같은 신(新)전력서비스에 대한 관심이 커지고 있고 노드수가 수용가수와 동일하므로, 표준화를 통한 경제적 효과가 매우 클 것으로 예상된다. 또한 사회적, 경제적, 환경적 이유 등으로 각 부하노드 단 내에 신재생에너지(태양광, 풍력 등)를 포함한 분산전원(Distributed Energy Resource, DER)과 배터리 기반의 에너지저장 시스템(Energy Storage System, ESS) 등이 도입되고 있고 이들을 전력망과 연동하여 효율적으로 운영하는 스마트 그리드 기술을 구현하기 위해서는 수용가 내부요소에 대한 구체적 모델링이 필요하게 되었고, 특히 요소 간 상호호환성과 시스템의 확장성을 증대시키기 위해 개방형 표준을 개발 하고 적용해야하는 필요성이 대두되게 된 것이다.

DER설비의 생산자들은 이들을 전력시스템에 연결하고자 할 때 사용자들에게 기기의 감시 및 제어기능을 제공하기 위한 통신표준과 프로토콜이라는 문제에 직면하게 되었다. 과거에는 DER 생산자들은 독자적인 통신 기술을 개발하였으나, 전력회사들이 그들의 시스템에 다양한 DER 기기들을 연동하고 관리하게 되면서, 서로 다른 통신 기술을 복제하는 것이 기술적 어려움, 구현비용 및 유지비용 등을 유발하게 되었다. 따라서 전력회사, DER 설비생산자, 및 설비사용자들은 모든 DER 기기들을 위한 통신 제어 인터페이스를 정의하는 국제 표준을 정하는 것에 관심을 갖기 시작하였다. 해당 표준은 관련된 가이드라인과 단일화 된 절차를 따라서 단순 구현, 설치비 절감, 유지비 절감,

전력 시스템 운영의 신뢰성 증진을 가져올 수 있어야 한다. 동시에, 객체 모델링 기술은 정보 교환 관리를 위한 가장 유용한 방식으로 구현되어야 하며, 특히 변전소 내에서의 정보 교환을 위한 전력회사 통신 구조(Utility Communications Architecture, UCA) 객체 모델은 표준화 절차를 통하여 개발되어야 한다. 현재는 IEC 61850이 국제 표준으로 자리 잡았다.

## 1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구에서는 변전 및 배전, 수용가내 분산전원 및 에너지 저장장치 노드 모델링 및 정보교환 프로토콜을 설계하였다. 구체적으로는 K-Grid의 IEC 61970 CIM 기반의 백본망에 연동 운영되는 변전소 및 배전소의 IEC 61850과 같은 수준의 부하노드인 수용가, 특히 분산전원 및 에너지 저장장치 노드를 포함하는 표준 수용가를 위한 XML(eXtensible Markup Language) 기반 개방형 구조의 통신망을 설계하고 이를 기반으로 하는 운용기술을 개발하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 변전 및 배전, 수용가단 부하노드 프로토콜 개발

본 연구에서 개발한 프로토콜은 기존에 설계한 수용가단 부하노드의 프로토콜인 psXML(power system eXtensible Markup Language)을 보다 범용성이 높은 oBIX(open Building Information Exchange)로 호환되는 형태인 psXML/oBIX로 개발하였다. 이는 국제 XML 표준 협회인 OASIS에서 개발 채택한 국제표준의 상위 프레임워크인 oBIX를 기반으로 하위 프로토콜을 psXML로 만든 것으로 oBIX호환성을 가지고 있는 새로운 개방형 국제표준프로토콜이다.

각각의 수용가 내의 부하 및 DER 노드간의 대표적 전용 프로토콜인 Modbus, BACnet, DLMS, IEC 61850 등을 스마트 게이트웨이(Smart Gateway)를 이용하여 psXML/oBIX 기반으로 바꾸어 이를 수용가

포털(Consumer Portal)로 보내게 된다. psXML/oBIX는 본 논문에서 제시하는 수용가단위의 표준으로서, 데이터형식은 XML이고 통신프로토콜은 REST (Representational State Transfer) 혹은 SOAP (Simple Object Access Protocol)이다. 모든 객체(object)는 URL(Uniform Resource Locator)로서 그림 2와 같이 표시된다. 그림 2는 “ElecMeter”의 값을 ZigBee를 통해서 취득하고 그 값을 http://112.169.40.142/sgobix/obix/ports/zigbee/0013A200403A3E39의 URL로 나타낸 예이다.

```

GET /dpoibx/obix/about
<obix href="http://112.169.40.142/sgobix/obix/about" i="obix:About"
xmlns="http://obix.org/ns/schema/1.0"
xmlns:xsi="http://schemas.xml.org/xsi/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://obix.org/ns/schema/1.0 http://obix.org/ns/schema/1.0"
<str name="serviceTime" display="Service Time" value="2010-01-12T07:08:02.868+09:00"/>
<str name="version" display="Version" value="2010-01-12T07:08:02.868+09:00"/>
<str name="productVersion" display="Product Version" value="1.0"/>
<str name="productName" display="Product Name" value="VOICEMETER"/>
<str name="deviceName" display="Device Name" value="VOICEMETER"/>
<str name="deviceType" display="Device Type" value="Device Portal"/>
<str name="devicePort" display="Device Port" value="112.169.40.142:8080"/>
<str name="deviceAddress" display="Device Address" value="112.169.40.142:8080"/>
</obix>
    
```

그림 3. psXML/oBIX Read 오퍼레이션  
Fig. 3. psXML/oBIX Read operation



그림 1. 수용가 노드 프로토콜 변환  
Fig. 1. Consumer Node Protocol Conversion

```

http://112.169.40.142/sgobix/obix/ports/zigbee/0013A200403A3E39
<obix href="http://112.169.40.142/sgobix/obix/ports/zigbee/0013A200403A3E39" i="obix:DeviceIcon"
xmlns="http://obix.org/ns/schema/1.0" xmlns:psxml="http://bopper.co.kr/2009/psxml"
<str name="name" writable="true" value="jp_meter"/>
<str name="vendor" val="Vocemeter"/>
<str name="model" val="TD200905G1234"/>
<uri name="meta" val="http://112.169.40.142:80/sgobix/obix/device/Vocemeter/TD200905G1234"/>
<str name="addr" val="0013A200403A3E39"/>
<str name="description" writable="true" value="JP Meter"/>
<str name="serialNo" writable="true" value="11"/>
<str name="location" writable="true" value="11"/>
<real name="x" writable="true" value="1.0"/>
<real name="y" writable="true" value="1.0"/>
<int name="z" writable="true" value="11"/>
<enum name="loadType" is="psxml:LoadType" writable="true" value="light"/>
<enum name="devType" is="psxml:DeviceType" value="ElecMeter"/>
<ref name="meter" href="meter"/>
<ref name="meta" href="meta" displayName="Meta Info"/>
<ref name="zigbee" href="zigbee" is="psxml:remotZigbeeInfo" displayName="Remote Zigbee Info"
icon="http://112.169.40.142:80/sgobix/obix/icon/zigbee/icon.png"/>
<op name="removeDevice" href="removeDevice" displayName="Remove this device" i="obix:NI" out="obix:st"/>
</obix>
    
```

그림 2. URL 객체  
Fig. 2. URL object

psXML/oBIX의 기본동작(Operation)은 Read, Write 그리고 Invoke로 그림 3에서 5과 같이 이루어진다. 본 연구에서 IEC 61970 CIM기반의 K-Grid 데이터 통신망과 연동시키려면, 각각의 수용가단에서 psXML/oBIX는 CIM XML로 변환되어 게시(Publish) 되고 이를 수용가 포털 서비스 서버에서 가입(Subscribe)하는 그림 6과 같은 구조로 이루어지게 된다.

```

PUT /dpoibx/obix/about
<obix xmlns="http://obix.org/ns/schema/1.0"
xmlns:xsi="http://schemas.xml.org/xsi/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://obix.org/ns/schema/1.0 http://obix.org/ns/schema/1.0"
<str name="serviceTime" display="Service Time" value="2010-01-12T07:08:02.868+09:00"/>
<str name="version" display="Version" value="2010-01-12T07:08:02.868+09:00"/>
<str name="productVersion" display="Product Version" value="1.0"/>
<str name="productName" display="Product Name" value="VOICEMETER"/>
<str name="deviceName" display="Device Name" value="VOICEMETER"/>
<str name="deviceType" display="Device Type" value="Device Portal"/>
<str name="devicePort" display="Device Port" value="112.169.40.142:8080"/>
<str name="deviceAddress" display="Device Address" value="112.169.40.142:8080"/>
</obix>
    
```

그림 4. psXML/oBIX Write 오퍼레이션  
Fig. 4. psXML/oBIX Write operation

```

POST /sgobix/obix/histories/ports/zigbee/0013A200403A3E39/meter/_history/query
<obix xmlns="http://obix.org/ns/schema/1.0"
xmlns:xsi="http://schemas.xml.org/xsi/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://obix.org/ns/schema/1.0 http://obix.org/ns/schema/1.0"
<str name="start" val="2010-01-01T00:00:00"/>
<str name="end" val="2010-01-01T00:00:00"/>
<str name="deviceName" val="VOICEMETER"/>
<str name="deviceType" val="Device Portal"/>
<str name="devicePort" val="112.169.40.142:8080"/>
<str name="deviceAddress" val="112.169.40.142:8080"/>
</obix>
    
```

그림 5. psXML/oBIX Invoke 오퍼레이션  
Fig. 5. psXML/oBIX Invoke operation

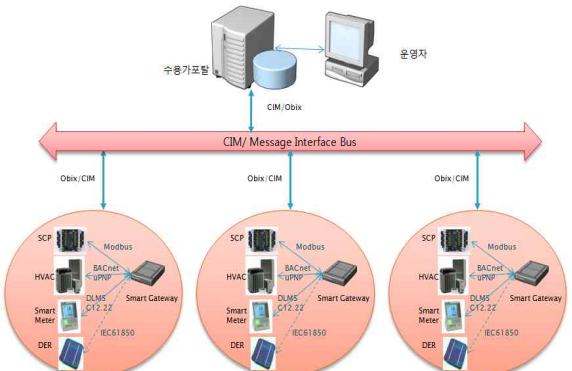


그림 6. psXML/oBIX의 CIM XML 변환  
Fig. 6. Conversion from psXML/oBIX to CIM XML

## 2.2 변전 및 배전, 수용가단 분산전원 및 저장장치의 모델링 및 정보교환 프로토콜 설계

스마트그리드 기술을 이용하여 수용가를 전력망에 연동시키기 위해서는 부하노드를 단순 부하노드에서 여러 요소로 구성된 상세한 내부 모델링하는 것이 필요하게 되었다. 특히 호환성과 확장성을 증대시키기 위해 개방형 표준을 개발 하고 적용해야한다. 이를 위하여 2.1절에서 개발된 oBIX를 그대로 사용해도 되겠지만, 보다 다양한 분산전원(태양전지, 풍력발전기, 연료전지, 마이크로 터빈 등) 및 전기자동차 등 전력저장 장치 등이 수용가에 포함되면서, 현재 마이크로그리드용으로 개발되는 새로운 IEC표준을 적용하는 것이 보다 효율적이다. 디지털변전소용으로 개발된 IEC 61850은 배전자동화에 확대 적용되고 있는 것은 물론이고, 최근 들어 IEC 61850-7-420에서 분산전원(DER)용으로도 제안되고 있다.

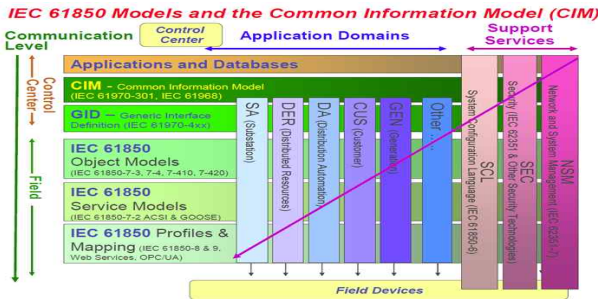


그림 7. IEC 61850 모델과 CIM  
Fig. 7. IEC 61850 Models and CIM

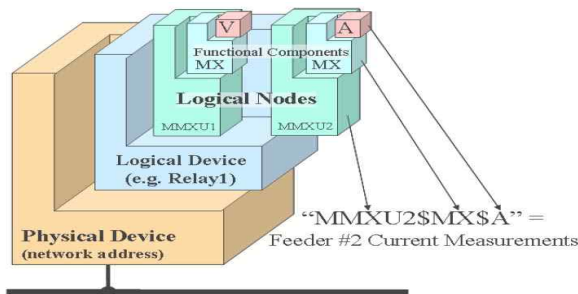


그림 8. IEC 61850 구조도  
Fig. 8. IEC 61850 structure

따라서 본 연구에서는 IEC 61850-7-420 기반으로 oBIX를 IEC표준으로 변환하여 이를 분산전원 및 저장장치를 포함하는 수용가에 적용하는 방식으로 새로운 설계를 시도하였다. 또한 oBIX와 마찬가지로 IEC 61850-7-420도 XML기반의 표준이기 때문에 2.1절에서 개발된 내용의 대응되지 않는 부분이 없이 (Seamless) 확대적용이 가능하다. 이를 전력망의 데이터교환 프로토콜인 IEC 61970 CIM으로 연동되도록 설계하였다.

IEC 61850의 한 부분인 7-420은 DER에 필요한 부분인 논리노드(Logical Nodes, LN), 논리장치(Logical Devices, LD), 데이터 객체(Data Objects), 공통데이터 클래스(Common Data Class), 공통 속성(Common Attributes) 등을 정의하고 있다. 7-420에서는 일반적인 분산전원 관리(General DER Management), 태양광 시스템(Photovoltaic Systems), 연료전지(Fuel Cells), 디젤발전(Diesel Generation), 열병합(Combined Heat and Power, CHP) 등의 분산전원에 대하여 기술하고 있다. IEC61850 및 DER 통신망의 구조는 그림 9, 10과 같다.

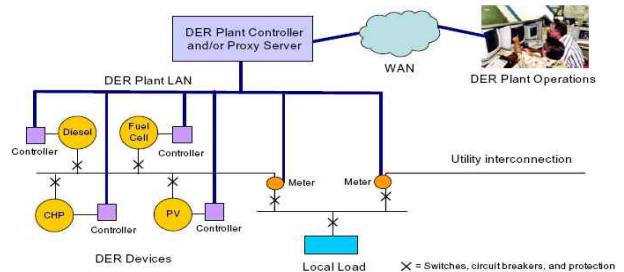


그림 9. DER 통신망 구조  
Fig. 9. DER Communication structure

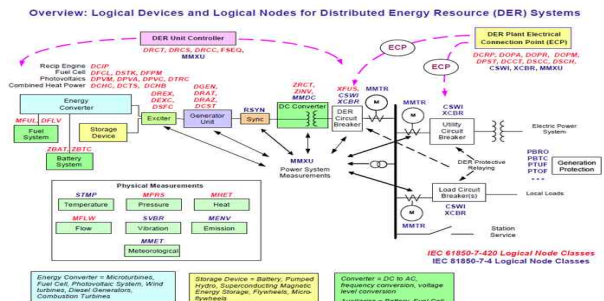


그림 10. IEC 61850-7-420 논리장치와 논리노드 개략도  
Fig. 10. IEC 61850-7-420 Overview of LD & LN

그림 10은 IEC 61850-7-420 표준문서에서 상기 DER을 포함하는 시스템에서 논리장치(LD) 및 논리노드(LN)에 대한 개요도를 나타낸다.

표 1은 IEC 61850 구현에 대한 요약표를 나타낸다.

**표 1. IEC 61850 구현 요약**  
**Table 1. IEC 61850 Implementation Summary**

IEC 61850 - Communication networks and systems		Implementation
61850-1	Introduction and Overview	
61850-2	Glossary	
61850-3	General Requirements	
61850-4	System and Project management	
61850-5	Communication Requirements for Functions and Device Models	
61850-6	Substation automation system configuration language	Not implemented, anyway, the software contains configuration files which make it completely configurable regarding the data model and communications mapping layers.
61850-7-1	Principles and Models	
61850-7-2	Abstract Communication Service Interface	Basic services are implemented that allow obtaining the description of the model, obtaining data and operating the device.
61850-7-3	Common data classes	The needed CDC-s for modelling required functions for generators, loads and measurement devices are implemented.
61850-7-4	Compatible logical node classes and data classes	The needed LN-s and CDA-s for modelling required functions for generators, loads and measurement devices are implemented.
61850-8-1	Mapping to MMS and ISO/IEC 8802-3	An alternative implementation of the low level communications using XML-RPC is used.
61850-9-1	Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link	Not implemented.
61850-9-2	Sampled values over ISO/IEC 8802-3	Not implemented.
61850-10	Conformance Testing	

분산 전원 및 저장 장치는 중앙 또는 분산 관리 시스템에서 제어되는 발전과 소비 기기들로 구성되어져 있다. 이러한 기기들은 생산자로부터 주어지는 그들의 통신 프로토콜을 가지고 있다. 이들을 모니터링, 제어하기 위해 사용되는 어플리케이션은 각각의 통신 프로토콜을 가지고 있다는 것을 의미하므로, DER 통신 프로토콜은 다음의 요소들을 가지고 있어야 한다.

- DER 기기와 변전소 상호 운전을 위한 데이터 모델
- DER 기기들과 분전 장치를 위한 데이터 모델
- 각 기기들의 고유한 기능들을 사용하기 위한 서비스
- 특정 하위 레벨 통신 매핑(mapping)

부하 노드 내부의 기기들의 종류는 매우 광범위하다. 디젤 발전, 가스 터빈, 인버터, 계량기, 스위치, 배터리 등 각자 고유의 프로토콜을 가진 기기들이다. 궁극적으로는 이러한 프로토콜들을 이 논문에서 제안하는 프로토콜로 바꾸어 주는 소프트웨어도 개발되어져야 한다. 이 게이트웨이 소프트웨어는 EMS 또는 다른 제어 모니터링 소프트웨어와 같이 사용되어질 것이다. 이 소프트웨어는 기능적 요구사항과 기술적 요구사항이 존재하는데, 기능적 요구사항으로는 하드웨어와 플랫폼 환경에 따라 이슈들을 처리하는 동안 어떤 기능들이 처리되어져야 하는지와 기술적으로는 새로운 기능들을 쉽고 명확하게 추가할 수 있도록 확장성을 가질 수 있도록 설계하여야 하는 것을 포함한다.

수용가단 분산전원 노드 및 저장장치의 상세 스펙 및 제어 가능한 기능의 정의는 표 2~10과 같다.

**표 2. On/Off 부하를 위한 데이터 모니터링 요구사항**  
**Table 2. Data monitoring requirement for on/off Load**

Data	Update Rate	Description
Active Power rating	Once, when the application starts	Active power rating of the load
Reactive Power rating	Once, when the application starts	Reactive Power rating of the load
Output Active Power	≤ 1 sec.	Measured Active Power consumed by the load
Output Reactive Power	≤ 1 sec.	Measured Reactive Power consumed by the load
Status	≤ 1 sec.	Connection status (ON/OFF) for each controlled load

**표 3. 계측기를 위한 데이터 모니터링 요구사항**  
**Table 3. Data monitoring requirement for measurement**

Data	Update Rate	Description
Active Power flow	≤ 1 sec.	Measured Active Power flow
Reactive Power flow	≤ 1 sec.	Measured Reactive Power flow
Frequency	≤ 1 sec.	Frequency at measurement point
Voltage	≤ 1 sec.	Voltage at measurement point

**표 4. 분산전원을 위한 데이터 모니터링 요구사항**  
**Table 4. Data monitoring requirement for DER**

Data	Update Rate	Description
Output Active Power	≤ 1 sec.	Measured Active Power injected by the generator
Output Reactive Power	≤ 1 sec.	Measured Reactive Power injected by the generator
Frequency at injection point	≤ 1 sec.	Measured Frequency at generator's connection point
Voltage at injection point	≤ 1 sec.	Measured Voltage at generator's connection point
Maximum Active Power	Once, when the application starts	Maximum Active Power that the generator can produce
Minimum Active Power	Once, when the application starts	Minimum Active Power that the generator can produce
Maximum Reactive Power	Once, when the application starts	Maximum Reactive Power that the generator can produce
Minimum Reactive Power	Once, when the application starts	Minimum Reactive Power that the generator can produce
Maximum Frequency	≤ 1 sec.	The maximum frequency in the P-F droop corresponds to the minimum active power
Minimum Frequency	≤ 1 sec.	The minimum frequency in the P-F droop corresponds to the maximum active power
Maximum Voltage	≤ 1 sec.	The maximum voltage in the Q-V droop corresponds to the minimum reactive power
Minimum Voltage	≤ 1 sec.	The minimum voltage in the Q-V droop corresponds to the maximum reactive power
Status (started/stopped)	≤ 1 sec.	Indicates if the generator is started and connected to the network
Droops Status	≤ 1 sec.	Indicates whether P-F and Q-V droops are active or not
Operating Mode	≤ 1 sec.	Indicates the operating mode of the generator: Voltage source: the generator acts as a master in the network setting the voltage and frequency Current source: the generator acts as slave following the network voltage and frequency

**표 5. 일반적으로 고려하여야 할 기능 및 스펙 정의**  
**Table 5. Specification and Function for General**

Type	Data Type & Length	Name	Variable Description
AMV	S16, 2 Byte	ExtPwrAt	Active power consumption from public grid
AMV	S16, 2 Byte	ExtPwrRt	Reactive power consumption from public grid
AMV	S16, 2 Byte	InvPwrAt	Active power supply to Microgrid
AMV	S16, 2 Byte	InvPwrRt	Reactive power supply to Microgrid
AMV	S16, 2 Byte	InvVtg	Phase to neutral voltage of Microgrid
AMV	S16, 2 Byte	InvFrq	Power frequency of Microgrid
AMV	S16, 2 Byte	BatTmp	Battery temperature
AMV	S16, 2 Byte	BatSOC	Battery State-of-charge
BS	1 Bit	GdOn	Connected to public grid
BS	1 Bit	ExtVfOk	Voltage and Frequency of public grid are in valid range
BS	1 Bit	Run	SI in operation
BS	1 Bit	Error	SI is faulted
AS	S16, 2 Byte	FedinCurAt	Setpoint for Active Current feed-in to public grid
AS	S16, 2 Byte	FedinCurRt	Setpoint for Reactive Current feed-in to public grid
AS	U16, 2 Byte	InvVtgNom	Nominal phase to neutral voltage of Microgrid
AS	U16, 2 Byte	InvFrqNom	Nominal power frequency of Microgrid
AS	U16, 2 Byte	BatChrgVtg	Nominal battery charging voltage
BS	1 Bit	ManStr	Start or Stop
BS	1 Bit	GdManStr	Deny/Allow automatic Grid Synchronization
BS	1 Bit	CurAtEna	Disable/Enable manual Active Current Setpoint
BS	1 Bit	CurRtEna	Disable/Enable manual Reactive Current Setpoint
BS	1 Bit	ManChrgSel	Start or Stop of manual Battery Charging Operation

표 6. DRCC (DER supervisor controller with control actions) 고려하여야 할 기능 및 스펙 정의

Table 6. Specification and Function for DRCC

Data class	Data attribute	Data object	Description
SPC	stVal	GnStrMan	manual start of generator
SPC	stVal	GdSyncAllow	grid operation blocked/free
SPC	stVal	GnGdConAllow	Signal for Enable / Disable grid/generator connection
SPC	stVal	DERStr	Start DER unit
SPC	stVal	DERStop	Stop DER unit
SPC	stVal	FltAck	Fault clearing
SPC	stVal	Rly1Op	On/Off Relay 1
SPC	stVal	Rly2Op	On/Off Relay 2

표 7. DRCS (DER supervisor controller status information) 고려하여야 할 기능 및 스펙 정의

Table 7. Specification and Function for DRCS

Data class	Data attribute	Data object	Description
INC	d	ErrCode	error message
SPC	stVal	Rly1	On/Off Relay 1
SPC	stVal	Rly2	On/Off Relay 2
SPC	stVal	GnRn	Feedback signal Generator in operation
SPC	stVal	AutoGn	Generator request
SPC	stVal	AutoLodExt	Load shedding 1 request
SPC	stVal	AutoLodSoc	Load shedding 1 request
SPC	stVal	Tm1	Timer 1 request
SPC	stVal	Tm2	request by Timer 2 active
SPC	stVal	ExtVfOk	grid/generator voltage/frequency in valid range
SPC	stVal	GdOn	grid connected
SPC	stVal	Run	In operation
SPC	stVal	MccAutoLod	Load shedding request in multi cluster mode
SPC	stVal	Chp	CHP request
SPC	stVal	ChpAdd	Add. CHP request

표 8. 배터리시스템에서 고려하여야 할 기능 및 스펙정의

Table 8. Specification and Function for Battery System

Data class	Data attribute	Data object	Description
SPC	stVal	BatSt	Equalisation charging
MV	mag	Vol	battery voltage
MV	mag	Amp	battery current
MV	mag	InBatTmp	battery temperature
MV	mag	BatSOC	battery SOC
INS	stVal	Health	battery SOH
SPC	stVal	BatFan	Fan Battery room
SPC	stVal	AcdCir	Battery acid recirculation
SPC	stVal	MccBatFan	Fan Battery room in multi cluster mode

표 9. 배터리 충전기에서 고려하여야 할 기능 및 스펙정의

Table 9. Specification and Function for Battery Recharger

Data class	Data attribute	Data object	Description
ASG	setMag	ChaVSet	Nom. Charging voltage
ASG	minVal	ChaVSet	Min. Charging voltage
ASG	maxVal	ChaVSet	Max. Charging voltage
ASG	setMag	SOCSet	Nom. Battery State of charge (SOC)
ASG	minVal	SOCSet	Min. SOC
ASG	maxVal	SOCSet	Max. SOC
ENG	setVal	BatChaTyp	Battery charging mode
ENG	setVal	BatChaSt	Battery charging mode status

표 10. 인버터에서 고려하여야 할 기능 및 스펙 정의  
Table 10. Specification and Function for Inverter

Data class	Data attribute	Data object	Description
ENG	setVal	ACTyp	inverter type
ASG	setMag	OutWSet	output power setpoint
ASG	setMag	OutCurAtSet	active current setpoint
ASG	minVal	OutCurAtSet	Min. active current
ASG	maxVal	OutCurAtSet	Max. active current
ASG	setMag	OutCurRtSet	reactive current
ASG	minVal	OutCurRtSet	Min. reactive current
ASG	maxVal	OutCurRtSet	Max. reactive current
ASG	setMag	OutHzSet	rated frequency setpoint
ASG	minVal	OutHzSet	Min. rated frequency
ASG	maxVal	OutHzSet	Max. rated frequency
ASG	setMag	OutVSet	rated voltage setpoint
ASG	minVal	OutVSet	Min. voltage
ASG	maxVal	OutVSet	Max. voltage
SPC	stVal	OutCurAtManEna	manual rated active current
SPC	stVal	OutCurRtManEna	manual rated reactive current
SPC	stVal	ChaVManEna	manual rated charge voltage
SPC	stVal	EquChrgManEna	Manual Equalisation charge
SPC	stVal	GnStrManEna	manual start of generator
SPC	stVal	GdStrManEna	manual grid operation
SPC	stVal	SetVtgFrqManEna	manual voltage/frequency setpoint
SPC	stVal	GnGdConEna	Enable manual Grid connection
ENG	SetVal	InvOpSt (replace Stdby)	state of operation

이와 같이 IEC 61850-7-420 정의된 분산전원 및 에너지 저장장치에 대한 사양을 바탕으로 CIM XML 데이터 모델로의 변환 미들웨어를 다음과 같이 설계하였다. 미들웨어는 서로 다른 요소들과 모듈로 구성된다. 전혀 다른 모듈들은 다른 나머지 모듈에 대한 영향 없이 한 모듈의 인터페이스의 사용 그리고 빠르고 쉬운 치환, 확장 또는 변경을 위한 공용 클래스의 사용을 통해 모듈들 간의 연관이 되며 소프트웨어 구현은 IEC 61850 사양에 기초한다.

‘The IEC 61850 - Communication networks and systems in substations’은 변전소의 관리를 위한 통신 서비스와 프로토콜을 표준화 하였다. 이것은 IEC 61850 시스템이 반드시 제공해야할 서비스, 데이터 모델, 프로토콜을 정의한다. 표준의 확장(7-420)은 특별히 서로 다른 DER 플랜트를 위한 데이터 모델을 정의한다. CSDER 소프트웨어는 표준에 명확하게 부합하지는 않는다. 표준은 다만 MicroGrid 어플리케이션을 위한 표준의 유효성을 분석하고 조절기를 개발하기 위한 기초로만 사용될 뿐이다. 구현의 초점은 전체 표준의 구현을 부과하는 복잡성이 필요하지 않다는 것을 고려해야 한다는 것이다.

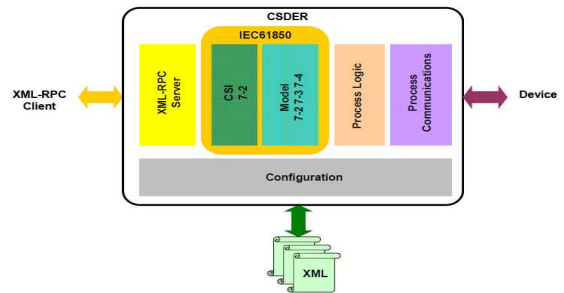


그림 11. 하이레벨 소프트웨어 아키텍처  
Fig. 11. High Level Software Architecture

메인 모듈은 어플리케이션을 만들고 시작하는 루트 클래스를 포함한다. 기본 클래스는 메인이고 이것은 다른 모듈의 구성, 초기화, 시작을 위한 시퀀스를 시작하고 어플리케이션의 명확한 정지를 위한 절차를 가지고 있다. ServerCnf라고 불리는 클래스는 어플리케이션의 구성 요소들을 가지고 있다. 모듈 인터페이스





지고 있는 다른 클래스를 포함한다.

데이터 모델은 최계층이 서버인 트리 구조로 구성되어 있고, IEC 61850 서버가 제안하는 정보들을 보여 준다. 서버는 서버 정보를 가지고 있는 하나의 LPHD 와 모델링 되어지는 기기들의 논리적 시각을 보여주는 여러 개의 LD 클래스를 가지고 있다. 각각의 LD는 LLNO 클래스에 의해 기술되어져 있고, LD의 각각의 기능들은 LN으로 모델링된다. 그림 15는 데이터 모델의 계층적 클래스 다이어그램이다.

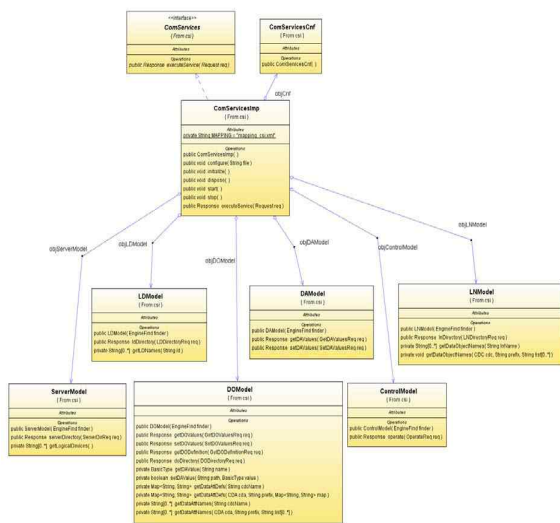


그림 15. CSI class diagram  
Fig. 15. CSI class diagram

통신 서비스 인터페이스 모듈은 IEC 61850 7-2에 몇 몇 정의되어져 있다. 이 모듈은 IEC 61850 클라이언트에게 모델 내의 정보를 접근하는 것을 허가한다. 모델로부터 정보를 얻는 서비스를 제공하고, 모델로의 데이터 setting, 기기간의 제어 행동을 가능하게 하고 모델 구조를 얻을 수 있다. CSI 모듈은 기기들과 절대로 직접 연동되지 않는다. 이 방식은 같은 코드로 제어기의 다른 형식으로 재사용되어질 수 있다. ComServiceImp는 ComService와 모듈 인터페이스는 여기에 정의된 인터페이스의 메소드를 통하여 이 모듈과 다른 요소들과 연동을 허락한다. 그림 15는 CSI 모듈 내의 클래스를 기술한다.

▷ oBIX에서 개발된 Protoss의 구성을 IEC61850-7-

42에서 동일하게 만들어서 이를 통하여 여러 가지 통신프로토콜(Modbus, DLMS, Zigbee, BacNet 등)과 통신하는 기기와의 연동을 그림 16과 같이 구현하였다.

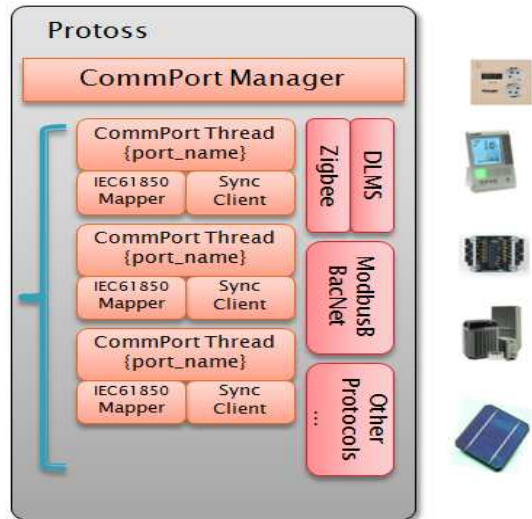


그림 16. IEC 61850-7-42 통신 Mapper Protoss  
Fig. 16. IEC 61850-7-42 Communication Mapper Protoss

oBIX에서 개발된 Call Flow와 동일하게 IEC 61850-7-42에서 만들어 그림 17과 같이 구현하였다.

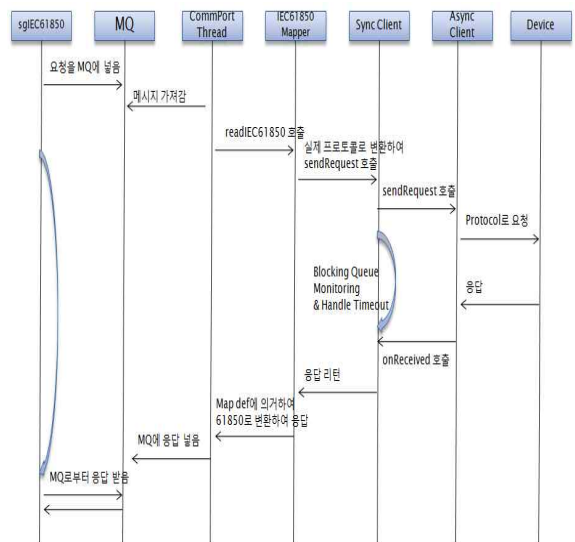


그림 17. IEC 61850-7-42 호출 흐름도  
Fig. 17. IEC 61850-7-42 Call Flow

이상의 IEC61850-7-42 기능을 다음과 같이 DER 수용가내에 적용하였다.

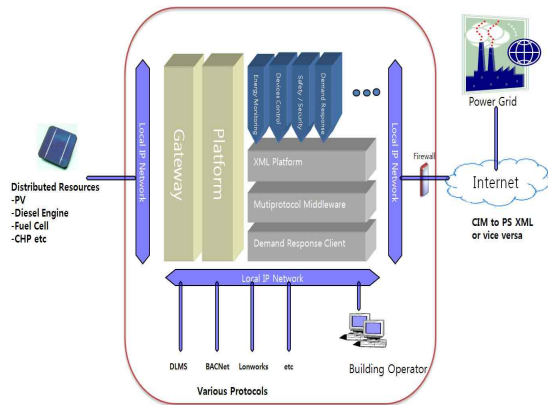


그림 18. DER 수용가  
Fig. 18. DER Consumer

### 2.3 XML 기반 분산 DB 미들웨어 설계

DER 수용가내의 모델링을 XML 기반의 IEC 61850-7-42으로 구현할 경우 각 수용가가 자체 DB를 가지게 된다. 이러한 형태의 분산 DB는 PowerGrid의 데이터교환 통신 버스를 통하여 상위 시스템 DB와 연동되도록 하는 미들웨어를 설계하였다.

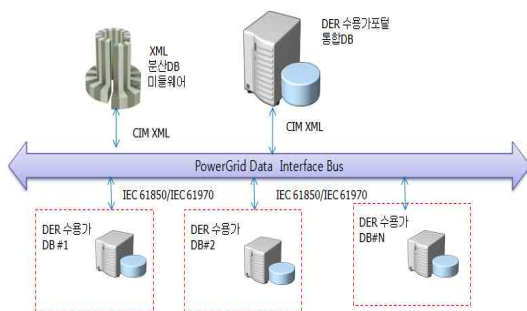


그림 19. XML 기반 분산 DB 구성도  
Fig. 19. DB Architecture Based on XML

각각의 DER 수용가내 분산DB에는 XML 기반의 모델링을 위한 Static DB와 Transient 데이터 저장을 위한 History DB로 구성된다. IEC 61850-7-42에서 정의되는 공통 데이터 클래스(Common Data Class, CDC)는 그림 20과 같이 정의된다.

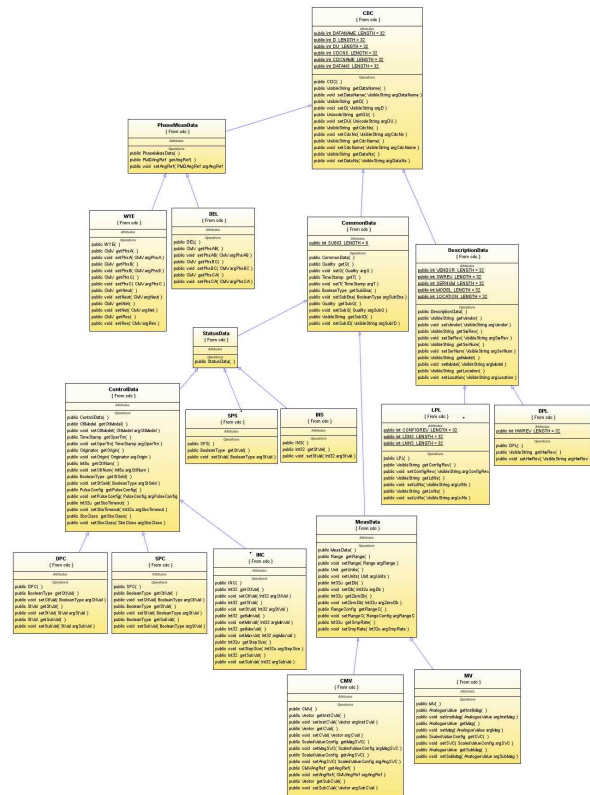


그림 20. CDC class diagram  
Fig. 20. CDC class diagram

즉 CDA 클래스는 CDC 속성을 위한 속성 형식을 나타낸다. CDA-s는 다른 CDA-s 또는 단순 숫자, 문자, 열거, 시간 그리고 양 등을 복합적으로 포함할 수 있다. CDA 클래스는 Java의 Observable 클래스에서 확장되었다. 이것은 요구되어지는 CDA-s의 변화를 기술하거나 CDA의 값의 변화가 일어남을 통지하는 통신 서비스 인터페이스와 프로세스 로직 모듈을 가능하게 한다. 소프트웨어의 절차 부분은 외부의 서비스 부분에서 발생하는 모델의 어떠한 변화도 인지한다. CDC-s, 서로 다른 발전기, 부하 그리고 계량 기기의 모델링에 필요에 맞는 새로운 인자들은 필요하지 않다. 그림 21, 22, 23은 CDA 클래스들의 클래스 다이어그램을 보여준다.

DER을 설치한 건물 내에 적용하였을 때 과거사용량 데이터베이스(Historical DB)를 통하여 태양광 발전에 대한 다양한 형태의 실시간 상세 자료를 그림 24와 같이 운영자 화면에게 보여줄 수 있다.

K-Grid 통합 노드 데이터 모델링 및 정보교환 프로토콜 설계와 시험

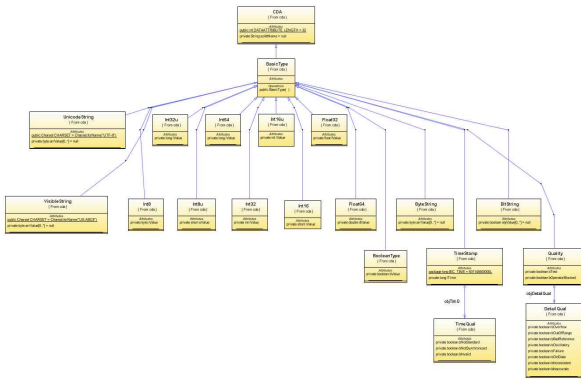


그림 21. 기본 CDA class diagram  
Fig. 21. Basic CDA class diagram

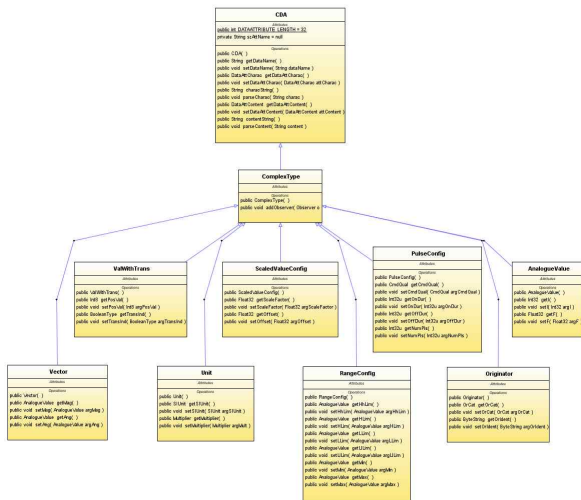


그림 22. 복합 CDA class diagram  
Fig. 22. Complex CDA class diagram

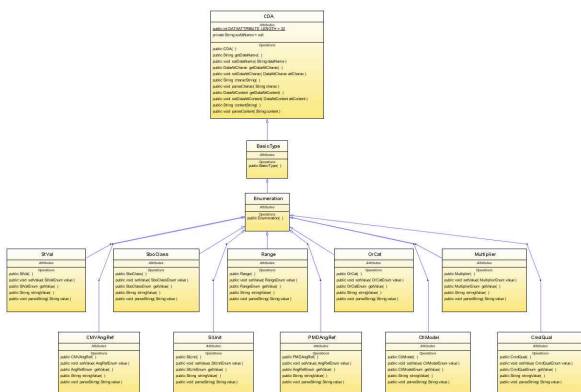


그림 23. 열거형 CDA class diagram  
Fig. 23. CDA class diagram



그림 24. 실제건물에 적용한 DER static DB와 Historical DB 운영자 화면 예  
Fig. 24. Operation user interface of DER static DB and Historical DB

4. 결론

본 연구에서는 수용가내의 부하노드를 오픈 프로토콜인 psXML/oBIX를 기반으로 CIM XML 연동하는 모듈을 개발하였으며, 이를 분산전원(DER)을 포함하는 수용가에 적용하는 설계를 새로운 IEC 61850-7-42 기반의 분산전원 및 전력저장장치에 대한 데이터모델링과 정보교환 프로토콜을 설계하였다. 또한 XML기반의 분산 데이터베이스 미들웨어 설계를 수행하였으며, 이러한 연구 결과를 실제 분산전원(DER)을 포함하는 실제 건물에 적용하여 CIM XML기반의 개방형 데이터모델링과 정보교환 프로토콜의 효용성을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원 ('09 첨단도시A01)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] Arzuaga, T., Cadenas, A., Arzuaga, A, "Fiabilidad de las redes LAN en las Subestaciones Electricas", XII ERIAC 2007.
- [2] IEEE 802.3ad, "Link Aggregation Control Protocol Speci-

fication”, IEEE, 2000.

[3] IEEE 802.1D-2004, “Spanning Tree Protocol Specification”, IEEE, 2004.

[4] IEC61850-5, “Communications Networks and Systems in Substations. Part 5: Communication Requirements for Functions and Device Models”, IEC, 2003.

[5] Seifert, R. “The Switch Book”, J. Wiley & Sons, 2000.

[6] “IEC 61850: Communication networks and systems in substations”, IEC TC 57.

[7] “IEC 61850 part 7-420: DER Logical Nodes”, IEC TC 57.

[8] D. Nestle, C. Bendel, J. Ringelstein, K. Schwarz, “Data models for the integration of the low voltage level into grid communication and control using decentralised decision” Oldenburg, June 2007.

[9] T. Kostic, O. Preiss, C. Frei “Understanding and using the IEC 61850: a case for meta-modelling” Computer Standards & Interfaces, 2004.

[10] K. Schwarz, “IEC 61850, IEC 61400-25 and IEC 61970: Information models and information exchange for electric power systems”, DistribuTech, 10/2004.

[11] X. Qiu, W. Wimmer, “Applying object-orientation and component technology to architecture design of power system monitoring” International Symposium on Component-Based Software Engineering, 2000.

[12] [http://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61850](http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61850).

[13] SMA Solar Technology AG: Sunny Island 5048 - Installation & Instruction Manual.

[14] David Nestle: Concept of the Open Gateway Energy Management Alliance, <http://www.ogemalliance.org/files/OGEMA-Alliance.pdf>, 2009.

◇ 저자소개 ◇



**최중인 (崔重仁)**

1956년 10월 7일생. 1979년 서울대학교 공과대학 원자핵공학과 졸업. 1987년 미국 MIT 졸업. 1993년~현재 경원대학교 에너지IT학과 정교수.