

스마트그리드 통신망 구축 및 운영방안 연구

양호욱*, 황우현*
KEPCO*

Study on Construction and operation of the Smart Grid Communication Network

HoWook Yang*, Woo-Hyun Hwang*
KEPCO*

Abstract - 스마트그리드 통신망은 발전, 송전, 배전, 소비자 등의 각 도메인들이 상호운영성을 확보할 수 있도록 시스템과 시스템, 시스템과 단말, 단말과 단말간에 유무선 통합통신망을 구축하는 것이다. 현재 제주도 실증단지 스마트그리드 통신망은 기존 송전선로 OPGW와 4개 배전선로에 첨가 광케이블을 이용하여 각 시스템이 연계될 수 있도록 구축했다. 이에 현재 설치된 현황을 살펴보고 미래 스마트그리드로 가기 위한 통신망 구축과 운영방안을 제시하고자 한다.

1. 서 론

제주도 스마트그리드 실증단지 구축 사업은 2009년 12월 제주도 구좌읍에 시작되었으며 최초 출발은 전력IT 10개 과제를 통합 실증하여 해외시장에 진출하고자 2008년 12월 전력IT 통합실증기술개발 및 Test Bed 구축하는 과제이다. 결국 5개 분야로 분리되었고 발전과 소비자의 도메인을 뺀 송전, 변전, 배전을 중심으로 한 파워그리드에 전력IT 성과물을 설치하여 실증하게 되었다.

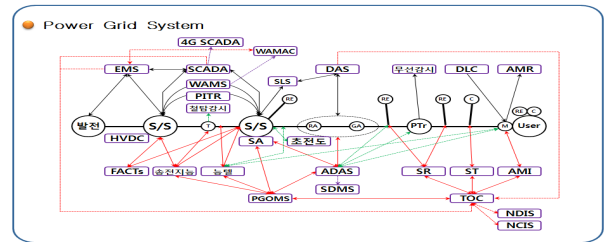
기존에 파워그리드를 운영하기 위하여 각종 자동화 설비를 설치하였는데 송·변전에서는 SCADA 시스템, 배전에서는 배전자동화 시스템을 구축하여 현장 전력설비를 원격 감시 제어하고 있다. 전력IT 과제에서는 송전선로에 각종 센서를 설치하여 무선으로 정보를 취득하고 변전소는 설비에 IEC61850기반의 IED를 광 네트워크로 정보를 유통시키며, 배전선로 기기는 지능화하여 각종 정보 및 고장파형을 취득할 수 있는 초고속 통신망을 사용할 수 있는 광케이블을 배전선로에 첨가하여 구축하였다. 이러한 전력IT 과제를 통합 실증하기 위한 시스템을 구축하게 되는데 이 시스템이 PGOMS이다. 현재는 1단계 사업으로 전력IT 과제나 스마트그리드 요소가 한정되어 있으며 제주 실증단지에서 KEPCO의 5개 분야 컨소시엄은 파워그리드 통신망을 기간망으로 하여 운영하고 있다. 전력IT 실증에서 진행된 스마트그리드 통신망을 구축하기 위해서는 각종 센서 정보를 취득하기 위한 유무선 통합 통신망이 필요하게 되는데 현재 구축된 통신 인프라를 기반으로 각종 노드에 무선망을 결합하면 될 것이다. 또한 지능형 전력망은 각종 부하나 발전원을 유연하게 받아들일 수 있는 인터페이스가 필요하게 되는데 이때 꼭 필요한 것이 통신망이다.

이에 본고에서는 현재 운영 중인 전력망 원격감시시스템의 SCADA, DAS 시스템 통신망과 통신기술에 대하여 살펴보고 본 과제인 전력IT 실증과제 성과물을 실증하기 위한 통신망 구축 현황을 기술하고 앞으로 운영방안을 도출하고 개선점에 대해 살펴봄으로써 미래 스마트그리드 통신망 구성에 대하여 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력망 원격감시시스템

현재 우리나라의 전력계통을 원격감시제어하기 위한 시스템으로는 발전소와 345kV 이상 변전소를 감시, 제어하는 KPX의 EMS시스템과 765kV, 345kV, 154kV 유인변전소를 대상으로 하는 급전소 SCADA와 154kV 무인변전소의 감시, 제어를 하는 급전분소 SCADA, 22.9kV 배전선로를 감시, 제어하는 DAS시스템으로 구성되어 있다. 또한 발전소와 변전소는 자체적으로 감시, 제어를 할 수 있는 시스템이 별도로 존재하며 이들은 모두 현장기기로부터 데이터를 취합하는 RTU나 IED로부터 통신망을 이용하여 원격으로 데이터를 취득하고 필요시 원격제어를 수행한다. 그리고 소비자가 사용하는 전력량을 취득하기 위한 전력량계를 설치운영하고 있는데 고압의 경우 대부분의 고객 전력사용량 정보를 원격으로 취득하는 AMR시스템을 운영 중에 있으며 저압의 경우 현재는 인력검침을 하고 있으나 원격 검침을 하는 AMR 시스템을 5만호 시범 운영 및 확대 설치 중에 있다. 아래 <그림1>은 현재 전력망 시스템에 대한 개념도를 표현한 것이다



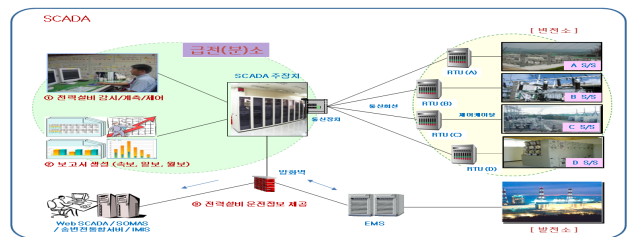
<그림 1> Power Grid 시스템 개념도

2.1.1 SCADA 시스템의 통신망 시스템

SCADA 시스템은 송변전 전력정보를 취득하기 위해 변전소마다 RTU가 설치되어 있으며, RTU는 현장설비의 제어와 상태, 계측정보를 DI, DO, AI 모듈을 통해서 수행한다. 모듈에서 취득된 데이터는 RTU MPU가 저속부와 고속부 통신을 통하여 상위시스템으로 전송하게 되는데 이때 사용하는 프로토콜은 KEPCO DNP 1.0이다.

통신망은 변전소와 변전소간에 송전선로에 따라 광케이블의 종류가 달라지게 되는데 가공송전선로의 경우 가공지선에 광코어를 첨가한 OPGW를 시설하였고 지중송전선로는 전력구나 관로를 사용한 지중용 광케이블을 포설하여 광단국과 PCM장비를 설치하여 구성한다. 이렇게 구성된 통신선로를 이용하여 저속의 경우 PCM장비를 통하고 고속의 경우 별도의 LAN 방식을 사용한다. 프로토콜은 모뎀을 사용하는 Serial DNP와 TCP/IP기반의 DNP로 나뉜다. 결국 RTU와 상위시스템은 원격 제어 감시에 적합한 통신망과 통신방식을 갖추고 있다고 할 수 있다.

EMS와 급전소 SCADA는 데이터 링크를 통하여 상호 데이터를 주고 받을 수 있도록 구성되어 있어 상호운영성을 확보하고 있다고 볼 수 있으며 통신망은 T1/E1선로를 이용하여 프로토콜은 IEC 60870-6(ICCP)를 이용하고 있다.

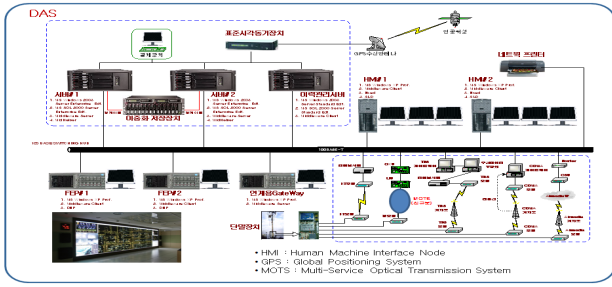


<그림 2> SCADA 시스템 구성도

2.1.2 DAS 시스템의 통신망 시스템

변전소 원격감시, 제어를 하는 SCADA 시스템은 한정된 장소와 설비의 군집성으로 RTU에서 취합하는 것과 달리, DAS시스템은 배전선로가 복잡하게 구성되어 있으며 감시 제어하고자 하는 개체가 현장에 산재되어 있다. 현장 감시 제어 대상인 배전설비에 FRTU가 설치하여 원격에서 운영하고 있다. 원격 감시 제어를 위한 통신 프로토콜은 전력자동화의 산업표준인 DNP3.0을 사용하여 운영 중이다.

서버와 FRTU간 통신은 유선방식과 무선방식이 혼용되어 사용하고 있으나 현재 대부분 배전선로에 첨가로 설치된 광케이블을 이용한 광모뎀을 이용하고 있고 일부 KT 통신케이블을 이용한 케이블모뎀, 그리고 한정에서 운영중인 DTRS를 이용한 TRS 무선모뎀, 무선사업자의 무선모뎀을 사용하고 있다. 광모뎀의 경우 Ring 방식을 채택하였고 초기에는 E1급으로 운영하였고 현재는 100Mbps를 지원하는 MOTS 광모뎀을 같이 사용하고 있다.



〈그림 3〉 DAS 시스템 구성도

2.2 제주 실증단지 KEPCO 스마트그리드 통신망 현황

제주실증단지 스마트그리드 실증사업은 5개 분야 12개 컨소시엄이 구성되어 있는데 KEPCO는 5개 분야에서 실증에 참가하고 있다. 각 컨소시엄 즉 전기차 충전장치 인프라, 신재생에너지(풍력,태양광, 저장장치, 소수력), 가정의 전자식 전력량계의 실증사업이 구축용 전력망인 5개 배전선로에서 이루어지고 있다. 배전선로는 지능형배전기기를 실증하기 위한 통신 인프라로 가공광케이블과 OPSW를 구축하였으며 이를 통하여 KEPCO의 타 컨소시엄도 간선망으로 이용하고 있다.

2.2.1 지능형 송전 통신망[1]

지능형송전은 첩탑이나 송전선로 상에 센서와 카메라를 부착하여 송전선 상태나 기상상태, 낙뢰 등의 데이터를 센싱하고 송전선로 주변의 상태를 화상정보로 전송하는 기능을 하며 실증과제로는 송전선로 감시 시스템과 능동형텔레메트릭스가 있다.

1단계에 구축한 능동형텔레메트릭스는 네트워크와 데이터의 호환성을 위해 통신프로토콜 단일화와 이더넷 기반의 네트워크를 구축하였으며 통신프로토콜은 향후 전력분야에 확대 적용이 예상되는 IEC61850 표준으로 통일하였고 무선센서네트워크는 IT분야에서 도로, 항만에 적용되고 있는 IEEE1451의 표준을 적용하였다. 센서와 센서간에는 Zigbee 방식, 센서와 LNB는 WLAN방식, LNB와 서버간에는 광통신선로(OPGW)를 사용하였다.

2.2.2 변전소 자동화 통신망[2]

SA 시스템은 변전소 내부시스템으로 IEC 61850 기반의 통신 네트워크는 Dual Hybrid방식의 구조를 적용하였으며 통신케이블은 온도, 습도, 전자기적인 환경을 고려하여 멀티모드의 광케이블을 포설하여 100Mbps 네트워크를 구성하였다(backbone switch간 1Gbps로 구성). SA 시스템의 네트워크는 실시간성 보장과 더불어 네트워크의 안정성을 확보하였다. 통신장치가 연결되는 첫번째 이더넷 스위치(access switch)의 장애를 SPF(single point failure)라고 하는데 SPF가 발생하더라도 전체 통신 네트워크에 영향을 주지 않게 하기 위해서 2대의 access switch를 구비하여 각 통신 장치는 2대의 access switch에 각각 연결된다. 결국, 1개의 access switch에 장애가 발생하더라도 다른 access switch를 통해 통신할 수 있기 때문에 SPF에 대응할 수 있도록 했다.

Access switch와 backbone switch와 회선장애 및 backbone switch간의 장애 등에 대해 RSTP에 의해서 백업 경로와 다른 backbone switch를 사용함으로써 장애를 복구할 수 있다. 아울러 GOOSE의 실시간성을 보장하기 위해서 GOOSE 메시지의 우선순위는 4로 설정하여 일반적인 MMS 메시지보다는 더 높은 우선순위로 처리될 수 있게 함으로써 지연 시간을 최소화 하였다. 여기서, 스위치는 802.1q와 802.1w를 지원할 수 있는 managed switch를 사용했으며, VLAN 구성은 GOOSE를 통한 응용에 맞춰 구성하였다. SA시스템의 통신네트워크가 보장해야 하는 성능은 신뢰성과 더불어 표준에서 정의된 서비스가 규정된 시간에 수행되어야 하는 실시간성이다. 네트워크 지연시간을 최소화할 수 있는 네트워크 구조와 GOOSE 메시지 등의 실시간 전송 서비스를 위한 이더넷 스위치를 설치하였다.

SA시스템과 상위시스템(SCADA, DAS, PGOMS)의 통신은 DNP 프로토콜을 사용하는 SCADA와 DAS는 기존과 동일한 방식을 사용했으며 PGOMS와는 LAN을 이용한 고속망으로 구축하였다.

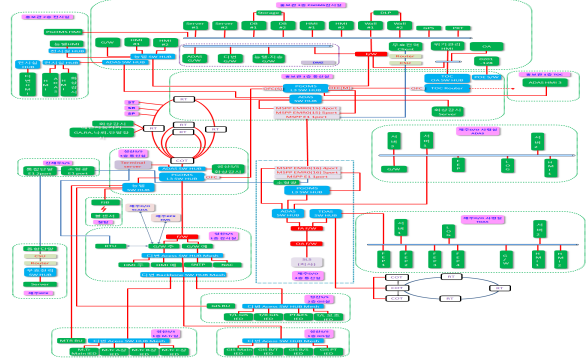
2.2.3 배전지능화 통신망[3]

배전지능화 시스템 기본적으로 IP 기반의 광전송과 IEEE802.17 RPR 즉 Resilient Packet Ring 국제규격을 기반으로 한 지능형 다기능 단말 장치들의 정보데이터, 제어신호와 기존 TDM 전용서비스, NG-SDH기반의 Ethernet 서비스를 단일 플랫폼에서 1Gbps의 초고속으로 동시에 전송할 수 있는 장치를 지원하기 위해서 배전선로에 첨가 광케이블을 포설하여 네트워크를 구축하였다. 또한 설계시 모든 배전선로는 변전소에서 인출되는 관계로 변전소를 허브 개념으로 두고 COT를 변전소에 설치하였으며 상위로는 기존 송전선로를 이용하여 구축되어 있는 OPGW

나 광케이블, 광전송장비를 이용함으로써 네트워크의 안정성과 신뢰성을 확보하였다.

2.2.3 PGOMS 및 KEPCO 컨소시엄 운영센터 통신망

홍보관에는 TOC와 PGOMS, KEPCO 컨소시엄 운영센터가 설치운전 중이다. 제주지사과 홍보관은 기존 광케이블과 배전지능화에서 구축한 광케이블을 이용하여 MSPP 장비를 설치했으며 각 컨소시엄의 주간선망으로 제공하였다. PGOMS는 각 시스템으로부터 대용량 데이터를 취득해야 함으로 광포트를 제공하는 L3 S/W를 설치하였다.



〈그림 4〉 SPG 통신망 구성도

2.3 스마트그리드 통신망 운영 방안 및 개선점

제주실증단지에 구축되어 있는 스마트그리드 통신망은 각 컨소시엄별로 설계 구축된 관계로 네트워크 통합과 분리가 용이하지 않으며 통신 장비 역시 이러한 점을 고려하지 않았기 때문에 서로 호환성을 갖지 못했다. 우선 송변전 통신네트워크와 달리 지능형 배전기기와 전기차충전기, 스마트메터 등은 외부에 노출되어 있는 관계로 운영에 많은 어려움이 있다. 특히 외부 전원상실이나 온도, 습도, 염분에 대한 취약성이 나타나게 되며 무선을 사용할 경우 취약한 보안문제나 안테나 등 설치시 문제점 등이 나타나고 배전선로 특성상 도로확장이나 차량충돌 등 돌발사건으로 지장전주 이설이 자주 발생할 가능성이 상존한다. 그러므로 우회선로 구성은 필수적이며 전주에 달린 무선기지국이나 DCU 등도 유지보수를 위한 예비자재 확보가 필수적이다. 또한 네트워크를 원격감시할 수 있는 NMS를 운영해야 한다. 그리고 실증에 끝난 후를 대비하여 확장된 계층의 네트워크 설계가 이루어져야 한다.

3. 결 론

현재 전력망의 원격감시제어시스템인 SCADA나 DAS는 현장과 시스템간 정보전송량이 적은 관계로 회선 대역폭이 적어도 되었으나 전력IT과제를 실증하면서 데이터량이 증가함에 따라 초고속 광통신망이 필요하며 각종기기의 센서를 취득하기 위해서는 무선망이 필요함을 알아보았다. 스마트그리드를 완성하기 위해서는 보다 많은 센서와 지능형기기들이 설치될 것이며 지능형전력망을 구성하는 인터페이스와 연계하기 위한 통신망이 진화해야 할 것이다. 그 바탕에는 광통신망이 근간이 될 것이며 유무선 융합망의 개발이 필요하게 될 것이다. 이를 바탕으로 전력기기는 스스로 판단할 수 있는 인공지능 기능과 통신기능이 SoC 형태로 진화해 나가야 한다. 무선의 특성상 보안에 취약한 점을 극복하는 노력도 함께 해야 할 것이다. 어떤 형태가 되었는지 스마트그리드 통신망의 최우선은 고속성, 신뢰성, 실시간성이 확보되어야 하는 계통보호과 전력 제어용이다. 그리고 많은 정보를 취득하기 위해서는 All IP의 IPV6의 도입과 QoS가 지원되는 복합적인 네트워크 장비의 개발이 필요하다. 또한 현재 운영 중인 전력망 원격감시시스템과 향후 개발될 운영 시스템의 상호운영성을 확보를 위한 사전 작업이 필요하다.

본 연구는 2008년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 전력IT 실증플랫폼 구축 및 운영)

[참 고 문 헌]

[1] 능동형 텔레메트릭스 전력설비 상태감시 시스템 개발 최종보고서, 259p,2009.12, 현대중공업
 [2] IEC 61850 변전소자동화 시스템 현장적용 기준 수립(최종보고서), 338p~344p, 2010.02, 전력연구원 송배전연구소
 [3] 배전지능화 시스템 개발 1단계 최종보고서, 254p,2008.09 한국전력공사