

IEC 61850 Application in Distribution Automation System

김 태 완* · 임 일 형† · 최 면 송** · 이 승 재** · 권 성 철***

(Taw-Wan Kim · Ilhyung Lim · Myeon-Song Choi · Seung-Jae Lee · Sung-Chul Kwon)

Abstract - In this paper, problems and solutions are proposed for applying IEC 61850 to Distribution Automation System(DAS). Communication protocol integration in power automation system have issued by IEC standards, IEC 61850 of them has researched for applying IEC 61850 to many areas of power system in spite of that it was made for substation automation system. Especially, DAS is just about to apply IEC 61850 by communication network change from serial to ethernet although DNP 3.0 is used. But it's impossible to apply directly IEC 61850 to DAS by difference of environment which unfixed wide area and separated nodes in power distribution system unlike concept of IEC 61850 is made by Substation Automation System(SAS) environment of limited space. Thus, this paper proposed applications of three types which conceptual, practical, and future to consider problems and solutions when apply IEC 61850 to Ethernet based DAS.

Key Words : IEC 61850, Distribution automation system, Intelligent distribution management system, DAS, SAS, IDMS

1. 서 론

배전자동화 시스템은 90년대부터 연구가 시작되어 당시의 기술 수준으로 최대한 활용할 수 있는 기술들을 이용한 전력자동화 시스템 최초의 결과물이라고 할 수 있다. 자체적인 통신 네트워크를 갖추고 원격 감시 및 제어를 통해 배전계통을 효율적으로 운영해왔다[1].

급속도로 발전하고 있는 전력분야와 IT 분야의 기술 수준 관점에서 보면, 이미 안정화 되어있는 배전자동화 시스템은 높이 평가되고 있음에도 불구하고 계속해서 발전된 시스템으로 거듭나기 위하여 꾸준한 연구가 진행되어 왔다. 그 결과 배전자동화 시스템의 미래의 모습을 보여주는 배전지능화 시스템이 개발되고 있으며 상용화를 위한 막바지 연구가 진행되고 있다. 이 미래의 배전자동화 시스템은 Ethernet 기반 통신망을 이용하여 배전계통 운영에 지능형 시스템 구조를 가지는 새로운 시스템이다.[2].

지능형 시스템의 가장 큰 장점은 고속 통신과 효율적인 프로토콜을 이용한 빠르고 효율적인 데이터 처리 속도와 지능적인 판단을 통한 완전 자동화에 있다. 이러한 시스템을 갖추기 위해서는 무엇보다도 신속하고 신뢰성 있는 안정적

인 통신 네트워크와 이를 잘 활용할 수 있는 통신 프로토콜이 필요한데, 미래의 배전자동화 시스템에 Ethernet 기반의 통신 환경을 갖추는 것은 확정되었지만 통신 프로토콜은 여러 가능성만 검토되고 있을 뿐 아직 정해진 것이 없다.

지금의 배전자동화 시스템은 중앙과 단말간의 1:1 통신 구조를 가지고 DNP 3.0의 프로토콜을 사용하여 시스템을 운영하여 왔다. DNP 3.0은 Ethernet 환경에서도 사용이 가능한 프로토콜이기 때문에 배전지능화 시스템에서도 이를 임시적으로 기본 프로토콜로 채택하면서 IEC 60870 등 다양한 호환성을 고려하여 개발되고 있다. 하지만 주로 1:1 통신을 위해 만들어진 산업용 프로토콜들이기 때문에 Ethernet이 가지는 장점을 전부 활용하기에는 부족하다는 것을 인지하고 있으며 이에 따라 새로운 통신 표준화의 적용에 대한 검토가 진행 중에 있다.

이와 관련된 국제 동향은 IEC 표준화를 따르는 움직임을 보이고 있다. IEC 표준화 프로토콜은 여러 종류가 있는데, 그 중 배전에 적용하려는 표준화는 크게 IEC 61850, IEC 61968, IEC 61970이 있다. IEC 61968은 배전계통 운영을 대상으로 만들어졌지만 배전자동화 시스템을 완전히 고려하지는 못하고 있다[3]. IEC 61968의 방향이 앞으로 어떻게 더 개발될지는 아직 모르겠지만 지금 바로 IEC 61968을 미래의 배전자동화 시스템을 완전히 고려하지 못한 이유는 아마도 우리의 기술이 가장 앞서고 있기 때문에 고려가 덜 되었을 것이다. 따라서 우리가 각 통신 표준화에 대하여 상세한 검토를 통해 문제점과 해결방안을 도출하고 적용 방안을 만들어야 한다고 생각된다.

따라서 미래 배전자동화 시스템의 통신 표준화로 IEC 61850과 IEC 61970이 함께 거론되는 다른 표준화들에 대한

* 정 회 원 : 명지대 공대 전기공학과 연구교수
 ** 펠로우회원 : 명지대 공대 전기공학과 정교수
 *** 정 회 원 : 한전전력연구원 송배전연구소 선임연구원
 † 교신저자, 정회원 : The University of Western Ontario
 전기공학과 Postdoctoral Fellow

E-mail : sojoo2jan@gmail.com

접수일자 : 2010년 11월 19일

최종완료 : 2011년 3월 09일

검토가 필요하다. IEC 61970은 EMS와 같은 최상위 시스템의 관점에서 타 시스템들과의 interface에 대한 내용을 주로 다루고 있기 때문에[4] 미래의 배전자동화 시스템이 다른 배전자동화 시스템 또는 상위 시스템과의 interface를 위해서는 IEC 61970을 적용해야 하는 것이 적합할 것이다.

하지만 배전계통 운영에 있어서 가장 중요한 단말과의 통신을 고려하기에는 적합하지가 않다. 따라서 단말과의 통신에 대한 상세한 내용과 가이드를 제시하고 있는 IEC 61850에 대한 검토를 통해 적용방안과 시스템 구조를 제시해볼 필요가 있다. 특히 변전소 자동화 시스템 환경을 대상으로 개발된 IEC 61850이 통신 환경과 요구사항 및 구조가 완전히 다른 배전계통에 적용되었을 때의 예상되는 문제점 및 해결 방안에 대한 연구가 필요하다.

이와 관련하여 IEC 61850의 배전계통 운영 시스템 적용을 위한 여러 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 대부분의 연구들이 단순 데이터 모델링과 통신 방법의 활용에 그치고 있을 뿐 근본적으로 변전소 자동화 시스템 환경을 대상으로 개발된 IEC 61850을 배전계통 환경을 대상으로 적용했을 때 문제점과 해결방안에 대한 고려는 부족하다[5-8].

따라서 본 논문에서는 변전소 자동화 시스템 환경을 대상으로 개발된 IEC 61850을 환경이 다른 배전자동화 시스템의 환경을 대상으로 적용했을 때 적용 대상 및 예상되는 문제점과 해결방안을 통해서 IEC 61850 개념 관점, 배전자동화 시스템의 환경 관점, 그리고 미래 배전자동화 시스템의 관점에서 적용방안과 시스템 구조를 제안하고자 한다.

2장에서는 IEC 61850에 대한 간략한 개요와 기능들을 제시하고, 3장에서는 배전자동화 시스템의 환경과 IEC 61850을 적용하기 위한 요구사항을 살펴보고자 한다. 배전자동화와 변전소 자동화의 차이를 통하여 4장에서는 여러 관점에서 IEC 61850의 배전자동화 적용 방안을 제시하고자 한다.

2. IEC 61850의 개요와 기능들

2.1 IEC 61850의 개요

IEC 61850의 표준화 문서 제목은 Communication networks and systems in substations이다. 변전소에서 사용되는 통신 네트워크와 시스템에 대한 표준화를 제시하고 있다. IEC 61850의 standard는 10개의 part들로 구성되어 있으며 추가적으로 변전소 자동화 시스템과 관련된 다른 분야와의 인터페이스를 위한 표준화 문서를 발표하고 있다.

최근 위의 구조 외에 추가적으로 4개의 표준화문서를 발표하였고 계속해서 추가 standard를 발표할 예정이다. 새로 발표된 standard를 살펴보면 변전소를 중심으로 관련된 요소들과의 통신 방법과 데이터 모델링 등에 대한 내용을 표준화 하는 문서들을 발표하고 있다. 이는 IEC 61850은 변전소 환경에 따른 확장과 인터페이스의 개념에 따라 표준화를 하고 있는 것으로 보인다[9-12].

IEC 61850에서 기본이 되는 통신 환경은 그림 1과 같은 Ethernet 기반의 BUS 구조를 지향하고 있다. 이는 기존 전력자동화 분야의 serial 기반 1:1 통신 구조에서 BUS 구조를 통하여 단말간의 다대 다 통신이 가능하도록 하고 있으며, 빠른 속도와 함께 데이터의 안정성과 신뢰성을 높이는 구조이다.

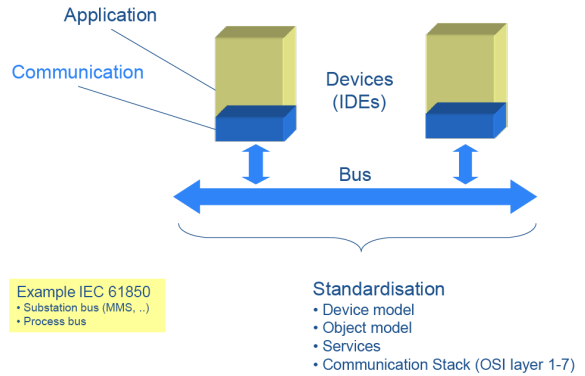


그림 1 Ethernet 기반 BUS 구조
Fig. 1 Ethernet based BUS structure communication structure

그림 2는 ABB에서 제시하는 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템의 통신 구조를 나타내고 있다. 이러한 통신 구조를 통해서 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템은 station level, bay level, process level의 3개 구조를 이루고 있다. Station level은 시스템의 중앙 서버 역할을 하는 부분이고, bay level은 변전소에 있는 보호기기들의 부분이고, process level은 계측 설비들의 부분이다. 이 구조는 변전소 내 설비들의 설치 구조가 아니라 통신만을 고려한 통신 계층 구조를 나타내고 있다.

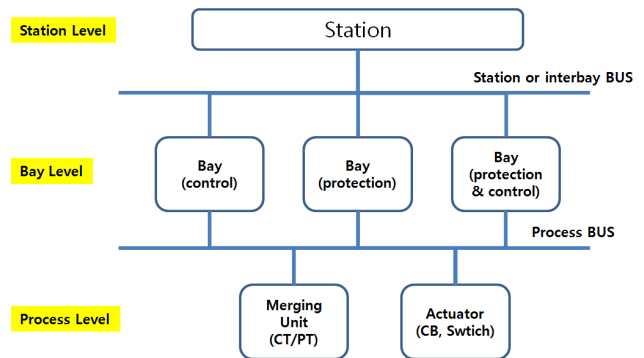


그림 2 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템의 구조
Fig. 2 IEC 61850 based substation automation system structure

2.2 IEC 61850의 기능들

IEC 61850에서 사용하는 통신 방식인 MMS, GOOSE, Sampled Value들은 변전소 환경에 적합한 통신방식 및 데이터 모델링 등을 통합하여 IEC 61850 이라는 표준안을 제시한 것이라고 할 수 있다.

IEC 61850은 변전소라는 근거리의 한정된 제약적인 구조를 대상으로 통신에 대한 신뢰성이 확보된 가정 하에 사용되는 통신 프로토콜과 데이터 모델을 표준화한 것이다. 따라서 배전계통은 변전소와는 달리 원거리에 있는 단말기와 통신을 해야 하고 단말간에도 통신이 되어야 하는 구조를 가지고 있기 때문에 IEC 61850을 배전에 적용하기 위해

서는 환경적 차이가 고려되어야 한다. 그러기 위해서는 우선 IEC 61850의 기능들에 대해서 알아볼 필요가 있다.

2.2.1 데이터 모델링

IEC 61850은 CDC(Common Data Class)라는 개념을 통해 모든 데이터를 객체지향 형태로 구성하고 해당 이름 짓는 방법(naming service)까지 제공하고 있다. IEC 61850에서는 데이터들의 추가에 있어서 user 정의를 가능하도록 방법을 제시하고 있어 배전에 필요한 요소들을 logical device/node 화 시켜야 하고, 이는 그리 어려운 일은 아닐 것이다.

2.2.2 IEC 61850에서의 통신 방식과 특징

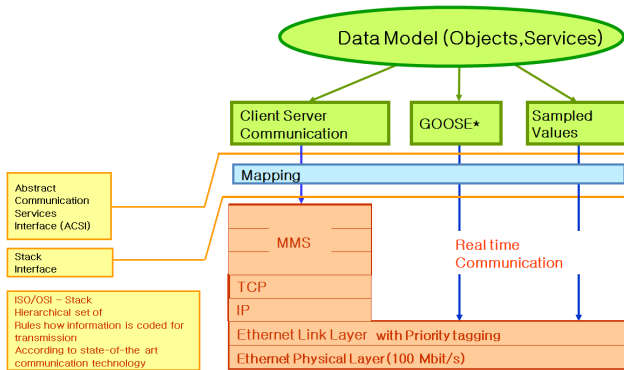


그림 3 IEC 61850의 통신 stack
Fig. 3 Communication stack in IEC 61850

그림 3은 IEC 61850에서 통신 stack을 보여주고 있다. IEC 61850에서 필요한 통신 방식은 크게 3 가지(MMS, GOOSE, Sampled Value)로 볼 수 있다. 통신별 특징들은 다음과 같다.

2.2.3 MMS

MMS는 IEC 61850에서 대부분의 service를 제공하는 통신방식이다. 이 방법은 IP 기반으로 TCP/IP stack을 따르고 있다. 데이터의 안정성과 신뢰성을 확보하는 방식으로 OSI 7 layer 중에 4개의 layer들(Transport, Network, Link, Physical)을 통한 일반적인 통신 방식이다. 데이터의 전송 후 확인 과정까지 거치기 때문에 2개의 layer만 거치는 GOOSE 보다는 속도가 느리다. 따라서 IEC 61850에서 MMS는 일반적인 정보 수집, 파일 전송 및 평상시 제어 명령에 주로 사용하고 있다.

2.2.4 GOOSE

GOOSE는 IEC 61850에서 event 처리나 trip 명령과 같은 빠른 데이터 전송이 필요할 때 사용하는 통신방식이다. MMS와는 달리 빠른 속도를 위해 TCP/IP의 OSI 7 layer에서 2계층(Link, Physical)만 이용하여 빠른 속도로 전달되지만 데이터의 유실 가능성도 존재하는 통신 방식이다. 하지만 데이터 유실에 대비하여 한번만 보내는 것이 아니라 여러 번 message를 보내고 있으며 상황에 따라 개발자가 acknowledgement를 구현하기도 한다.

IEC 61850 기반의 변전소 자동화 시스템에서는 공간 제약적인 통신 환경을 갖추고 있기 때문에 활용이 가능한 방식으로 볼 수 있으며, 각 IEC 61850 기반의 디지털 변전소 환경에 따라 요구 속도를 다양한 기준으로 정하고 있다.

2.2.5 Sampled Value

Sampled Value는 IEC 61850에서 CT나 PT가 설치되어 있는 계측 지점의 Merging Unit(M.U.)을 통하여 데이터를 IED로 전송할 때 사용하는 통신 방식이다. Process level에서 M.U.을 통해 계측한 값들을 Bay level의 IED에 전송되는데, 이 과정에서 real-time의 특징을 가지기 위해 60Hz 16 샘플링 기준 정확하게 960개/초의 데이터가 전달되어야 한다.

하지만 데이터를 수집하고 전송하는 M.U.의 micro processor가 내부적인 interrupt 때문에 정확하게 960개의 데이터 전송을 하도록 구현하는 것이 기술적으로 매우 어렵다. 따라서 IEC 61850의 구현 기술 중 M.U.에 대한 문제와 해결방안에 대해서는 아직도 많은 곳에서 연구와 구현에 대한 노력을 하고 있다.

3. IEC 61850의 적용을 위한 배전자동화 시스템 환경과 요구사항

3.1 배전자동화 시스템 환경에 따른 문제점 및 방안

그림 4는 배전자동화 통신망 구조를 나타내고 있다. 배전자동화는 배전계통에 널리 산재되어있는 자동화용 단말기들(FRTU와 Recloser)과 1:1 통신을 한다. 세부적인 통신 구조는 그림 4의 아래 부분에 나와 있는 것과 같은 구조를 가지고 있다.

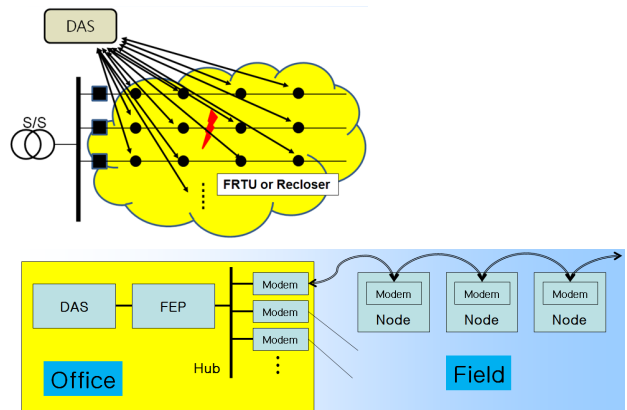


그림 4 배전자동화 시스템의 통신 구조
Fig. 4 Communication structure in Distribution Automation System

미래의 배전자동화 시스템 통신망은 Ethernet 기반으로 개발되고 있으며, 이미 광 network가 그림 4와 같은 형태로 설치되어 있기 때문에 Ethernet이 지원되는 기기들로 교체하여 Ethernet 기반 배전자동화 시스템 환경을 구성할 수 있다. DAS는 FEP라는 Middleware를 통해서 modem 간에 광 네트워크로 연결되어 하나의 ring 형태로 그룹을 형성하

며, 해당 그룹이 8-10개 정도의 node를 포함하고 있다.

이러한 구조에서는 IEC 61850의 BUS를 이용한 통신 구조를 사용할 수 없다. Ethernet 통신방식의 통신 cable이 거리의 한계를 가지고 있고 그룹이 나누어져 있는 ring 구조이기 때문이다. 따라서 그림 4의 아래와 같은 구조를 채택하여 통신을 하고 있게 되는데, 이 경우 계통 단선도에서는 바로 옆의 node인데 통신 네트워크에서는 서로 ring 그룹이 달라서 그림 5와 같이 그룹의 마지막에 위치한 node와 다른 그룹의 마지막에 위치한 node가 될 수도 있다.

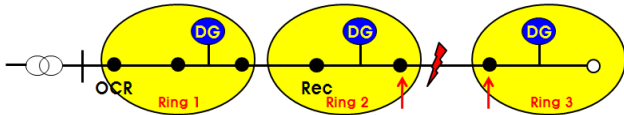


그림 5 인근 node들 간의 다른 통신 네트워크 구조

Fig. 5 Different communication network structure of closely nodes

이러한 경우 계통 단선도에서는 바로 옆의 IED인데 상호 간의 통신을 위해서는 가장 거리가 멀어 여러 단계를 거쳐서 정보가 전송되어야 할 수도 있다. 이렇게 되면 소요시간이 매우 많이 걸릴 수 있기 때문에 통신 네트워크 설계 시 고려되어 설계되어야 한다.

또한 하나의 배전선로에 계측 지점이 8-10개 정도이지만 DAS 전체적으로 보면 수백개가 된다. IEC 61850 기반의 변전소 자동화 시스템처럼 IED가 측정하는 값들을 중앙으로 직접 SV(Sampled Value)를 이용하여 전달한다면 배전자동화 시스템에서는 버퍼에 수많은 데이터 부하가 걸릴 수 있다. 따라서 IEC 61850의 데이터 전달방식을 그대로 활용할 수 없게 된다. 이는 배전자동화 시스템에 IEC 61850을 적용하고자 했을 때 환경적 문제로 나타날 수 있는 것이다.

하지만 현재의 기술적, 환경적인 여건을 살펴보면 배전자동화 시스템에 IEC 61850 적용을 위한 통신 구조는 현행 구조를 유지하면서 방법을 찾아야 한다. 완전히 새로운 구조를 제안하기에는 기술적 문제와 현실적 문제가 있으며, IEC 61850에는 이러한 고려사항이 포함되어있지 않기 때문이다.

3.2 IEC 61850 적용 시 기술적 문제점 및 방안

3.1절에서는 변전소 자동화 시스템의 환경과 배전자동화 시스템의 환경적 차이에서 오는 IEC 61850의 배전자동화 적용 시 문제점과 방안을 제시하였다. 따라서 본 절에서는 IEC 61850의 통신 기능에 따른 문제점과 해결을 통한 적용 방안을 제시하려고 한다.

IEC 61850의 통신방식은 크게 MMS, GOOSE, Sampled Value가 있는데, 이들을 배전자동화 시스템에 적용하는 방법 및 발생할 수 있는 문제점들과 해결방안을 제시하고자 한다.

3.2.1 MMS 통신

MMS 통신 방식은 안정적인 통신방식이라는 장점을 통하여 전력분야에 사용하기 적합한 방식으로 배전자동화 시스템에서는 대부분의 통신에 활용할 수 있는 방식이다. 빠른 시간을 요하지 않고 정확하고 안정된 정보 전달이 목적인 부분에서 활용하는 것이 좋다. 따라서 배전자동화 시스템에서는 FRTU 또는 Recloser가 계측한 데이터를 중앙으로 전송을 해주는 기능에 이 통신방식이 활용되어야 한다. 이 때 SNTP(Simple Network Time Protocol)를 이용해서 시간 동기화를 맞춰 주는 것도 중요하다.

또한 중앙에서 단말로 명령을 내릴 때 일부 명령의 순서가 바뀌거나 전송되지 않은 경우를 대비하기 위하여 명령 전송의 시간 보다 정확성이 더 요구된다고 할 수 있다. 따라서 이러한 부분도 마찬가지로 MMS를 사용해서 보다 안정적으로 데이터를 전송할 수 있다. MMS는 배전자동화 시스템에서 대부분의 통신에 활용될 것이며, 적용상 문제점은 나타나지 않는다.

3.2.2. GOOSE

GOOSE는 IEC 61850에서 event 처리와 같은 가장 빠른 속도를 요구할 때 사용하는 통신 방식이다. OSI 7 layer의 계층을 간략화 시켜 통신 전송 시간을 줄인 형태로 전송 속도가 빠르다는 장점은 있지만 데이터 전송여부를 판단하는 layer를 포함하지 않아 데이터가 유실될 가능성도 존재한다. 따라서 trip이나 이벤트와 같은 속도를 필요로 하는 곳에 적합한 방식이다.

이를 배전자동화 시스템에 적용하여 사용할 때의 문제점은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 통신네트워크의 안정성이다. 변전소 자동화 시스템의 환경 특성 상 안정된 통신환경을 가정하고 개발되었다. 하지만 배전계통은 node 간 거리가 길기 때문에 변전소와는 환경이 달라 통신의 안정성을 가정할 수가 없다. 따라서 GOOSE를 활용하기 위해서는 네트워크의 구조를 통해서 통신 안정성을 확보하거나 이에 대한 대안이 필요하다.

두 번째는 배전계통의 환경 특성상 통신하고자 하는 개체들인 node간 거리가 길기 때문에 hub나 gateway와 같은 중계기가 필요한데, GOOSE는 2계층 layer만을 활용하기 때문에 일반적인 gateway를 통과할 수 없어 gateway 외부로 데이터가 전송되지 못하는 문제점도 가지고 있다. 이는 장비의 기술적 해결이 가능하지만 가격이 일반적인 것보다 매우 비싸진다. 또한 GOOSE의 특성상 요구 시간을 만족하려면 gigabyte 레벨의 장비를 사용할 필요도 있을 수 있는데, 이 경우 가격은 훨씬 더 높아지게 된다.

따라서 지금의 환경에서 배전계통을 운영하는데 있어서의 GOOSE는 중앙과 단말간의 통신이 아닌 단말기기가 차단기 또는 switch를 동작시키는 부분에 적용되어야 한다. 향후에는 통신기술의 발달과 상용화에 따른 단가 절감이 이루어지면 그 때 중앙과 단말간의 GOOSE message에 대한 활용이 많은 연구와 테스트를 통해 검토되어 결정 되어야 할 것이다.

3.2.3. Sampled Value

SV는 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템에서 측정지점에 대한 통신방법이다. 보통 16샘플 60Hz 기준 초당 정확하게 960개의 데이터 전송이 요구된다. 배전에서도 마찬가지로 단말기기의 측정 장비로부터 정확하고 짧은 데이터가

전송된다 하더라도, 지금의 장비 특성에서는 그 데이터를 가지고 따로 가공하는 것이 없기 때문에 지금 당장에는 필요가 없어 보인다. 하지만 향후에는 FRTU와 Recloser가 직접 어떤 데이터를 가공하여 운영에 필요한 동작을 한다면 필요하게 될 것이다.

3.3 배전자동화 시스템에 IEC 61850 적용을 위한 요구사항

IEC 61850의 통신 방식은 크게 MMS, GOOSE, SV로 볼 수 있다. 이러한 통신방식을 배전자동화에 활용하기 위해서는 요구사항들이 필요하다. 앞서 살펴본 IEC 61850의 배전자동화 시스템 적용 시 문제점들을 종합하여 요구사항을 정리하였다.

- 모든 Device들은 Ethernet 기반이며, P2P 통신이 가능
- 모든 data들은 중앙으로 집중되어야 함
- 계통 구조 상으로 바로 인근에 있는 node와 통신하는 경우 요구되는 시간 내에 데이터가 전송되도록 통신 구조를 가져야 함
- IEC 61850에서 사용하는 MMS, GOOSE, SV 등의 통신 서비스들을 활용할 수 있어야 함
- 통신 네트워크 문제발생 시 백업 구조를 구비해야 함

모든 device들은 Ethernet 기반이며 P2P 통신이 가능해야 한다. 계통의 데이터들은 중앙으로 집중되어야 하며, 그 방법이 주기적인 데이터인지 아니면 real-time 데이터인지에 대한 분석은 활용도에 따라 고려되어야 한다. 계통구조 상으로 인근 node와 가능한 빠른 통신을 할 수 있는 구조를 가져야 하며, 기본적으로 IEC 61850에서 제공하는 service들을 활용할 수 있는 정도의 device 성능이나 통신 네트워크가 갖추어져야 한다. 또한 통신 네트워크에 문제가 발생할 경우 일어날 수 있는 문제점들도 검토되고 해결방안이 제시되어야 한다.

4. IEC 61850의 배전자동화 시스템 적용방안

IEC 61850을 배전자동화 시스템에 적용하기 위한 방안은 여러 가지가 될 수 있다. 우선은 IEC 61850 개념과 구성요소에 따른 적용 방안을 제안할 것이고, 다음은 필요성과 실효성을 고려하여 IEC 61850을 배전자동화 시스템에 적용하는 방안을 제시하고자 한다. 끝으로 이상적인 IEC 61850 적용 환경이 구성되었을 때 배전자동화 시스템의 배전계통 운영구조를 변경한 미래의 IEC 61850 기반 배전자동화 시스템 구조를 제안하고자 한다.

4.1 IEC 61850 개념에 입각한 적용방안

그림 6은 IEC 61850의 개념에 입각해서 배전자동화 시스템에 IEC 61850을 적용한 그림이다. IEC 61850은 단말간의 통신이 주를 이루는 형태이다. 기본적으로 데이터들은 CDC 기반으로 모델링 되어있고 통신 요구조건이 만족한다는 가정하에 IEC 61850을 배전자동화 시스템 적용 방안을 나타내고 있다.

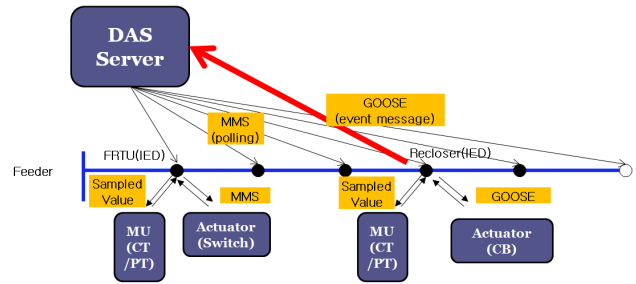


그림 6 IEC 61850 개념에 따른 배전자동화 적용방안
Fig. 6 Application to DAS by IEC 61850 concept

DAS와 배전계통의 단말기들 간에 기본적인 polling 이나 제어 명령은 MMS를 통해서 활용할 수 있다. 이벤트가 발생하면 지금의 배전자동화 시스템은 DNP 3.0의 unsolicited message를 활용하여 이벤트를 보고하도록 되어 있는데, 이 부분은 IEC 61850의 GOOSE를 통해서 대신할 수 있다.

단말기(FRTU 또는 Recloser)에도 IEC 61850의 개념에 입각해서 구성한다면 측정 지점에 M.U.(Merging Unit)과 Actuator를 설치하여 정보를 계속하고 이를 단말기에 전송한다. 명령을 받으면 MMS 통신을 통해서 제어를 시도하고, Recloser와 같은 보호기기는 계통사고발생 시 차단명령을 GOOSE를 통해 전송한다.

이 적용 방안은 IEC 61850의 기본 구성 요소와 개념에 따라 단말간의 통신은 MMS로, event와 같은 특수 상황에서는 GOOSE, 측정 장비는 SV를 이용하는 구조를 나타낸다. 하지만 단말 IED의 측정장비를 M.U.로 하여 960개/초의 데이터를 받는 것과 이를 활용하는 것은 현재의 기술과 기능들에는 활용되지 않으나 미래에는 꼭 필요하게 될 것이다. 따라서 현재 배전자동화 상황을 고려하여 IEC 61850의 적용방안을 다음에서 제안하고 있다.

4.2 배전자동화 환경을 고려한 IEC 61850 적용방안

4.1은 IEC 61850의 개념에 입각한 방법을 제시하는 것이며, 효율을 따지면서 배전자동화 시스템 환경을 고려하여 IEC 61850을 적용하는 방법을 제시한 것이 그림 7이다. 이 구조는 단말 IED가 계통 정보를 계속하는 것을 현행 방식으로 유지하는 방법이다. M.U.에 대한 기술적 문제와 배전계통의 모든 측정점에 설치했을 때의 투자비용에 대한 문제도 나타날 수 있기 때문에 계속 부분은 현행 방식대로 유지하도록 하였다..

따라서 그림 7의 FRTU나 Recloser가 사용하는 MU와 GOOSE 등은 현재 활용하고 있는 구조와 큰 차이가 없다. 따라서 그러한 부분을 생략하고 시스템의 관점에서만 보았을 때 DAS server는 MMS와 GOOSE를 통해서 단말기들과의 정보를 교환하고 명령을 전송하는 구조를 가지면 된다.

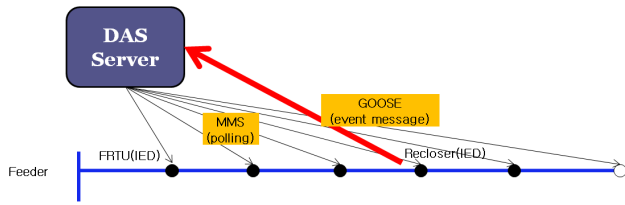


그림 7 배전자동화 상황을 고려한 IEC 61850 적용방안
Fig. 7 Application of IEC 61850 to consider DAS operation

이 때 주고받는 데이터들은 IEC 61850의 CDC 개념에 입각하여 logical device/node를 만들어서 활용하면 된다. 하지만 이것은 단지 시스템 입장에서의 적용 방법일 뿐 통신 방식에 대한 적용 방법은 구현 하면서 기술적 문제에 대한 검토를 하며 연구해야 할 것이다.

4.3 미래의 IEC 61850 기반 배전자동화 제안

미래의 IEC 61850 기반 배전자동화 시스템의 구조는 그림 8과 같이 제안할 수 있다. 중앙 집중형태의 운영 구조를 가지는 배전자동화 시스템은 최근 이슈가 되고 있는 분산 제어 시스템의 형태로 바뀌게 될 것이다.

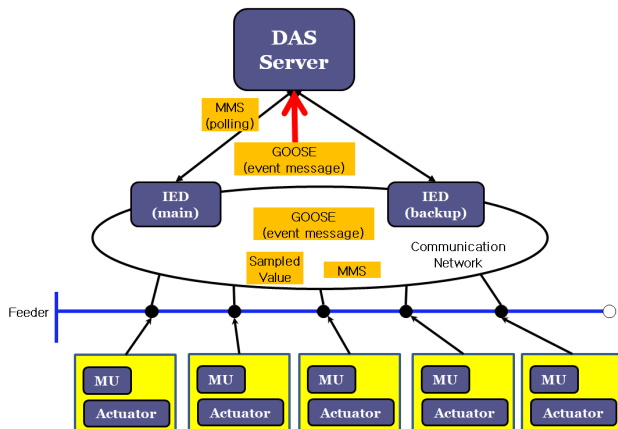


그림 8 미래 IEC 61850 기반 배전자동화 시스템 구조
Fig. 8 Further IEC 61850 based DAS structure

따라서 미래의 배전자동화 시스템은 중앙에서 모든 것을 해결하는 것이 아니라 단말에서 모든 것을 해결하는 구조로 바뀌게 될 것이고, 여러 가지 기능들의 개발로 인하여 샘플링 된 데이터를 활용할 수 있는 새로운 운영 알고리즘들이 개발된다는 가정에서 새로운 구조를 제안하고자 한다.

그림 8과 같이 IED는 하나의 선로당 2대 씩 존재하게 된다. 실질적인 운전은 1대가 하고 나머지 1대는 운영 중인 IED의 유지/보수 또는 고장으로 인한 운전정지 시 백업의 역할을 하는 형태이다. IED의 설치 위치에는 M.U. 과 Actuator만 설치되어 데이터를 계측하고 switch 또는 CB를 제어하여 계통을 운영할 수 있게 된다.

이러한 구조의 장점은 D/L당 1개의 IED만이 필요하게 되므로 중앙에서 관리해야 하는 node의 수가 과격적으로 줄어들게 된다. 또한 중앙에서 해결하던 간단한 운영 기능들을 IED가 포함하고 있기 때문에 계통 운영의 효율을 훨씬 더

높일 수 있다. 또한 백업 IED는 동일한 위치가 아니라 어느 정도 떨어진 다른 지역에 설치될 수도 있기에 지역적 고장에 의한 문제발생 시에도 계통을 운영할 수 있는 형태로 바뀌게 될 것이다.

지금의 기준으로 본다면 M.U.과 Actuator의 개체 수 증가로 인한 경제적 부담이 있을 수 있지만, 여기서 제안하는 것은 앞으로 미래에 안정적인 시스템 환경과 상용화 된 낮은 단가의 설비들을 이용하여 최대의 효율을 얻을 수 있는 시스템 구조라고 볼 수 있다.

특히 데이터 계측 부분에서 여러 계측 지점의 데이터들을 IED가 수집하여 관리하고, 이 정보를 중앙에서 필요한 정보들을 정리하여 전송할 수 있기 때문에 운영입장에서는 미래의 효율적인 시스템 구조가 될 것으로 기대한다.

5. 결 론

미래 배전계통 운영 시스템은 최종적으로 지능을 넘어선 스마트 형태의 agent 기반 분산 제어 시스템으로 바뀔 것으로 예상되고 있다. 통신 네트워크 환경이 잘 갖추어져도 이를 잘 활용할 수 있는 프로토콜이 없다면 고속도로를 자전거가 달리는 것과 같은 형태가 될 것이다. 이에 대하여 IEC에서는 여러 분야에 대한 통신 표준화를 발표하고 있고 국제 동향이 이를 따라가려는 움직임을 보이고 있다. 배전과 관련된 여러 통신 표준화들이 있지만 그 중 IEC 61850에 대하여 여러 가지를 검토하고 여러 상황과 관점을 고려하였다.

따라서 본 논문에서는 변전소 자동화 시스템 환경으로 개발된 IEC 61850을 배전자동화 시스템에 적용했을 때 환경적 차이로 발생할 수 있는 문제점들과 이에 따른 해결 방안 및 이들을 이용한 적용방안을 IEC 61850의 관점, 배전자동화 시스템 운영에서의 관점, 미래 배전계통 운영 시스템의 관점으로 나누어 제안하였다.

제안한 내용의 타당성을 뒷받침하기 위하여 IEC 61850의 개요와 기능들에 대하여 다루었고, 배전자동화 시스템 환경과 요구사항들을 분석하여 이들을 고려한 적용 방안을 제안하였다.

미래 배전자동화 시스템의 구조는 절대적인 결과를 통해 이미 완성된 것은 아니다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법을 참고하여 앞으로의 추가적인 많은 연구를 통해 보다 좋은 결과를 낼 수 있는 역할이 되었으면 한다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 “스마트 배전 운영시스템 개발” 연구 과제입니다.(No. 2009T100200067)

참 고 문 헌

[1] 하복남, 이성우, 신창훈, 박소영, “배전자동화 기술개발 현황과 전망”, 대한전기학회 하계학술대회, 2008

[2] 하복남, 박신열, 신창훈, 박소영, “배전지능화 시스템 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2006

[3] IEC 61968 International Standard Part 1 - 14-X

[4] IEC 61970 International Standard Part 1 - 5XX

[5] 관창, 최면송, 한승수, “IEC 61850 기반 FRTU 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, 2007

[6] 양하, 최면송, 이승재, “비접지 배전계통에서 영상전류 위상 비교에 의한 고장구간 검출 방법”, 대한전기학회 하계학술대회, 2007

[7] Mohagheghi S., Mousavi M., Stoupis J., Wang Z., “Modeling distribution automation system components using IEC 61850”, Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE

[8] Kanabar P.M., Kanabar M.G., El-Khattam W., Sidhu, T.S.; Shami, A., “Evaluation of communication technologies for IEC 61850 based distribution automation system with distributed energy resources”, Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE

[9] IEC TC/SC 57, “IEC/TS 61850-80-1: Guideline to exchanging”, 2008

[10] IEC TC/SC 57, “IEC/TR 61850-90-1: Use of IEC 61850 for the communication between substations”, 2010

[11] IEC TC/SC 57, “IEC 61850-7-410 Part 7-410: Hydroelectric power plants - Communication for monitoring and control”, 2007

[12] IEC TC/SC 57, “IEC 61850-7-420: Basic communication structure - Distributed energy resources logical nodes”, 2009

저 자 소 개



김 태 완 (金 泰 完)

1994년 건국대 공대 컴퓨터공학과 졸업. 1996년 동 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2002년 현대중공업(주) 기계전기연구소 연구원, 2006년 동 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 2007년 건국대 컴퓨터공학과 강의 교수, 현재 명지대학교 전기공학과 연구 교수.

Tel : 031-330-6819
 Fax : 031-330-6816
 E-mail : twkim@mju.ac.kr



임 일 형 (林 一 亨)

2005년 명지대학교 전기공학과 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2010년 4월-8월 차세대전력기술 연구센터 전임연구원. 2010년 9월-현재 The University of Western Ontario, 전기공학과 Postdoctoral Fellow.

E-mail : sojoo2jan@gmail.com



최 면 송 (崔 勉 松)

1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공학박사). 1995년 Pennsylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대학교 공대 전기공학과 교수.

Tel : 031-330-6367
 E-mail : mschoi@mju.ac.kr



이 승 재 (李 承 宰)

1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공학박사). 1994년 Univ. of Washington 교환 교수. 현재 명지대학교 공대 전기공학과 교수.

Tel : 031-336-6362
 E-mail : sjlee@mju.ac.kr



권 성 철 (權 成 鐵)

1995년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1997년 포항공대 전기전자공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원.

Tel : 042-865-5985
 E-mail : mindall@kepcoco.kr