

변전소 자동화 시스템의 발전 추이와 미래

최대희·양항준·최영준·홍정기
(주)효성 중공업연구소

Future Trends of Substation Automation System

Dae-Hee Choi, Hang-Jun Yang, Young-Jun Choi, Jung-gi Hong
Hyosung Corporation, Power & Industrial R&D Center

Abstract - 변전소는 에너지 측면에서 볼 때 에너지를 연계하거나 분리 또는 변환하는 지점에 설치되어지며 변전소 자동화 시스템은 이러한 변전소의 주요 기기들이나 각 피더를 감시하고 보호하는 역할을 수행하게 된다. Microprocessor 기술의 발전과 통신기술 및 프로그래밍 기술의 발전을 통하여 변전소의 시스템 또한 90년경부터 디지털화가 가속되어 그 시스템 또한 구조적으로 변화하게 된다. 기존 아날로그 시스템의 경직된 구성에서 탈피하여 변화의 속도 또한 점차 증가하고 있으며 이러한 흐름을 파악하기 위해 변전소 자동화 시스템의 현재 발전 상황과 앞으로의 변화 방향에 대하여 서술한다.

1. 서 론

변전소 자동화 시스템은 논리적으로 세 개의 Level로 구성되어 있으며 이를 Station, Bay, Process Level로 구분하고 그 기능은 다음과 같다.

- Station Level : 전체 변전소를 보호하거나 제어하기 위한 부분이며 일반적으로 HMI와 상위시스템과의 인터페이스 부분을 지칭.
- Bay Level : 모니터링과 제어를 위한 시스템적인 조합 부분.
- Process Level : 주 전력기기를 나타내며 데이터를 얻거나 입출력을 수행하고 전력기기를 보호하는 부분.

그림으로 표현하게 되면 기존의 변전소의 형태는 다음과 같다.

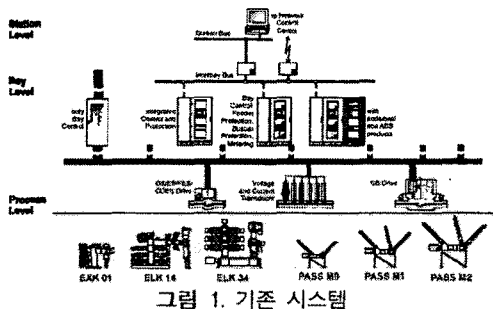


그림 1. 기존 시스템

Process Level과 Bay Level간은 모두 Hardwiring에 의한 입출력으로 연결되며 Process Level에는 전력기기 및 그 조작을 위한 기구부, 측정을 위한 전압, 전류용 Transducer 군이 포함된다. Bay Level에는 각 Bay를 제어, 보호하고 Process Level로부터 취득된 데이터를 관리할 수 있는 장치 및 이를 Station Level로 전송할 수 있는 장치로 구성된다. Microprocessor 기술과 통신 기술의 발전에 의하여 기존의 아날로그 계측기 및 기기들이 점차 디지털화되고 통신에 의하여 1차 가공된 데이터가 전송되게 된다. 따라서, 기존의 Process Level과 Bay Level간의 Hardwiring I/O

연결이 통신케이블로 변화되고 이에 따라 Process Level과 Bay Level 사이에 Process Bus라는 인터페이스가 발생하게 된다. 이를 통하여 엔지니어링 및 작업비용과 유지보수를 위한 비용이 크게 축소되게 된다. 아래의 그림은 Process Bus가 존재하는 지능형 변전소 자동화 시스템의 구성을 보여주며 이를 위해서는 Process Bus에 연결되어 있는 기기들이 통신이 가능한 지능형 디바이스로 개발되어야 하고 전압, 전류 Transducer군은 디지털 계전기 및 미터로 대체된다.

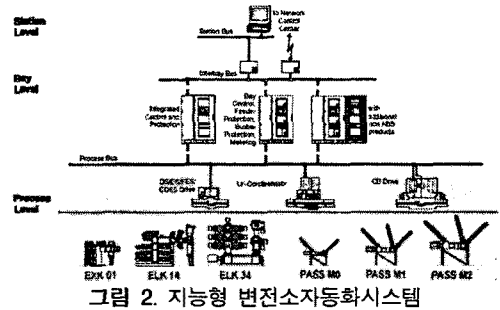


그림 2. 지능형 변전소자동화시스템

2. 본 론

2.1 변전소 자동화 시스템의 발전 형태

변전소 자동화 시스템의 발전 형태를 보다 직관적으로 표현하기 위하여 일반적으로 사용되는 용어 즉 RTU (Remote Terminal Unit), FEP (Front-End Processor), IED (Intelligent Electronic Device) 등을 이용하여 그 형태를 재구성해보면 다음과 같다. 전력기기의 기계적인 드라이브들은 기기 내에 포함되어 있는 것으로 간주하며 현재와 같은 시리얼 통신 기반의 구성도 확인해 본다.

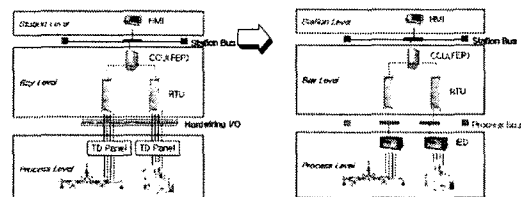


그림 3. Process Bus의 출현

좌측에 있는 형태는 기존의 변전소 감시제어 시스템을 보여주고 있다. 기기로부터 필요로 하는 데이터들(점접, 계측)을 위하여 Hardwiring I/O를 사용하였으며 이를 위하여 다수의 Copper Cable을 설치하여야 했다. 각 기기들 간의 협조를 위하여 일부 케이블은 기기들 간에 연결되며 규모가 커질수록 케이블 공사 및 유지보수 비용이 커다란 부담이 된다. 90년대 이후의 급격한 기술

의 발전과 디지털에 대한 욕구가 증가함에 따라 기기를 보호하고 제어할 수 있는 기기들이 통신이라는 커다란 진보를 더하여 IED로 거듭나게 된다. 이에 따라 Serial 통신을 기반으로 하는 Process Bus를 탄생시키며 변전소 시스템의 구성도 변전소 자동화 시스템이라는 이름으로 변화되게 된다. 이는 변전소 설치를 위한 비용을 감소시킬 뿐 아니라 그 유지 보수 비용 또한 대폭 감소시켜주게 되는 장점을 가지며 기존 아날로그에 익숙한 사용자들을 디지털에 익숙하게 만드는 기반을 만들게 된다.

90년대 중반 이후로 통신 기술에 있어서 Ethernet이라는 강력한 Middleware가 각광을 받으면서 사용자들에게 Ethernet은 매우 친근한 인터페이스로서 자리를 잡게 된다. 10MBps의 속도로 운영될 때까지는 Token Ring 방식이나 그 외의 다른 Middleware들과 성능에 있어서 동등한 위치를 가지고 있었으나 100MBps가 상용화 되면서 이제는 다른 Middleware에 비하여 월등한 성능 및 저렴한 비용을 가지게 되었다. 이에 따라 변전소 자동화 시스템도 그 형태가 변화하게 된다.

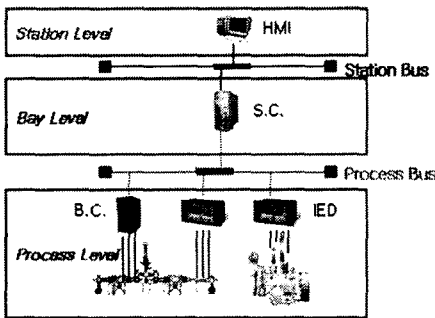


그림 4. 지능형 변전소 자동화 시스템

Process Bus는 Ethernet을 사용하게 되며 필요로 하는 I/O들은 모두 Process Level에 있는 디바이스들(IED, Bay Controller)에 의하여 처리되고 통신을 통하여 Process Bus에 실리게 된다. 시스템내의 데이터를 DB화하고 관리하기 위하여 SC(Station Controller)를 Bay Level에서 운영하게 되며 RTU가 사라지게 되면서 시스템의 안정성 및 신뢰성이 증가하게 된다. 이는 통신을 사용하는 시스템의 Tier구조에서 보면 하나의 Tier를 감소시킴에 따라 System Fail이 감소하기 때문이다. 또한 변전기기 드라이브도 지능화되어 차단기, 변압기 등이 기기내의 데이터를 모니터링하고 유지보수를 위한 진단 기능을 보유하여 Process Bus를 통하여 상위로 데이터를 전송하게 된다. 위와 같은 배경에 의하여 변전소 자동화 시스템은 다음의 특징을 가지게 된다.

- 변전소 내의 데이터를 수집하고 제어능력을 가진으로써 통신을 이용하여 원격에서 변전소의 데이터를 모니터링하고 제어할 수 있다.
- Microprocessor에 기반한 디지털 릴레이를 사용하여 중복되는 센서들과 케이블, TD를 제거하고 온라인으로 모니터링 및 제어를 수행한다.
- 기존의 스위치보드를 PC 기반의 GUI(Graphic User Interface)로 대체한다.
- 다양한 센서를 사용하여 변압기나 차단기 등의 전력기기 상태정보를 수집하여 감시한다.

변전소 자동화 시스템은 IT, 통신기술, Hardware, Software, Firmware등의 빠른 진보와 그 속도를 같이 하며 계속적으로 진화를 이룬다. 따라서 현재의 관점에서 보는 위의 변전소 자동화 시스템은 아래와 같은 형태로 진화 될 것으로 예측된다. 기술의 발전에 따라서 더 이상 변전소 자동화 시스템은 그 독자적인 영역으로 자

리 매김을 하기 보다는 무인화의 가치를 절고 WAN(Wide Area Network)을 통한 유기적인 하나의 부분으로써 자리를 차지하게 된다. 이를 위하여는 WAN 기술의 향상, 진보된 표준 프로토콜, 효율적인 데이터베이스의 관리가 필수가 된다. 더 이상 데이터는 하나의 값의 의미가 아니고 정보로서의 가치를 지니게 된다. 시스템의 구성은 다음과 같다.

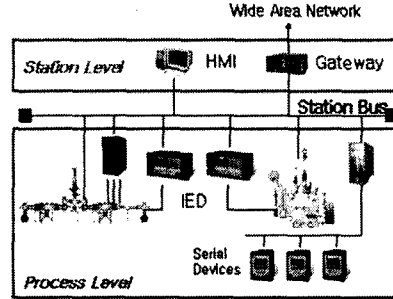


그림 5. 향후 변전소 자동화 시스템

기기들은 더 이상 중속관계가 없이 운전되며 네트워크는 기본적으로 이중화로 구성된다. 시리얼 기반의 디바이스를 위해서 Serial Gateway를 사용하며 전력기기들은 지능형으로 진화되어 자체 진단 데이터를 통신을 통하여 상위로 전송하며 각각의 IED들은 보호 협조를 위하여 Peer-to-Peer 네트워크를 구성한다. 변전소의 구성은 더 이상 3개의 레벨로 구분되지 않으며 모두 동등한 레벨로 구성된다(그림 상에서는 임의로 두 개의 레벨로 구분하였음). WAN을 통하여 타 시스템에서 직접 각 기기에 접근이 가능하며 이를 위하여 구조적으로 적합한 프로토콜을 사용하여야 한다. 전체 시스템은 다음과 같다.

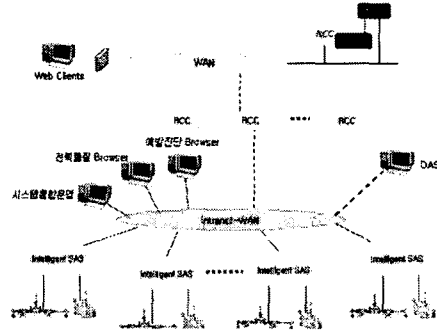


그림 6. 중앙 집중화된 변전소 자동화 시스템

위에서 본 것과 같이 변전소 자동화 시스템은 크게 3세대로 구분할 수 있으며 이를 정리해 보면 다음과 같다.

Items	1 세대	2 세대	3 세대
Features	Monolithic	Distributed	Networked
Devices	Analog	Analog/Digital	Digital
Communication	Manual	Specific	Internet/Intranet
System	Analog	Stand-alone	Centralized
Functions	Mechanical Protection	Digital Protection Monitoring	Protection & Control Diagnosis Asset Management Power Quality

2.2 변전소 자동화 시스템 제품

변전소 자동화 시스템은 여러 회사에서 그 솔루션을 보유하고 있으며 대부분의 제품은 현재 2세대로 볼 수

있으며 3세대로의 발전을 위하여 많은 연구 및 개발이 이루어지고 있다. 각 사의 시스템의 구조를 간단히 소개하면 다음과 같다.

2.2.1 ABB

ABB의 시스템은 Station Computer, Star Coupler, Bay Controller로 크게 구분할 수 있으며 모듈화된 HMI와 다양한 Bay Controller 제품군이 그 특징이다.

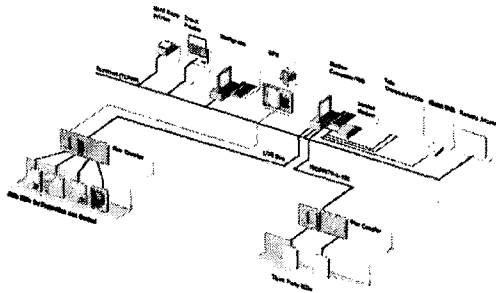


그림 7. ABB 변전소 자동화 시스템

2.2.2 Alstom

Alstom의 시스템은 다양한 IED를 보유하고 있음이 특징이며 모듈화된 HMI보다는 다양한 시스템 제품을 가지고 있다.

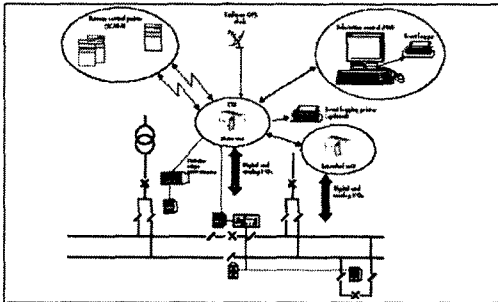


그림 8. Alstom 변전소 자동화 시스템

2.2.3 Siemens

Siemens시스템은 EWT(Engineering Work Terminal)의 구성이 잘 되어 있는 것이 특징이며 구성은 다음과 같다.

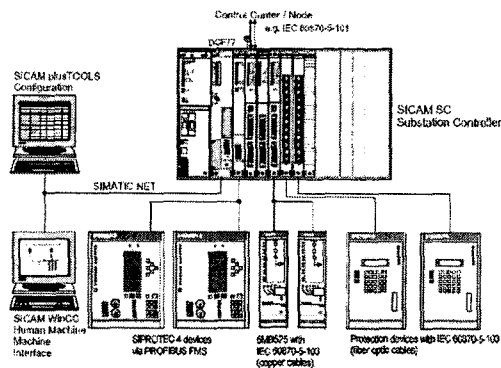


그림 9. Siemens 변전소 자동화 시스템

2.2.4 GE

GE의 시스템은 고기능의 IED(Universal Relay)를

보유하고 있는 것이 특징이며 타사와 다르게 Station Controller에 해당하는 제품을 사용하지 않는다.

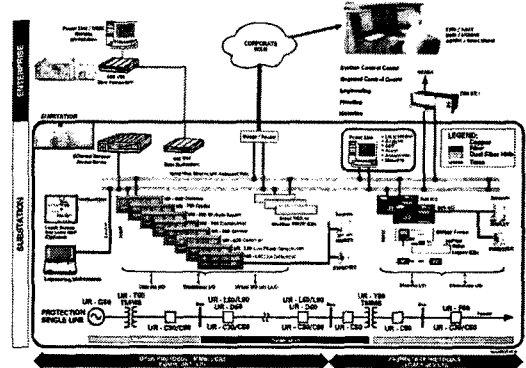


그림 10. GE 변전소 자동화 시스템

2.2.5 효성 - HISAS

효성의 HISAS의 특징은 시스템의 모듈화를 통하여 전력감시, 예방진단, 보안방재의 세가지 시스템 사이드에 맞추어 유연하게 조합할 수 있는 것이 특징이며 구성은 다음과 같다.

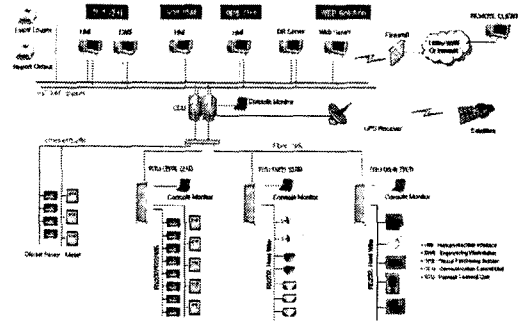


그림 11. 효성 변전소 자동화 시스템 HISAS

3. 결 론

변전소 자동화 시스템은 전기적인 기술만이 아닌 최신의 다양한 기술의 집합체로 볼 수 있으며 각 기술이 발전과 함께 빠르게 변화하고 있는 시스템이다. 변전소라는 그 중요성에 의해 시스템의 신뢰성과 안정성이 가장 중요한 요소이며 WAN과 Internet을 이용한 접근이 현실화 되어 있으므로 네트워크를 통한 최신의 보안 기술을 요구한다. 또한 Interoperability를 위한 표준화된 프로토콜을 적용하는 방향으로 계속 발전하고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Robert H. McClanahan, "SCADA and IP is Network Convergence really here?", IEEE Industry Applications Magazine, 2003
- [2] Scott Bricker, P.E., Turan Gonen, Lew Rubin, "The Future in substation technology"
- [3] Tor Skeie, Svein Johannessen, Christoph Brunner, "Ethernet in substation automation"
- [4] 유정석, 이권한, 최대회, 최용범, 이학성, "변전소자동화시스템의 구성 및 개발사례", 전기학회학술대회, 2001
- [5] 유정석, 최대회, 김경근, 김홍석, 이학성, "변전소자동화시스템에 적용되는 새로운 통신 아키텍처의 고찰", 전기학회학술대회, 2002