

IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 HMI Platform 개발에 관한 연구

한진희*, 최철환, 남영우, 신용학

The Development of IEC 61850 based Digital Substation Automation HMI Platform

JIn-Hee Han*, Chul-Hwan Choi, Young-Woo Nam, Yong-Hark Shin

Abstract - 기존의 변전소 자동화 시스템은 아날로그/디지털 기술이 혼재되어 있고, 고장개소 계통 분리 위주의 보호 제어를 수행하고 있으며, RTU 통신 방식의 복잡한 Hard Wiring되어 있다. 그리고, 현장 다바이스의 비표준, 비규격으로 시스템 호환성이 떨어진다. 하지만, 현재 변전설비의 신뢰성 향상으로 전력계통의 안정화 및 변전설비의 고기능화, 간소화가 요구되어지고 있다. 이에 본 연구는 현재 변전소 자동화의 국제 표준 통신 규격인 IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 HMI Platform 개발에 관하여 설명하고자 한다.

1. 서 론

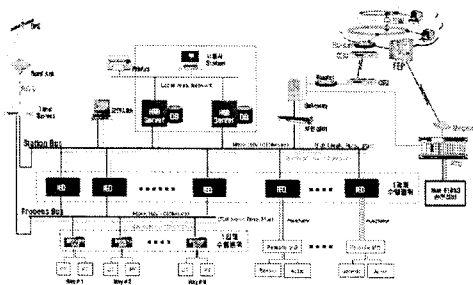
IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 HMI Platform을 구축하기 위해서는 현재 해외 선진사 제품의 기술 및 기능에 대한 분석이 필요하고, 현재 국내 변전소 자동화 시스템의 특징 및 문제점 파악이 필요하다. 이러한 요구사항을 분석하여 IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 시스템의 개발 사양(System Requirements Specification)을 정의하였다. 이러한 개발 사양을 근거로 IEC 61850 기반의 정보 모델(Information Modeling)과 통신 모델(Communication Modeling)을 수행하여 시스템 분석 및 설계를 수행하였다. 그리고, 소프트웨어의 통일된 개발 체계 구축 및 품질 향상을 위하여 RUP 기반의 소프트웨어 개발방법론을 적용하였다.

2. 본 론

2.1 개요

본 연구는 디지털 기술 기반의 차세대 변전 시스템용 Station Level 종합운영 시스템 개발을 목표로 하고, 디지털변전소 종합운영(HMI Platform) 기반 구축, IEC 61850 기반의 통신 기능 설계 및 구현, 변전소 내 변전설비의 유지보수를 위한 유지보수 엔지니어링 HMI 및 변전소 신뢰성 기반 평가 시스템을 개발하고자 한다.

2.1.1 시스템 구성



[그림] 디지털변전소 종합운영 시스템 구성도

디지털변전소 종합운영 시스템의 개발환경은 사용자 인터페이스가 편리한 Windows 기반의 Application으로 구현하고자 하며, 시스템 신뢰성 확보를 위하여 서버가 이중화로 구성되어

있다.

2.1.2 연구 내용

본 연구 내용으로는 변전설비별 IEC 61850 기반 개체속성 모델링, 개체 속성 모델링 기반의 Database Schema 및 Database Interface 정의, 디지털변전소 종합운영 HMI Platform 및 구성 Components 설계와 구조(Architecture) 설계를 수행하고, 전력계통 응용 프로그램을 통합하는 디지털변전소 종합운영(HMI Platform) 기반 구축과 유지보수 이력 데이터베이스 설계 및 구축, 유지보수 서버 및 클라이언트를 개발하는 유지보수 엔지니어링 HMI 구축, 그리고, 신뢰성 평가 모델을 분석하고 평가 기준을 개발하는 신뢰성 기반 평가 시스템 개발로 구성되어 있다.

2.2 요구사항 분석(Requirements Analysis)

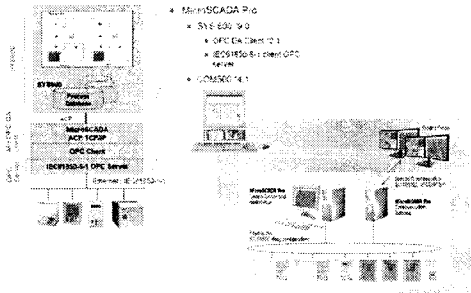
IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 시스템 개발 사양서(System Requirements Specification)를 확정하기 위하여 요구분석의 일환으로 해외 선진사 제품(ABB사 MicroSCADA Pro, Siemens사 SICAM PAS CC 등) 분석, 기존 변전소 종합 자동화용 HMI 분석 및 Substation Handbook의 System Specification을 분석한 사례를 설명한다.

2.2.1 해외 선진사 제품 분석

변전소 자동화 분야에서 해외 Major업체(ABB, Siemens, AREVA, GE 등)는 IEC 61850 기반의 솔루션을 출시하고 있으며, 세계 여러 많은 사이트에 적용하고 있다. 본 연구에서는 ABB사의 MicroSCADA Pro 제품과 Siemens사의 SICAM PAS CC 제품에 대해 분석할 결과를 설명하고자 한다.

가. ABB Solution

ABB사의 MicroSCADA Pro는 SYS600, LIB500, COM500 등의 Components로 구성되어 있으며, 계통요소별(변압기, Busbar, 선로보호용, Bay Control IED) 670 Series를 보유하고 있다. 그리고, 스위스 380kV Laufenburg 변전소에 적용한 사례도 가지고 있다.



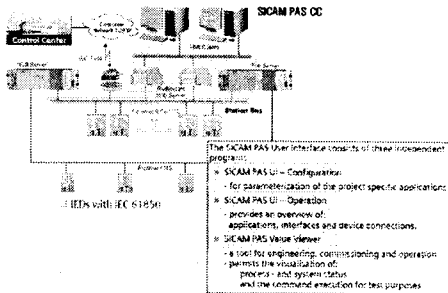
[그림] ABB사 MicroSCADA Pro

나. Siemens Solution

Siemens는 Power T&D 그룹내의 Power Automation 이라는 이름으로 전력 IT 분야를 총괄하고 있으며, 변전소 자동화

시스템은 Power Automation의 14개의 세분화된 그룹으로 구분되며, 크게, Protection, Substation Automation, Power Quality를 구분되고, 다음과 같은 세가지의 제품으로 분류할 수 있다.

- SICAM PAS CC : SICAM PAS CC, Station Unit
- SIPROTEC 4 : IEC 61850 프로토콜 지원 IED
- DIGSI 4 : Bay Level HMI



[그림] Siemens사 SICAM PAS CC

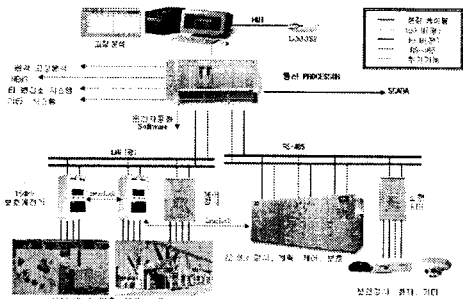
다. HMI Package (Wonderware InTouch)

Global한 HMI Package중에 하나인 Wonderware InTouch는 융통성 있고, 확장적인 GUI 기능을 가지고 있으며, 변경 사항을 신속하게 배포할 수 있는 SmartSymbol 기술을 가지고 있다. 특정 시스템의 요구사항에 맞게 응용 프로그램을 확장하고 Customize할 수 있는 강력한 QuickScript Editor 기능이 있으며, OPC, Microsoft DDE 통신 기능과 Wonderware의 SuiteLink 프로토콜이 있어 강력한 연결성 (Connectivity)를 지니고 있다. 통합된 보안성으로 시스템을 보호하고 있으며, 향상된 알람 기능을 통한 효율적인 문제 해결과 강력한 알람 분석 기능을 가지고 있다. 그리고, 직/간접적으로 알람의 작동을 가능 또한 억제할 수 있는 알람 Inhibitor 기능과 특정 뷰노드에서 알람 정보 표시를 방지하고, 단일 알람 등급, 태그 또는 그룹에 적용할 수 있는 알람 Suppression과 소스 레벨에서 알람 실행을 차단할 수 있는 System-wide Disablement 기능을 지니고 있다.

그리고, 각 클라이언트는 마스터 응용 프로그램의 로컬 어플리케이션을 관리할 수 있다. 네트워크상의 어떠한 노드에서도 이력 데이터의 로깅 및 Display가 가능하다. 다중의 알람 서버 또는 제공자 역할을 동시에 지원하며, 원격지의 여러 시스템에서 발생한 알람 정보를 동시에 감시 및 인지가 가능하다.

2.2.2 변전소 종합자동화용 HMI 분석

HMI 장치는 해당 변전소 전력계통의 정상, 비정상 및 회복 등 모든 상황에서 운용자가 필요로 하는 정보를 제공하고, 운용자가 지령하는 정보를 IEDs에 전송한다.



[그림] 변전소 종합 자동화 시스템 구성도

HMI 장치는 Data의 안전한 보호를 위하여 Mirroring이 제공되는 RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)를 구성하여야 하며, RAID Level은 시스템의 연속적인 운영에 문제가 없어야 한다.

HMI 장치는 현장의 데이터 취득 및 처리 작업은 실시간 (Real-Time)으로 처리하며, 그 외의 작업들은 동시에 처리하지

나 우선 순위를 통해 순서적으로 처리되도록 관리한다. HMI 장치는 IEDs를 포함한 시스템 전체의 상태변화를 기록하는 시스템 Event 처리기능과 현장 설비의 설정값 초과상태나 On/Off 상태변화 등을 기록하는 설비 Event 처리기능을 가지고 있다. IEDs로부터 자료를 취득, 처리시 중요정보를 최단시간에 운용자에게 제공할 수 있는 최적의 방안(Scan 주기 또는 Unsolicited Response등)을 사용한다. 각종 DB 편집기는 편집의 용이성을 위해 특정 Sequential Index ID를 사용하여 편집할 수 있도록 설계되어야 한다. 데이터의 전송 Format은 충분한 Error 검출기능을 갖추고, 원방제어는 전송 Error가 제어에 영향을 주지 않도록 고려(Check-before-Operate 등) 되어야 한다.

2.2.3 System Specification of Substation Automation Handbook 분석

변전소 자동화 시스템은 Full Station, Bay Protection, 감시, 제어, 통신 기능을 가지고 있으며, Communication Gateway, Inter-bay-bus, IEDs로 구성되어 있다. 특정으로는 HMI를 통한 Local Station 제어 가능하고, SCADA 기능을 포함한다.

Station Level은 하나 이상의 Bay 관련 정보를 관리하고, Bay Level은 Bay 관련 기능 및 처리를 수행한다. Bay Protection & Control IEDs는 설비의 상태 정보를 입력하고, Switchgear의 제어 명령을 출력할 수 있으며, 다른 IEDs와 Station과의 데이터 교환 및 통신이 가능하다. 그리고, 각 IED 간 기능적인 요구사항에 따라 상호간 데이터 교환이 가능하며, Inter-bay-bus 통신 프로토콜을 사용한다. Communication Gateway는 Remote RCC/SCC와의 정보를 교환할 수 있으며, 정보의 사전 처리 및 프로토콜 변환 업무도 수행한다.

2.3 디지털변전소 종합운영 HMI 개발기준서 (System Requirements Specification)

디지털변전소 종합운영 시스템 개발 환경 및 운영체제는 Windows 기반이며, 서버는 이중화로 구성되어 디지털변전소 종합운영 시스템의 연속적인 운영에 문제가 없어야 한다.

시스템은 변전소 환경에 따라 Standalone 구조와 Client/Server 구조가 가능하여야 한다. 상위 시스템에서는 설비 및 모선의 상태를 실시간으로 표시하여야 한다. 해당 정보에 대한 상태 정보 및 Tag, Limit, Quality에 대한 정보를 표시하여야 한다.

디지털변전소 종합운영 시스템은 사용자에게 보다 더 편리한 서비스를 제공하기 위하여 Friendly한 GUI (Drag & Drop)를 제공하여야 한다. 그리고, 전체 계통을 한눈에 볼 수 있는 Navigation 기능을 제공하여야 하며, 변전소 계통을 Layer별로 관리하여 화면이 확대/축소시 및 사용자가 원할 때 Layer별로 표시 (De-Cluttering)하여야 한다. 그래픽 Builder에서 그래픽 객체에 대해 Dynamic Behavior를 제공하여야 한다. 특정 시스템 요구사항에 맞게 응용 프로그램을 확장, Customize할 수 있는 Script Editor를 제공하여야 한다.

XML 기반의 변전소 및 IEDs를 구성할 수 있는 Tool을 제공하여야 한다.

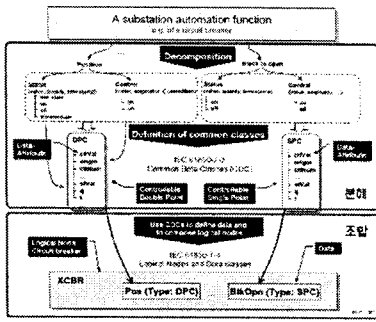
시스템의 Restarting 없이 시스템을 재구성하고, 데이터베이스 편집이 가능하여야 한다. 통합된 보안성으로 시스템을 보호할 수 있어야 한다. (액세스-레벨 패스워드, Windows NT 인증, 사용자 레벨 등)

고장 파형으로 고장을 분석할 수 있는 Tool을 제공하여야 한다. GPS를 이용한 시각 동기 기능이 있어야 한다. 변전소 유지보수 엔지니어링을 위한 HMI를 제공하여야 한다.

2.4 정보 모델 (Information Modeling)

IEC 61850 국제 규약은 실제 변전설비들에서 나타나는 공통 정보를 모델링하는 접근법을 사용하고 있다. 여기서 공통정보란 변전소 자동화 시스템의 사용자 또는 판매자들이 변전소 IED간의 정보 교환을 위해 일반적으로 요구된다고 동의하는 정보들을 말한다. IEC 61850은 IED간에 교환되는 모든 정보들에 대한 모델링을 제공하고 있다. 이러한 모델을 통해서 변전소 자동화 시스템은 실제 변전설비를 구현 및 운영할 수 있다.

IEC 61850의 데이터 모델링의 일반적인 접근법은 응용 기능을 논리노드라고 하는 최소 단위의 요소로 분해 (decomposition)하는 것이다. 이렇게 분해한 최소단위의 요소들을 적절히 사용하여 IED를 구성할 수 있다. 아래 그림은 차단기의 예를 통해서 논리노드 모델링을 위한 분해 및 조합 (composition) 절차를 나타낸 그림이다.

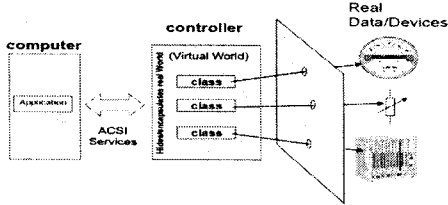


[그림] 논리노드 모델링을 위한 개념적인 분해 및 조립 절차

2.5 통신 모델 (Communication Modeling)

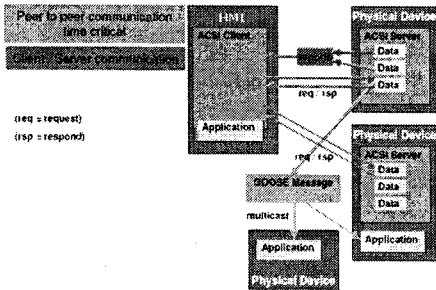
변전소 자동화 시스템의 기능들을 데이터와 서비스로 모델링 하기위한 방법으로 ACSI (Abstract Communication Service Interface) 모델링을 한다. 아래 그림을 보면 ACSI는 특정 객체 모델의 요소에 접근하기 위해 정보 모델과 서비스 모델링하고, Class에 정보와 서비스를 정의하고 있다.

ACSI 모델링을 통해서 변전소가 갖고 있는 기능과 정확한 용도까지도 세분화 하여 Class화 할 수 있고, 실제 통신 프로토콜을 이용하여 서비스를 주고 받을 수 있다.



[그림] ACSI 모델링 방법

ACSI는 다양한 통신 방법을 구성할 수 있는데, 아래 그림은 두 그룹의 통신 서비스를 설명하고 있다.



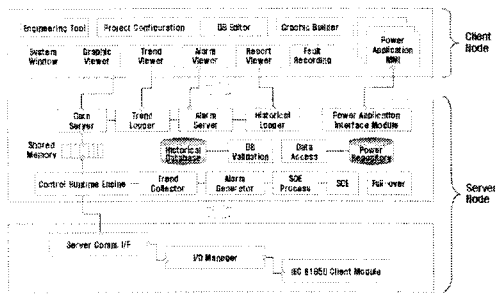
[그림] ACSI 모델링 방법

2.6 HMI Platform 및 구성 Components 설계

IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 시스템 개발의 설계 Concept은 Substation Configuration, IEC 61850 Infrastructure, Digital Substation Automation Requirements, IED Parameters, System Standardization 등을 고려한 Substation Automation System의 요구사항 분석을 수행하고, IEC 61850 기반의 Object Structure, Attributes Design, Communication Modeling, Interaction Modeling, Behavior Design을 통한 System Model을 설계하고, 끝으로, 시스템을 통합하고 시험을 수행하여, 보다 신뢰성있고, 견고한 상위 운영 시스템을 개발하고자 한다.

디지털변전소 종합운영 HMI Architecture 설계는 3개의 Layer로 구성되어 있다. 변전소내 현장 디바이스 (IEDs)와의 인터페이스를 담당하고 있는 Communication Layer와 Communication Layer에서 취득된 현장의 데이터를 취득하고, 처리하여 Power Information으로 가공하는 Power Information

및 실시간 데이터 처리 Layer 및 사용자 인터페이스와 관련된 Presentation Layer가 있다.



[그림] HMI Platform Architecture

2.7 소프트웨어 개발방법론 적용 사례

디지털변전소 종합운영 시스템 개발에 소프트웨어 개발방법론을 적용하여 통일된 개발 체계 구축 및 품질 향상 활동을 기대하고 있다. 현장의 데이터를 취득하는 프로그램은 구조적 개발방법론을 적용하고, 취득된 데이터를 가공하여 데이터베이스에 관리하는 프로그램과 사령원이 변전소의 설비를 감시하고 제어를 수행하는 클라이언트 프로그램은 객체지향적 개발 방법론을 채택하고 있다.

3. 결 론

변전소 자동화 시스템을 위한 국내외 기술 현황에 대한 조사와 국제 표준으로 제시된 IEC 61850 표준 문서를 분석하였다. DNP 3.0, UCA 2.0, 그리고 IEC 60870에 대한 조사와 비교/분석을 하였다. 장비와 시스템 레벨의 솔루션 들을 제공하고 있는 국외의 여러업체들이 제시하고 있는 규격들에 대한 조사를 수행하였다. IEC 61850 표준 문서의 정리 및 분석을 바탕으로 기존의 기술에 대한 IEC 61850 표준 적용의 당위성을 도출하였다.

IEC 61850 기반의 디지털변전소 종합운영 시스템 개발을 위해 시스템 Architecture 설계를 수행하여 기능별(Functionality)로 Components를 구성하였으며, 각 기능별로 Actions을 기술하였다. 그리고, IEC 61850 기반의 변전설비에 대한 논리적/물리적 자료 구조 설계를 위해 개체속성 모델링을 수행하였으며, 이러한 데이터베이스 관리 및 서비스를 위해 개체속성 기반의 데이터베이스 Interface 설계를 위한 분석을 수행하였으며, IED와 SA의 통신을 위한 IEC 61850 기반의 통신 기능 설계를 위해 MMS 통신 기능을 분석하였다.

향후 연구 개발 방향은 현장 운영자의 요구사항 등을 더 고려하여 시스템 및 기능 분석을 더 수행하여 산출물을 좀 더 보완하고, 현재까지 진행된 연구 결과를 검토하여 보다 나은 설계를 위해 기능 Decomposition을 수행할 계획이다. 그리고, 유지보수 엔지니어링 HMI 및 변전소 엔지니어링을 위한 XML 기반의 SCL에 관한 연구를 더 수행할 계획이다.

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업인 전력IT 기술 개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Klaus-Peter Brand, Volker Lohmann, Wolfgang Wimmer "Substation Automation Handbook" Utility Automation Consulting
- [2] Ralph Mackiewicz, "IEC 61850 & IEC-TASE.2 Technical Overview", SISCO, 2006년 3월
- [3] Karlheinz Schwarz, "IEC 61850 Seminar, Application and Implementation Workshop", NettekAutomation 사, 2005년
- [4] Christoph Brunner, "IEC 61850 Seminar and Implementation Workshop", NettekAutomation 사, 2004년
- [5] "변전소 종합 자동화 HMI 운영자 매뉴얼", 대전 전력관리처 신공변전소
- [6] "디지털 제어 기반의 차세대 변전소 자동화 시스템 기술 규격 수립", 한전 전력연구원, 2006년