

IEC61850 기반 변전소 자동화 시스템 프로토타입 개발

김명희, 김해누리, 임성정, 박동호, 이승재
명지대학교

IEC61850 based Substation Automation System Prototype Development

Myong-Hoe Kim, Hae-Nu-Ri Kim, Seong-Jeong Rim, Dong-Ho Park, Seung-Jae Lee
Myongji University

Abstract - IEC61850은 변전소 자동화에 있어서 변전소 감시, 보호, 제어, 운전전에 필요한 모든 부분에 IT 기술을 적용한 디지털 제어 기반의 차세대 변전소 자동화 시스템을 설계·개발·운용하는 기술로서 변전소 운전의 자동화 및 무인화를 위한 핵심 기술이다.

본 논문은 국제 표준인 IEC 61850 기반의 변전소 자동화 시스템 프로토타입에 대하여 다루고 있다. 먼저 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템의 구성에 대해 설명하고, 시스템 구현에 있어서 실제 데이터 모델을 설계하고 통신 모듈을 구현하는 방법에 대해 설명하였다. 또한 SCL을 이용한 엔지니어링 하는 방법 및 전체 시스템 구현 방법에 대하여 서술하였다.

1. 서 론

변전소 감시, 보호, 제어, 운전전에 필요한 모든 부분에 IT 기술을 적용한 디지털 제어 기반의 차세대 변전소 자동화 시스템을 설계·개발·구현하는 기술로서 변전소 운전의 자동화 및 무인화를 위한 핵심 기술이다.

상위 장치인 변전소 운전용 컴퓨터, 하위 장치인 센서들(변류기, 변성기 등)과 제어기(차단기 등), 그리고 상위 장치와 하위 장치 사이에서 감시, 진단, 보호, 제어, 계측, 보안방재 등을 담당하는 장치(IED, Intelligent Electronic Device)들을 기존의 구리 케이블 대신 고속 LAN 케이블로 연결하고, 각 장치들 간의 정보 전송 및 제어 명령 전송에 사용되는 통신에 표준화된 단일 프로토콜을 사용함으로써, 변전소 건설과 운전, 유지보수의 효율성과 신뢰성을 향상시키고 동시에 변전소 운전에서 필요한 정보의 가용성과 활용을 극대화할 수 있다.

또한 전 세계적으로 단일화 및 표준화된 규격(Global standard)의 채용으로 변전 자동화 시스템에의 투자에 대한 보호가 가능하다.

통신과 기기 모델링을 분리한 표준 규격의 채택으로, 통신 분야의 기술은 급속하게 발전하고 변전소 응용분야의 기술은 상대적으로 느리게 진행되는 문제점을 해결함으로써, 장기간에 걸쳐 적용이 가능하다. 또한 독자적인 프로토콜(Proprietary protocol)을 사용하는 것과 대비하여 적용 시스템의 수명 연장, 이에 따른 투자 보호 효과, 용이한 확장 가능성 등의 장점을 취할 수 있을 뿐만 아니라, 변전소의 건설, 운영, 유지보수 비용을 절감하는 것이 가능하다.

또한 IEC61850 표준을 채택하여 구성한 변전소 시스템 구조는 기존의 Hardwire 방식과 다른 Network 방식으로 이루어지며 이전에 불가능했던 새로운 기능의 구현이 가능하게 된다. 따라서 IEC61850 기반 변전소 자동화 시스템의 프로토타입을 정의하고 개발할 필요가 있다.

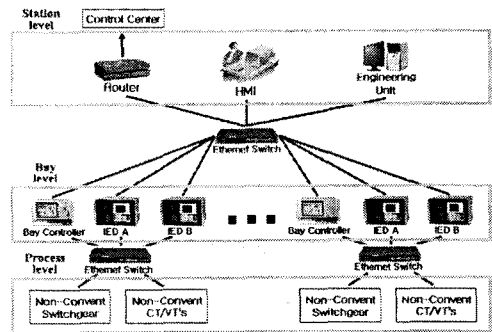
본 논문에서는 변전소 자동화 시스템의 프로토타입을 정의하고 실제 시스템을 구현하여 데이터 모델을 설계하고 IEC61850 기반 통신 모듈을 구현하여 시스템 구현 및 검증하였다.

2. 본 론

2.1 IEC61850 기반 변전소 자동화 시스템 구성

IEC61850의 모든 통신은 네트워크 기반으로써 그림 1과 같이 3가지 레벨로 구성되어있다.

Process Level을 CT나 PT로부터 전류, 전압 값을 취득하여 Bay Level로 전송해주거나 CB를 제어하는 Actuator를 가진다. Bay Level은 기존의 계전기 역할을 하며 Process Level IED들과 통신을 하여 Actuator에게 차단 명령 또는 투입 명령을 내리고 Station Level로 결과를 올려주기도 한다. 그리고 변전소 내부의 모든 시스템을 감시, 제어하는 Station Level이 있다.



<그림 1> IEC61850 기반 변전소 자동화 시스템

또한 기존의 DNP 프로토콜과는 다르게 각각 데이터의 주소가 계층화된 이름으로 알기 쉽게 표현되어 있고, 이름 자체에 의미가 부여되어 있다.

따라서 이러한 IEC61850 표준 프로토콜을 사용하게 되면 시스템 통합 및 관리 유지/보수가 용이하며 데이터레벨과 통신레벨을 따로 정의하여 새로운 통신 기술이 나왔을 경우 그 통신 기술만 따로 적용 시킬 수 있다는 장점을 가진다.

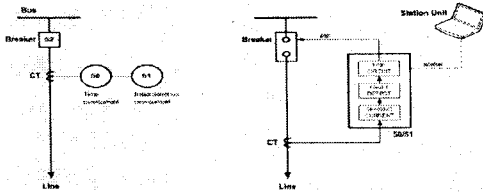
2.1.1 IEC61850의 특징

IEC61850 기반 시스템은 다음과 같은 특징을 가진다.

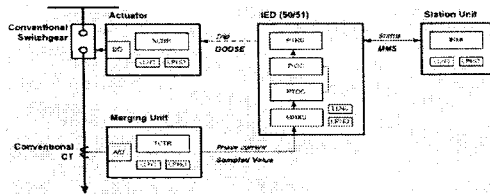
- 하드웨어적 제한 조건에 독립적인 프로토콜이다.
- Ethernet, MMS, 객체 모델링, XML 등과 같은 주류를 이루는 기술을 사용한다.
- 데이터의 단순 전달 외에 데이터가 가지는 의미, 조직, 저장 장소로부터 독립성을 유지하는데 초점을 둔다.
- 변전소 내의 각종 정보를 계층적으로 정의
- 시스템의 응용프로그램 개발과 통합이 용이하도록 설계할 수 있다. 즉, 높은 유연성과 확장성을 확보할 수 있다.

2.2 IEC61850 기반 데이터 모델 설계

모델 설계에 있어서 그림 2는 기존의 구성도이다. 그림 3은 IEC61850 기반의 구성도이다. 기존의 구성도와 기능면에서 같은 기능을 수행하지만 그 기능 하나하나를 객체화하여 논리 노드의 구성으로 조합한 하나의 물리적 장치를 구성할 수 있다.



<그림 2> 기존 구성도(One line diagram, Functional diagram)

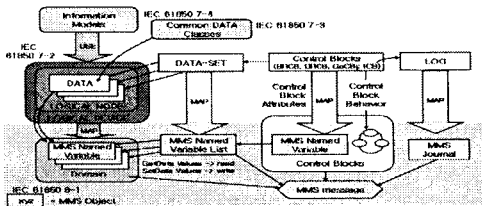


<그림 3> IEC61850 기반 구성도(IEC61850-based Configuration)

2.3 IEC61850 기반 통신 모델 설계

2.3.1 MMS 통신

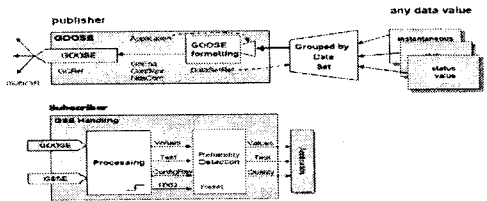
MMS(Manufacturing Message Specification)란 네트워크로 연결된 장치와 컴퓨터 어플리케이션 간의 실시간 데이터와 감시 제어 정보를 교환하기 위해 표준화된 메시지 시스템을 말한다. MMS의 장점은 상호 운용성(interoperability)을 제공하고, 어플리케이션 개발자, 네트워크 연결성, 수행될 기능에 독립적이다. 또한 데이터 접근이 용이하다. 여기서 상호 운용성이란 특별한 통신 환경을 구축하지 않고 네트워크로 연결된 어플리케이션 간의 감시제어와 프로세스 데이터를 교환할 수 있는 기능을 의미한다.



<그림 4> MMS 매핑

2.3.2 GOOSE 통신

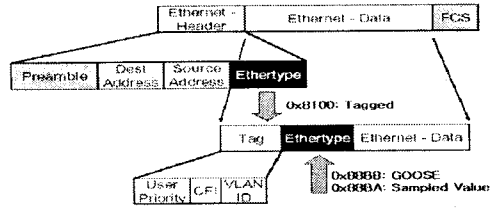
GSE (Generic Substation Event)의 일종으로 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)는 변경 가능한 구조의 데이터 집합(data set)이며 GSSE (Generic Substation Status Event)는 고정된 구조의 상태 데이터를 말한다. 또한 GOOSE는 데이터를 발행(publish)하는 IED와 이를 구독(subscrib)하는 다수의 IED들 사이의 Peer-to-peer 정보 교환(multicast)을 한다. 그래서 실시간 메시지 전달이 중요한 요소로 작용한다.



<그림 5> Peer-to-peer data value publisher/subscriber 모델

2.3.3 MSV 통신

SV(Sampled Value)는 GOOSE 통신과 기본 구조는 같다. 그림 6은 Ethernet Frame의 구조 및 확장(IEEE802.1p)을 나타낸 그림이다. Ethertype에 따라 GOOSE와 SV 통신이 구분되어진다.



<그림 6> Ethernet Frame의 구조 및 확장(IEEE802.1p)

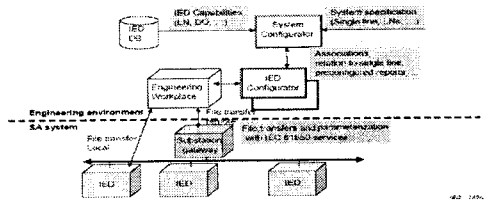
그림 6에서는 전송되는 정보신호의 우선순위를 정하여 시간 제한적 문제를 해결하기 위한 Priority tagged를 나타낸다. 그림에서 tag의 User Priority에서 사용자가 지정할 수 있으며 IEEE802.1q를 지원하는 네트워크 환경에서 가능하다.

2.4 SCL 엔지니어링

2.4.1 SCL 엔지니어링 개념

변전소 자동화 시스템의 엔지니어링은 기능적으로 사전 구성된 장치를 개폐소 부분, 제품 또는 기능에 할당하여 시작하거나, 혹은 프로세스 기능성 설계로 시작할 수 있다. 여기에서 기능은 장치의 기능적 능력과 그 구성 능력을 토대로 하여 나중에 물리 장치에 할당된다. 종종 혼합된 접근방식을 권장되기도 하지만 라인 베이와 같은 일반적인 프로세스 부분은 사전 엔지니어링되고, 필요한 만큼 프로세스 기능성의 추가는 그 범위 내에서 사용된다.

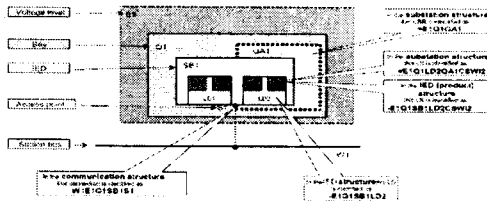
SCL(Substation Configuration description Language)란 변전소 내 IED들 간 통신을 위한 구성 언어로서 XML을 기반으로 한다. SCL의 적용범위는 표준화된 방법으로 장치 엔지니어링 도구에 대한 시스템 설계, 통신 엔지니어링, 엔지니어링 된 시스템 통신의 설계를 위해 변전소 자동화 시스템, 전력 장치 및 상호 관계, IED 구성에 적용 된다. 그림 7은 SCL을 이용한 엔지니어링 구조를 나타낸다.



<그림 7> SCL을 이용한 엔지니어링

IED 구성에 있어서 이름을 정할 때는 일정한 규칙이 있어서 그 규칙에 맞게 IED 이름을 정하고 구성하여야 한다. 그림 8은 이름 지정(E1 Q1 LD2 QA1 CSWI2)의

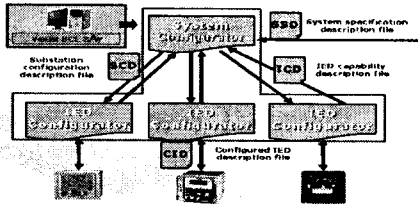
예를 보여주고 있다.



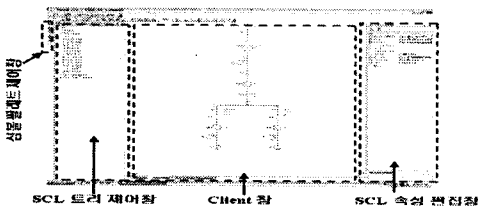
<그림 8> 이름 지칭의 예

2.2.2 Visual SCL을 이용한 SCL 파일 설계

Visual SCL 소프트웨어를 이용하여 SCL 엔지니어링 부분을 한 번에 해결 할 수 있다. 변전소 시스템 구조를 원하는 대로 설계하여 소프트웨어를 실행하였을 시 생성되는 파일은 변전소 구성(SCD)파일이다. 이 생성된 파일을 이용하여 각 IED들에 맞는 CID파일을 생성하여 활용할 수 있다. CID 파일은 선택사항으로 IED 제조업체에서 필수적으로 사용할 필요는 없다. 그러나 본 연구에서는 IEC61850-6에서 명시된 CID파일을 적용하여 IED의 기능을 재구성 하였다. 그 만큼 시스템 구성이 유연적이며 유지 보수가 수월해 지게 된다. 그림 9는 Visual SCL을 이용한 시스템 재구성 파일 생성을 나타내고 그림 10은 Visual SCL 소프트웨어의 화면 구성이다.



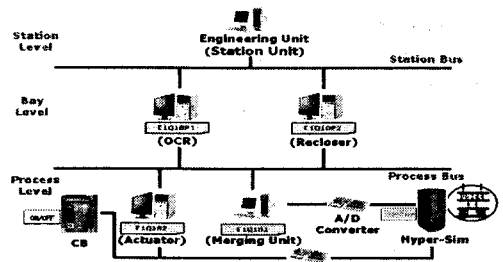
<그림 9> Visual SCL을 이용한 시스템 재구성 파일 생성



<그림 10> Visual SCL 화면 구성

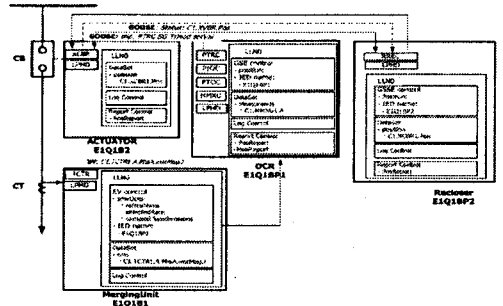
2.5 시스템 구현

IEC61850기반의 OCR의 한시요소와 순시요소를 가지는 IED 및 리클로징 요소를 가지는 IED를 구현하고 변전소 자동화 시스템을 구현하여 IEC61850 기반의 통신으로 계통 보호 가능성을 검증하였다.



<그림 11> 전체 시스템 구성

그림 11은 사례연구를 위하여 구현한 IEC61850기반의 변전소 자동화 시스템이다. 먼저 보호 대상인 계통은 실시간 시뮬레이터인 HyperSim을 이용하여 154kV 변전소를 모의하였다. 계통의 전압, 전류 데이터 취득 및 제어는 Process IED 에뮬레이터인 Merging Unit와 Actuator IED를 통해서 이루어진다. Merging Unit은 HyperSim의 접점에서 나오는 아날로그 신호를 A/D컨버터를 거쳐 디지털 신호를 받아 Bay Level의 IED들에게 Multi-Cast로 데이터를 전송한다. Actuator는 Trip 신호를 받아 HyperSim 및 CB에 제어 신호를 보내준다. Station IED는 Bay 레벨의 IED들로부터 계측, 상태 변화, 정정치 등의 정보를 받아 올 수 있으며 Bay IED의 정정치를 변경 할 수 있다. 그림 12는 구현한 IED들의 구성을 나타낸다.



<그림 12> 구현된 시스템 구성

3. 결 론

본 논문에서는 변전소 내 통신 네트워크와 시스템 표준규격인 IEC61850 기반의 변전소 자동화 시스템의 프로토타입 개발에 대하여 설명하였다.

개발한 시스템은 실제 데이터 모델의 설계와 통신 모듈을 구현한 방법을 다루었으며 SCL(변전소구성언어)을 이용한 엔지니어링 및 적용방법을 간략히 서술하였다.

[감사의 글]

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

[참고 문헌]

[1] 김명희, 김해누리, 임성정, 이승재, "SCL을 이용한 IED 신호도 향상 기법 구현에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, A권, 58-59, 2006
 [2] 이동욱, 전용우, 이덕수, 임성일, 이승재, "IEC 61850기반 변전소 자동화 시스템에서 IED의 결합 극복 방법", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, A권, pp. 152-154, 2005
 [3] Hypersim Software Version 9.1, TransEnergyTechnologies, Memre du groupe Hydro-Quebec