

IEC 61850 기반의 디지털 변전소를 위한 통신 드라이버에 관한 연구

이일화, 최철환, 한진희, 전태영, 신용학
LS 산전 중앙 연구소

A Study on Communication Driver for Substation Automation based on IEC 61850

Yil-Hwa Lee, Chul-Hwan Choi, Jin-Hee Han, Tae-Young Chun, Yong-Hark Shin
LS Industrial Systems Central R&D Center

Abstract - Substation automation is one of the key issues for the enhancement of the power industrial foundation. IEC 61850 is an international standard specifying communication network and systems in substation. It supports interchangeability and interoperability of equipments from different vendors. ACSI(abstract communication service interface) specifies basic communication structure for substation and IEDs. It supports communication as well as various services without proper protocols. For actual communication, MMS(Manufacturing Message Specification : ISO 9506) is used to map ACSI services. Solutions for the development of communication driver based on IEC 61850 are proposed in this paper.

1. 서 론

주요 전력 정보는 대부분 변전소를 통해 접근하거나 얻을 수 있으므로 변전소는 전력 시스템에 있어 핵심 노드라 할 수 있다. 그동안 변전소 내부의 자동화 시스템은 여러 벤더들에 의해 개발되어 왔으나, 다른 회사의 제품과 상호 운용성, 자유로운 구성, 안정성 등에 있어 문제점으로 인해 변전소 내부에 타 회사 제품과 함께 운용될 경우 자동화 기능을 발휘할 수 없었다.

지금까지 변전소를 구성하는 장비들은 단순 제어에 국한되어왔으나, 각 장비들을 IED(Intelligent Electronic Device)화 하여 주변 장비들과 서로 연동할 수 있게 되었고 자동으로 제어 및 관리를 수행하게 되었다. 디지털화된 장비들은 안정적인 통신을 통해 데이터나 알람 및 이벤트 메시지를 주고받을 수 있고 원격 제어가 가능해지며 더 나아가 웹상에서 변전소 상태를 확인 및 제어할 수 있게 되었다. 엔지니어링은 센터에서 원격으로 장비의 기능을 설정할 수 있게 되어, 소수의 관리자로 하여금 다수의 변전소를 관리할 수 있도록 하였다.

여러 벤더의 디지털 변전소 서비스 표준을 통일 하고자 IEC 61850 통신 프로토콜이 개발되었다. UCA 2.0을 기반으로 만들어진 IEC61850은 변전소 관련 모든 기능을 다루고 있다. IEC 61850의 ACSI는 통신을 포함한 다양한 서비스를 제공하지만[3], 프로토콜이 없으므로 MMS를 이용한다[5]. 그러므로 MMS에 기반을 두게 되는 통신 드라이버는 IEC 61850의 특성에 맞추어 연구되어야 한다. 통신 드라이버에서 가장 중요한 주소 구조, 데이터 구조, 데이터 취득 방법 등은 특별히 구현되어 있지 않으므로, 선택 가능한 방식을 제안한다.

2. 본 론

2.1 구성

IEC 61850은 디지털 기반의 자동화 변전소를 지원하기 위한 국제 통신 표준 규약이다. 이더넷 통신을 기반으로 안정적이고 보다 빠른 통신을 지원하게 되었고, 계층적 구조의 객체 지향 방식으로 데이터를 모델링 하였기에

데이터 구성 및 관독이 용이하며, 엔지니어링을 쉽고 빠르게 할 수 있도록 SCL(Substation Configuration Language)을 지원한다.

2.1.1 통신

통신 서비스는 IED 기기 상호간 또는 상위 제어단과의 정보 교환을 목적으로 사용된다. IEC 61850은 이더넷 기반의 안정적이고 빠른 통신을 지원한다. 통신 방식은 그림 1에서와 같이, 크게 3가지 방식으로 나뉜다. 가장 보편적인 클라이언트/서버 통신은 MMS를 기반으로 데이터 교환, 제어, 파일 전송뿐 만 아니라, 리포트나 로그를 전송하는데 사용된다. GOOSE(General Object Oriented Substation Event) 통신은 이벤트나 알람 등의 고속 메시지를 전송하는데, 상황에 따라서는 트립 메시지를 전송하기도 한다. SAV(Sampled Value) 통신은 변환기의 샘플링 값, 즉 전압, 전류의 Raw 파일을 전송하는데 사용된다.

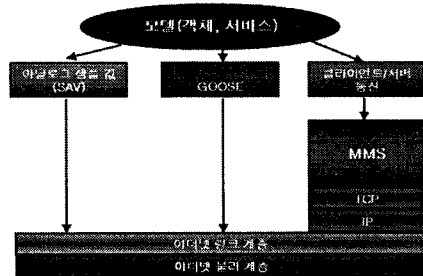


그림 1. IEC 61850 통신 구조

2.1.2 객체 모델

IEC 61850의 객체 모델은 서버로부터 계층 구조로 구성된다. 그림 2에서 보듯이 IED는 여러 논리 장치로 구성되는데, 하나의 논리 장치는 여러 개의 논리 노드로 구성되고 하나의 논리 노드는 여러 개의 데이터로 그리고 하나의 데이터에 여러 데이터 속성으로 구성된다. 이중 가장 핵심인 논리 노드, 데이터 및 속성은 IEC 61850-7-x에 정의되어 있다. 논리 노드는 모두 92개가 존재하고[2], 데이터는 기 정의된 29가지 공통 데이터 클래스[4]를 각 논리 노드 특성에 맞게 적용한다. 그러므로 논리 노드와 공통 데이터 클래스를 이용한 각 벤더 제품의 LN에 사용되는 모든 데이터는 완벽한 호환이 가능하다고 한다.

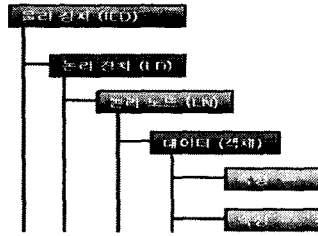


그림 2. IEC 61850 객체 모델

2.1.3 SCL

IEC 61850은 SCL을 지원한다. SCL은 XML 기반 언어로서 변전소 전체 시스템뿐만 아니라, 각 IED들의 구성 및 세팅을 하는데 사용된다. SCL은 확장성, 편리성, 호환성이 뛰어나고 특별한 Tool 없이도 손쉽게 편집 및 유지가 가능하며 아래 네 가지 파일 타입이 있다.

- SSD : 전체 시스템에 대한 정의.
- ICD : IED에 의해서 지원되는 아이템에 대한 정의.
- SCD : 해당 변전소에 대한 정의.
- CID : 특정 IED에 대한 구성 정보.



그림 3. SCL 흐름 모델

2.2 기능

IEC 61850은 변전소에 필요한 모든 기능을 지원하도록 개발되었다. 변전소 운용 및 제어에 필요한 기능을 지원하기 위한 서비스들이 정의되어 있고[3], 이 서비스들은 MMS를 통해 구현된다[5]. IEC 61850에서 지원하는 기능들은 시스템 지원 기능, 운영 및 제어 기능 그리고 자동화 기능으로 구분할 수 있다.

2.2.1 시스템 지원

시스템 지원 기능은 시스템 설정이나 시스템 초기 및 시작에 관한 기능을 다룬다. 시스템 지원 기능을 몇 가지로 나눌 수 있는데, 네트워크 관리 기능은 노드 식별 기능으로서 노드 추가 및 제거를 인지한다. 시간 동기화 기능은 시스템 내부의 장치들을 동기화하며, 물리 장치 검사 기능은 물리 장치의 운용 여부를 검출할 수 있다. 장치들을 S/W 다운로드하거나 장치로부터 소프트웨어 및 관련 정보를 얻을 수 있는 소프트웨어 관리 기능과, 장치를 데이터베이스를 다운로드 하거나 장치로부터 데이터베이스 및 관련 정보를 얻을 수 있는 구성 관리 기능이 있다. LN 운용 제어 기능은 특정 논리 노드를 시작 또는 정지할 수 있고, 세팅 기능은 LN 기능 및 동작에 관한 파라미터를 관독하거나 변경할 수 있다. 시험 모드 기능은 프로세스에 영향을 미치지 않고 시스템 기능 검사를 할 수 있으며, 시스템 보안 관리 기능은 시스템 보안을 제어 및 감독 할 수 있다.

2.2.2 운영 및 제어

운영 및 제어 기능은 시스템이 시작된 후, 시스템을 관리 및 제어하기 위한 실질적인 행위 기능을 다룬다. 운영 및 제어 기능에는 여러 가지로 나눌 수 있는데, HMI와 관련된 접근 제어 보안 규칙에 관한 접근 보안 관리 기능이 있고 제어 기능을 통하여 변전소 내부의 설비나 보조 설비를 제어한다. 변전소의 모든 상태 변동을 감시하고 이 정보를 필요로 하는 기능들에게 정보 제공하는 기능이 있으며, 동기화 스위칭 기능을 통하여

파도 스위칭 스트레스를 제한하기 위한 회로 차단기를 동시에 개폐할 수 있다. 파라미터셋 전환 기능을 이용하여 정의된 집합을 활성 상태로 전환할 수 있고, 경보 관리 기능으로 사용자는 정보를 가시화, 인지, 제거할 수 있으며, 이벤트 관리 기능으로 이벤트를 지속적으로 수집 처리 할 수 있다. 한 LN에서 다른 LN으로 데이터를 전송 할 수 있으며 외관/고장 기록 검색 기능으로 고장 데이터의 표시, 대량 저장 및 전송 할 수 있다.

2.2.3 자동화

자동화 기능은 운영자에 의한 관리 및 제어가 아닌 기계에 의해 자동으로 실행되는 기능이다. 이러한 자동화 기능을 몇가지로 나눌 수 있는데, 전력 네트워크나 배전반의 값을 감시하여 경계 메시지나 트립 메시지를 발생시키는 보호 기능이 있다. 선로 번호를 위해서 선로 임피던스를 감시하고 이상이 감지되면 트립 메시지를 발생하여 보호한다. 베이내 스테이션에 걸친 연동을 지원하는 연동 기능이 있으며, 연동 규칙이나 스위칭 조작에 관한 예약 원칙에 따라 연동한다. 트립 신호를 받은 차단기가 고장으로 인해 작동하지 않을 경우, 인근 차단기에 의해 작동할 수 있는 차단기 장애 기능이 있다.

2.3 서비스

앞서 설명한 여러 기능들은 변전 IED 설비를 통하여 모두 지원되며 이러한 기능들을 지원하기 위한 표준안으로 ACSI가 있다. ACSI는 IEC 61850에서 지원하는 모든 서비스를 다루고 있는데, 상세 내용은 IEC 61850-7-2에서 정의한다[3].

- | |
|--|
| 1. SERVER model |
| 2. ASSOCIATION model |
| 3. LOGICAL-DEVICE model |
| 4. LOGICAL-NODE model |
| 5. DATA model |
| 6. DATA-SET model |
| 7. Substitution model |
| 8. SETTING-GROUP-CONTROL-BLOCK model |
| 9. REPORT/LOG-CONTROL-BLOCK model |
| 10. Generic substation event model-GSE |
| 11. Transmission of Sampled values model |
| 12. Control model |
| 13. Time and time synchronization |
| 14. FILE transfer model |

표 1. ACSI

2.3.1 연결

연결 서비스는 서버와 클라이언트간의 연결, 중단 및 해제를 제공하는 서비스이다.

2.3.2 데이터

데이터 서비스는 ACSI에서 가장 핵심 서비스이다. 관련 서비스로는 서버, 논리 장치, 논리 노드, 데이터 서비스로 있다. 이들 서비스는 디렉토리를 읽어 이를 바탕으로 해당 모델의 데이터 구조를 알 수 있다. 데이터 구조를 정리하면 원하는 데이터 값을 불러오거나 변경 할 수 있다. 데이터 집합 서비스는 논리 노드와 공통 데이터 클래스에 의해서 구성되는 데이터들 중에서 사용자가 원하는 데이터만 리포트나 로그 할 수 있도록 구성하는 경우에 사용된다.

2.3.3 제어 블록

제어 블록은 언제, 어떻게 데이터를 전송하는지를 정의한다. 제어 블록에는 리포트, 로그, GOOSE, SAV 및 그룹 설정 등 모두 5가지가 있다. 리포트는 데이터나 상태가 변경 되었을 때 변경된 데이터만 즉시 보고 되고 그 외의 경우에는 주기적으로 보고 된다. 로그는 변경이

있을 경우에 변경된 데이터만 저장하며, 필요한 경우에 만 데이터를 가져온다. GOOSE의 경우, 어떤 변화가 발생했을 경우 즉시 보내는 메시지로써, 이벤트나 알람 관련 메시지를 담당한다. SAV는 측정값의 raw 파일을 주기적으로 보내며, 그룹 설정은 기존에 정의된 논리 노드의 여러 설정 값 중 원하는 설정 값으로 변경 할 때 사용된다.

방법	전송시간 민감 여부	전송 중 변환된 값 분실 가능성	데이터의 다중 클라이언트로 전송 가능성	마지막 데이터 변화 발생시 저장소	일반 클라이언트
폴딩 (GetDataValues)	X	O	O	-	브라우저
버퍼링 안된 리포팅	O	O	X	-	실시간 GUI
버퍼링된 리포팅	O	X	X	서버	데이터 수집 장치
로그	X	X	O	클라이언트	엔지니어링 스테이션

표 2. 데이터 접근 방법

2.3.4 그 외

제어는 장비들의 상태나 설정을 바꾸는데 사용되는 서비스로서 가장 많이 사용되는 서비스이다. 기간간의 시간 동기화는 SNTP(Simple Network Time Protocol)를 이용하여 동기화 하며, 파일 서비스는 열기, 읽기, 닫기, 파일 디렉토리, 파일 제거, 파일 열기, 파일 이름 바꾸기 등의 서비스를 지원한다.

2.4 방안

앞서 변전소 장비들의 기능과 이를 지원하기 위한 표준 서비스를 개략적으로 설명하였다. ACSI에는 서비스의 정의와 함수명이 있으나, 실질적으로 이를 지원하는 프로토콜은 전무하다. 이를 해결하는 방안으로 MMS가 채택되었으며, MMS 프로토콜을 이용하여 서비스가 구현된다[5].

통신 드라이버에서 가장 중요한 사항은 데이터 구조 및 접근 방법이다. 데이터 접근에 앞서 행해지는 기능은 해당 데이터 레벨에 대한 디렉토리를 읽어오는 것이다. 서버, 논리 장치, 논리 노드, 데이터의 디렉토리를 읽어 해당 객체의 데이터 구성을 알아낸 후, 구성 데이터를 읽어온다. ACSI는 각각의 절차에 대해서 일일이 대응해야 하나, MMS에서는 이 모든 것을 하나의 명령어로 수행할 수 있다. 즉, 디렉토리를 읽어오는 것은 GetNameList 명령어로, 데이터를 읽어 오는 것은 Read 명령어로 모든 데이터를 구분해서 읽을 수 있을 뿐만 아니라, 로그, GOOSE 등 다른 기능도 수행한다. Write 명령어는 데이터 수치를 바꿀 수 있을 뿐만 아니라, 제어도 가능하다. 데이터 접근 서비스를 위한 명령어들이 다양한 기능을 지원하는 만큼, 각 명령어에 대한 분석과 명세는 다음과 같다.

2.4.1 주소 구조

변수들의 주소를 설명할 때 사용되는 주소 구조는 특별히 구현되거나 표준화 되어 있지 않다. 하지만 숫자 체계, 심볼 형태, 자유로운 형태의 주소 체계 등 세 가지 형태의 MMS 주소들이 있고 그 예시는 아래와 같다.

- 숫자체계 : UINT32.
- 심볼 체계 : 변수 string에 대한 포인터.
- 자유형태 : 주소 길이와 주소를 저장할 공간에 대한 포인터로 구성된 구조체.

2.4.2 Read

클라이언트가 서버에서 정의하고 있는 하나 또는 그 이상의 변수를 리턴하는 것을 요청할 때 사용된다.

- 서비스 데이터 : 변수 접근 명세 정보, 읽을 변수의 리스트.
- 응답 데이터 : 수행 성공여부, 데이터 위치, 변수 타입, 배열 설명, 배열 크기.
- 기능 파라미터 : 네트워크 연결 정보, Read 요청 정보, Read 할 변수 개수, 응답 데이터 포인터.

2.4.3 Write

클라이언트가 원격 노드의 하나 또는 그 이상의 내용을 교체하도록 요청할 때 사용된다.

- 서비스 데이터 : Write될 데이터, Write될 데이터 개수, Write될 변수 리스트 정보, 변수 접근 명세 정보.
- 응답 데이터 : 수행 성공여부, 데이터 위치, 데이터 크기, 변수의 종류.
- 기능 파라미터 : 네트워크 연결 정보, Write 요청 정보, Write할 변수 개수, 응답 데이터 포인터.

2.4.4 GetNameList

객체의 이름 리스트를 리턴하도록 요청 할 때 사용된다.

- 서비스 데이터 : List를 얻게 될 객체 종류, 리스트 처음부터 데이터 얻을지 여부, 중간에서 시작 할 경우 Namelist 다음에 시작될 이름, 특정 부분만 리스트 할 경우 스킵.
- 기능 파라미터 : 네트워크 연결 정보, GetNameList 요청 정보.

3. 결 론

디지털 변전소를 구현하기 위한 효율적인 통신 드라이버 디자인을 제시하였다. IEC 61850을 바탕으로 MMS 프로토콜을 따르는 통신 드라이버에서 가장 중요한 부분은 데이터 구조 및 접근 방법이다. 전체 서비스 중 90%가 Read, Write, GetNameList로 수행 되므로, 이 세 가지 서비스 구현 방안 방법을 분석 및 설계하였다.

이 논문에서 제시한 방법은 가능한 여러 방법 중 하나일 뿐 꼭 따라야 하는 것은 아니다. 통신 드라이버 구현에 앞서 분석 및 설계가 이루어졌으나, 사용자 정의에 따른 기능 등 새롭고 획기적인 방안이 강구되어 추가 될 수 있다.

디지털 변전소는 운영 비용을 획기적으로 줄이면서 운영 효율성은 대폭 늘려 변전소 시스템에 큰 변혁을 가져올 것이다. 전력 산업의 화두로 자리 잡아 연구 개발되어 온 디지털 변전소는 안정성, 호환성, 신속성, 상호연동성 및 강력한 객체 모델링 방법을 바탕으로 다른 전력 시스템 영역에서도 적용될 수 있도록 연구되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] C.Hoga and G.Wong, "IEC 61850: Open Communication in Practice in Substations", IEEE PES, 618'623 vol.2, 2004.
- [2] IEC 61850-5 Com...-Part 5 : Communication Requirement for Functions and Device Models.
- [3] IEC 61850-7-2 Com...-Part 7-2 Basic Communication structure for substation and feeder equipment - Abstract Communication Service Interface(ACSI).
- [4] IEC 61850-7-3 Com...-Part 7-3 Basic communication structure for substation and feeder equipment - common data classes.
- [5] IEC 61850-8-1 Com...-Part 8-1 Specific communication service mapping(SCSM)-Mapping to MMS(ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3.