

변전소 자동화를 위한 게이트웨이 시스템의 설계 및 구현

이정현, 현무용, 최재완, 이동철, 송완석  
한전KDN(주) 전력IT연구원

Design and Implementation of Gateway System for Substation Automation

Junghyun Lee, Muyong Hyun, Jaewan Choi, Dongchul Lee, Wanseok Song  
R&D Department, Korea Electric Power Data Network Co., Ltd.

**Abstract** - 2005년 IEC61850 국제표준규약이 제정된 이후, IEC61850 기반의 변전소 자동화에 대한 관심과 연구가 급증하고 있다. 현재 해외 선진사들에 의한 다양한 제품들이 출시되고 있으며 유럽시장을 중심으로 적용사례가 확대되고 있는 추세이다. 그러나, 변전소 자동화의 새로운 패러다임으로써 IEC61850이 채택됨에 따라 기존에 설치되어 운영중인 시스템과의 호환성에 문제가 발생하게 된다. 이 논문에서는 IEC61850 기반의 변전소 자동화 시스템 구축을 위한 게이트웨이 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안된 시스템은 서로 상이한 프로토콜을 사용하는 변전소 내부의 IEC61850 호환 IED와 원격 제어 센터의 SCADA 시스템 간 계측/상태/제어 데이터의 교환을 지원한다.

1. 서론

최근 전력계통운영의 자동화 추세에 따라 복잡하고 다양한 변전설비 운영정보를 보다 능률적이고 효과적으로 처리하기 위한 다양한 변전자동화 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 전력설비 간 상호운영성을 지원하기 위한 표준화 요구 또한 증가하고 있다 [1,2,3].

IEC61850은 기존의 Hardwire로 전송되던 변전설비의 상태에 대한 감시/계측/제어 정보인 아날로그 신호를 디지털 정보로 정의하고, 정의된 정보를 교환하기 위한 통신 메커니즘 및 XML 기반의 시스템 엔지니어링 기법들을 제시한 변전소 자동화 관련 국제표준이다[4]. IEC61850 기반의 변전소 자동화 시스템은 설비 간의 상호운영성 보장 및 변전설비의 실시간 감시를 통해 설비의 고장예측과 최적이용이 가능하며 유럽시장을 중심으로 적용사례가 확대되고 있다[5,6].

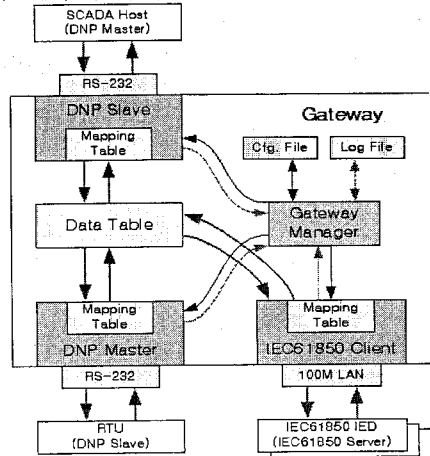
변전소 내부의 자료처리 및 전송을 위한 기본 통신규약으로 IEC61850이 채택됨에 따라 기존의 DNP(Distributed Network Protocol) 통신규약을 사용하는 상위제어센터(RCC, SCC) SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 호스트 시스템과의 통신에 문제점이 발생하게 된다[7]. 본 논문에서는 이 문제점을 해결하기 위해 변전소 내부에서 운영되는 IEC61850 기반 IED(Intelligent Electronic Device)들과 상위 제어 센터인 SCADA 호스트 시스템 간 계측/감시/제어 메시지 교환을 위한 게이트웨이 시스템을 설계하고 구현하였다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템 구성

제안된 게이트웨이 시스템은 DNP와 IEC61850 데이터를 해당 프로토콜에 맞게 제공하며 현재 게이트웨이의 상태를 Log File에 저장하는 기능을 수행한다. 게이트웨이 시스템은 DNP, IEC61850 프로토콜 송수신을 위한 통신모듈과 각종 데이터 저장 공간, 게이트웨이 서버의

환경설정과 관리를 위한 관리모듈로 구성된다. [그림 1]은 게이트웨이 시스템의 기본 구성을 보여준다.



[그림 1] 게이트웨이 시스템의 구성도

먼저 통신 모듈에는 DNP Slave와 DNP Master, IEC 61850 Client 모듈이 있다. DNP Slave는 SCADA 호스트와의 통신을 수행하고 DNP Master 모듈은 변전소 내부에 있는 원격소 장치(RTU)와의 통신을 수행한다. IEC 61850 Client 모듈은 IEC61850 IED와 통신한다. 각각의 통신 모듈은 GM(Gateway Manager)로부터 환경설정 정보를 받아 통신환경과 데이터 Mapping Table을 설정한다.

관리 모듈인 GM은 사용자가 설정한 Configuration File을 읽어 통신 모듈의 동작환경을 설정하고 제어한다. 그리고 게이트웨이 시스템의 상태와 통신 모듈의 동작 상태, 통신링크 상태와 같이 시스템 관리에 필요한 정보를 수집하여 Log File에 저장한다.

데이터 저장 공간에는 Data Table과 Mapping Table, Configuration File, Log File이 있다. Data Table은 각 통신 모듈을 통해 수집한 데이터를 저장하고 공유하기 위한 저장 공간이다. Mapping Table은 각 통신모듈이 사용할 데이터가 저장될 Data Table의 위치 정보를 저장한다. 각 통신 모듈은 Mapping Table을 참조해 데이터를 Data Table에 접근한다. Configuration File은 게이트웨이의 환경설정 파일로 게이트웨이를 구동하기 전에 통신환경, 데이터 매핑정보, 로그 설정 등 게이트웨이의 모든 환경설정 정보를 설정해야 한다. Log File은 게이트웨이 내부에서 발생한 각종 Log를 저장하는 파일로 통신로그와 시스템로그를 저장한다.

관리 모듈인 GM에 의해 통신 모듈의 통신환경이 설정되고 Mapping Table이 생성되면 각 통신 모듈은 자신

의 Mapping Table을 참조해 Data Table의 데이터를 읽거나 갱신하여 다른 통신모듈로 데이터를 전달한다.

## 2.2 주요 모듈

### 2.2.1 Gateway Manager

게이트웨이 관리 모듈인 GM(Gateway Manager)은 모든 통신 모듈의 통신환경설정과 동작 상태를 제어하고 게이트웨이의 상태정보를 Log File에 기록한다. 게이트웨이가 기동되면 GM은 자동으로 실행되며 실행과 동시에 환경설정 파일인 Configuration File을 읽어 들인다. 그리고 Configuration File의 설정에 따라 Data Table과 Mapping Table을 생성하고 물리적인 통신환경을 설정하여 통신모듈을 실행시킨다.

각 통신모듈이 정상적으로 실행된 다음에는 통신모듈의 실행상태와 게이트웨이 서버 시스템의 CPU, HDD, Memory 상태, 통신포트 상태를 주기적으로 검사하여 Log File에 저장한다.

### 2.2.2 DNP Master & Slave

게이트웨이의 DNP Slave 모듈은 SCADA 호스트와의 DNP 통신을 처리하기 위한 모듈로서 Data Table에 저장된 데이터를 SCADA 호스트에 제공하고 SCADA 호스트에서 송신한 데이터를 Data Table에 저장한다. DNP Slave가 DNP 신속응답 메시지(Unsolicited Response)를 사용하도록 설정되고 감시포인트로 등록된 Data Table의 값이 변경되면 DNP Slave는 신속응답 메시지를 사용해 변경된 데이터를 SCADA 호스트로 보낸다.

DNP Master 모듈은 게이트웨이와 기존 RTU간의 DNP 통신을 전담하는 모듈로서, RTU로부터 데이터를 취득해 Data Table에 저장하고 Data Table의 갱신된 데이터를 RTU로 전달한다. RTU와의 통신을 위해 DNP Master 모듈은 GM으로부터 DNP 통신환경과 데이터 매핑, 통신 로그, 시스템 로그 등에 관한 환경설정 정보를 받아 RTU와 통신한다.

### 2.2.3 IBC61850 Client

IBC61850 Client는 IBC61850 IED와의 통신을 전담하는 모듈로서 자신의 Mapping Table을 참조해 IBC61850 IED로부터 데이터를 취득해 Data Table에 저장한다. 그리고 Mapping Table에 등록된 데이터 중 쓰기 가능한 포인트의 데이터가 변경될 경우 해당 IED로 데이터를 전달한다. 만약 IBC61850 IED가 Report 서비스를 사용할 수 있고 Gateway Manager에서 RCB(Report Control Block)을 사용하도록 설정하면 IBC61850 Client는 설정된 IBC61850 IED와 접속 후 RCB를 설정한다.

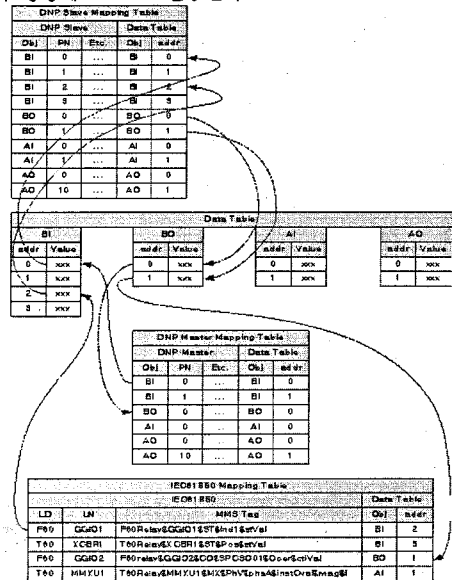
### 2.2.4 프로토콜 변환 엔진

게이트웨이에서 프로토콜 변환 및 데이터의 흐름은 크게 두 가지 방향으로 나눌 수 있는데, SCADA 호스트에서 RTU와 IBC61850 IED로 데이터가 전송되는 방향과 RTU와 IBC61850 Client에서 SCADA 호스트로 전송되는 방향이다. 데이터 흐름의 방향은 데이터 포인트의 특성에 따라 결정된다. RTU와 IBC61850 IED의 데이터 포인트가 읽기 가능하다면 데이터 흐름은 RTU와 IBC61850 IED에서 SCADA 호스트로 향한다. 반면 RTU와 IBC61850 IED의 데이터 포인트가 쓰기가 가능하다면 데이터 흐름은 SCADA 호스트에서 RTU 또는 IBC61850 IED로 향한다. 만약 읽기와 쓰기 모두 지원하는 데이터 포인트의 경우 두 가지 데이터 흐름을 모두 가질 수 있다. 그러나 읽기만 가능한 데이터 포인트에 대해 SCADA 호스트가 쓰기 요청을 하게 되면 DNP Slave 모듈은 그 요청을 잘못된 요청으로 처리한다. 따라서 이와 같은 잘못된 요청은 RTU나 IBC61850 IED로 전달되지 않는다.

[그림 2]는 Data Table과 Mapping Table을 통해 각 통신 모듈 사이의 프로토콜 변환을 위한 기본 동작 메커니즘을 보여준다.

SCADA 호스트에서 RTU와 IBC61850 IED 방향의

데이터 흐름은 SCADA 호스트에서 RTU나 IEC61850 Client로 데이터를 전송하거나 제어할 때 전송된다. SCADA 호스트에서 RTU로 값을 전송하는 경우 DNP Slave 모듈은 Data Table의 해당 포인트의 값을 갱신한다. 이 때 DNP Master 모듈과 IEC61850 Client 모듈은 주기적으로 자신에게 매핑되어 있는 데이터 포인트 중 쓰기가 가능한 포인트를 확인해 갱신되었을 경우 RTU로 해당 값을 전송한다. DNP 요청 중 Cold Restart, Warm Restart, Enable Unsolicited Message, Disable Unsolicited Message와 같이 RTU 제어를 위한 DNP 요청 메시지는 전송프레임에 데이터를 포함하지 않는다. 이런 DNP 요청 메시지가 DNP Slave 모듈로 들어오면 DNP Slave 모듈은 받은 요청 내용을 DNP Master로 직접 전달하고 DNP Master 모듈은 DNP 요청 메시지를 다시 생성해 RTU로 전송한다.



[그림 2] 매핑엔진의 동작 메커니즘

RTU나 IEC61850 Client에서 SCADA 호스트로 전송되는 데이터 흐름은 RTU에서 게이트웨이로 들어오는 DNP 응답 메시지와 신속응답 메시지이다. 이 데이터 흐름에서 실제 취득 포인트의 데이터가 SCADA 호스트로 전송된다. 기본적으로 DNP Slave 모듈은 SCADA 호스트에서 요청한 읽기요청 메시지에 대해 자신의 Mapping Table에 등록된 포인트의 데이터를 읽어 응답 메시지로 응답한다. 그리고 DNP Master와 IEC61850 Client 모듈은 자신의 Mapping Table에 등록된 데이터를 RTU와 IEC61850 IED에 주기적으로 요청하거나 DNP의 신속응답 메시지와 IEC61850 Report를 수신해 Data Table의 값을 갱신한다.

DNP Slave 모듈은 Mapping Table을 참조하여 해당 데이터 포인트가 감시대상으로 등록되어 있다면 신속응답 메시지를 사용해 SCADA 호스트로 갱신된 데이터를 전달한다. 만약 해당 포인트가 감시대상으로 등록되어 있지 않다면 SCADA 호스트에서 읽기요청 메시지가 올 때까지 데이터는 SCADA 호스트로 전송되지 않는다.

## 3. 시스템 구현

### 3.1 구현 환경

본 논문에서 제안된 게이트웨이 시스템은 Windows X P Pro 환경에서 C/C++언어로 개발하였다. DNP 및 IBC61850 프로토콜 관련 메시지 송/수신 모듈 구현을 위

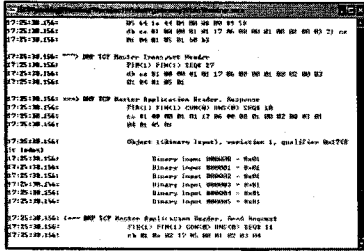
해 Triangle Micro Works 사의 DNP3 Stack Library (version 3.0), SISCO 사의 MMS-BASE Lite(version 5.06)를 각각 사용하였다. 표 1은 제안된 시스템의 H/W 및 S/W 구현 환경을 보여주고 있다.

[표 1] 시스템 구현 환경

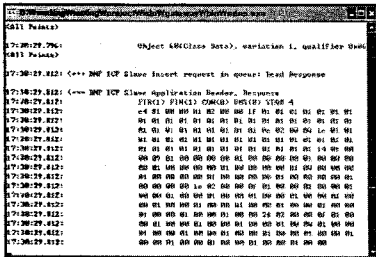
구분	구현 환경
개발 서버	Intel Core2 2.4 GHz, 2G RAM
개발 언어	C/C++
개발 툴	MS Visual Studio (ver 6.0)
통신 프로토콜 스택	DNP3 Stack Lib.(ver 3.0, TMW) MMS-EASE Lite(ver 5.06, SISCO)
운영체제	Windows XP Pro (SP2)

### 3.2 실행 화면

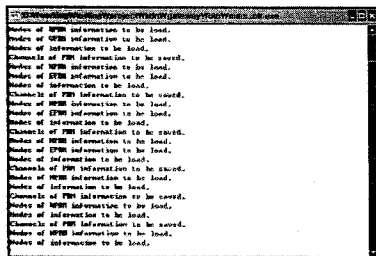
[그림 3.4.5]는 DNP Master, DNP Slave, IBC61850 Client 모듈의 실행화면으로 RTU와 DNP Master, SCADA 호스트와 DNP Slave, IBC61850 IBD와 IBC61850 Client 간 통신 결과를 각각 보여주고 있다. 실행 화면을 통해 통신 연결 상태, 메시지를 송수신한 시간, 메시지의 출발지와 목적지, 메시지 내용, 데이터 값 등의 게이트웨이 시스템 실행결과를 확인할 수 있다.



[그림 3] DNP Master 모듈 실행화면



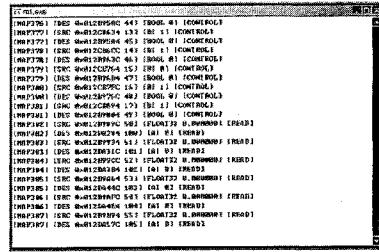
[그림 4] DNP Slave 모듈 실행화면



[그림 5] IBC61850 Client 모듈 실행화면

[그림 6]은 게이트웨이 내부에서 각 통신모듈 간의 데이터 전달 및 프로토콜 변환 과정을 예시하고 있다. 실행 결과를 통해 프로토콜 변환 및 데이터 전달에 관련된 모듈명, Data Table의 주소와 전달되는 값 등에 대한 확인

이 가능하다.



[그림 6] 프로토콜 변환엔진 실행 화면

### 4. 결론

본 연구에서는 기존 DNP 프로토콜 기반의 변전소에서 IEC61850 기반의 IED를 사용하기 위한 게이트웨이 시스템을 설계하고 구현하였다. 상위 SCADA 호스트 시스템과 변전소 내부의 전력설비와의 상태감시/계측/제어 메시지의 성공적인 전달을 위해, DNP Slave 모듈, DNP Master 모듈, IEC61850 Client 모듈, 프로토콜 변환 엔진을 설계하고 구현하였다. 또한, 게이트웨이의 모든 통신모듈은 Data Table과 Mapping Table을 통해 데이터를 공유하며, 프로토콜 송수신 내용과 시스템 상태 등을 Log File에 저장하여 사용자가 통신내용을 분석할 수 있도록 하였다.

향후 연구 과제로서 디지털변전소 환경을 모의하는 테스트베드 구축을 통해 구현된 시스템의 기능 및 성능을 검증하기 위한 추가연구가 필요하다. 또한, 게이트웨이의 환경 설정과 실시간 게이트웨이 상태 감시, 로그 정보 분석을 위한 사용자 인터페이스에 대한 연구도 필요하다.

### [참고 문헌]

- [1] De Mesmaeker, I; Ryttoft, C.; Reinhardt, P, "Protection and Substation Automation Systems: Standardization, Integration and Information Technology", IEEE PowerAprica '07, pp. 1-6, July, 2007.
- [2] Kezunovic, M., "Future trends in protective relaying, substation automation, testing and related standardization", IEEE/PES 2002, Vol. 1, pp598-602, Oct, 2002.
- [3] Kirkman, R, "Development in SubstationAutomation Systems", ISAP 2007, pp. 1-6, Nov, 2007.
- [4] IEC61850, "Communication networks and systems in substations", 2001-2005.
- [5] Mackiewicz, R.E, "Overview of IEC 61850 and Benefits", PSCE 2006, Nov, pp. 623-630, 2006.
- [6] T.S Sidhu, P.K. Gangdharan, "Control and Automation of Power System Substation using IEC61850 Communication", IEEE Conference on Control Application 2005, Aug, pp1331-1336, 2005.
- [7] Xu, Tianqi; Hou, Hui; Yu, Hongwei "Universal Gateway Based on Metadata Modeling, Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE, June, pp. 1-5, 2007