

The Development of IEC61850 Gateway and the Performance Test

우 천 희[†] · 이 보 인^{*}

(Chun-Hee Woo · Bo-In Lee)

Abstract - The IT project for power plants initiated domestically in 2005 necessitates the power equipment facility and the controllers for those to be sufficiently adaptable for automation system for power substations. This implies that the power plants using power equipments must be developed to satisfy the IEC61850 standards. The IEC61850 communication standards that all power equipment and facility and controllers installed in automation system for power substations must follow has had its Parts 3 and Part 4 established as international standard in January 2002 and Part 10 in May 2005, the last to become international standard. Hence all separate parts of the original IEC61850 standard came to be established as international standards. As a consequence, after 2005, in most power substations around the world the IEC61850 standard is being applied and the prominent makers are geared towards manufacturing products to the IEC61850 standard. The IEC61850 is being recognized as an essential standard that must be applied to not only power substations but for automation of power systems and communication systems.

In this research, the Gateway device that connects current SCADA system and IEC61580 based system has been domesticated with Korea's own technology and extensive testing was carried out in order to obtain confidence in its performance.

Key Words : PMS, Gateway, IEC61850, DNP3.0, IED, Type Test

1. 서 론

디지털형 변전소 자동화기술은 전력계통의 보호, 제어, 전 기품질, 설비의 예방진단 및 전력계통 안정화를 위한 미래의 전력 계통운영을 위한 제반 환경에 까지 혁명적인 변화를 예고하고 있다. 그 중심에는 변전소 단위로 디지털화시키기 위하여 변전소자동화시스템과 지능형 제어장치가 있다. 변 전소자동화시스템은 변전소에 분산된 IED(Intelligent Electronic Devices)들의 정보를 공유함으로써 변전소의 전력설비에 대한 감시·제어·계측 및 보호 기능을 수행하고, 변전소 네트워크를 감시하고 관리한다.[1]

특히 IEC61850을 채택한 변전소자동화시스템은 계통 전 반을 감시제어하는 HMI 시스템과 통신의 중추적인 역할을 하는 게이트웨이 장치 및 말단 제어를 담당하는 IED로 구성한다. 게이트웨이 장치는 기본적으로 IEC61850 기반의 IED와 IEC61850에서 정의된 통신 방식으로 정보를 송/수신 해야 하며, 별도의 프로세서로 개방성을 가짐으로써 교체 및 성능개선에 유연해야 하고, 시스템은 향후 장치 확장성에 충

분한 여유를 가질 수 있는 개방형 구조이어야 한다.[2-3]

게이트웨이 장치의 구현을 위해서는 여러 가지 기능적인 측면과 더불어 기존 시스템과의 연계에 필요한 기술적, 운영 적인 측면에서의 요구사항을 만족시켜야 한다. 본 논문에서는 IEC61850 기반의 변전소자동화시스템을 위한 게이트웨이 장치를 제작하였으며, 시제품의 성능시험을 공인기관으로부터 실시하였으며 그 결과를 제시한다.

2. IEC61850 기반 게이트웨이 개발

2.1 시스템 연계성 확보를 위한 게이트웨이의 기능

IEC61850 표준이 적용되더라도 원방감시제어장치(이하 SCADA HOST)나 단말장치(이하 RTU)의 기능 및 운영적 인 측면이 수정될 수는 없다는 가정에서 게이트웨이 장치의 가장 큰 역할은 RTU 및 SCADA HOST 장치와의 연계이 다. 이처럼 게이트웨이는 RTU와 연계 시에는 SCADA HOST처럼 동작해야 하고, SCADA HOST와 연계 시에는 RTU처럼 동작해야한다.

현재 변전소자동화시스템의 표준으로 채택하는 통신 인터 페이스는 한국전력을 비롯하여 DNP3.0으로 규격화 되어 있 다. IEC 61850 규격을 적용하는 변전소자동화시스템은 기존 에 설치된 시스템과 상호호환성이 만족되어야 한다.[4-5] 본 절에서는 게이트웨이가 시스템에 연계되기 위하여 갖추어야 할 사양은 다음과 같다.

[†] 교신저자, 정희원 : 명지전문대학 전기과 교수·공학

E-mail : chwoo@mjc.ac.kr

^{*} 정희원 : (주)유투에스 대표

접수일자 : 2010년 1월 29일

최종완료 : 2010년 2월 18일

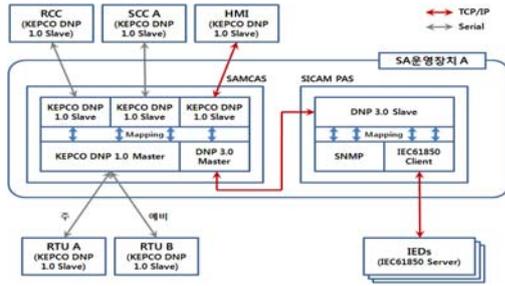


그림 1 게이트웨이를 활용한 변전소자동화시스템 구성도
 Fig. 1 The configuration of substation automation system using Gateway

2.1.1 IEC61850 연계

IEC61850 국제 표준은 IED 및 시스템의 구성에 대한 내용을 기술하기 위한 SCL(Substation Configuration description Language) 구성 파일을 정의하고 있다. SCL 파일은 IED 연계에 필요한 통신 및 정보/서비스 구성내역을 포함하고 있기 때문에, 게이트웨이 장치는 SCL 파일을 내장하여 IED와 통신하기 위한 환경 및 데이터베이스를 쉽게 구성할 수 있는 기능이 요구된다. IEC61850 표준의 파트 8에서는 정보/서비스에 대한 구현을 정의하고 있다. 즉, 어떠한 데이터를 어떻게 송/수신할 것인지에 대한 정의를 하고 있으므로 게이트웨이가 IED와 연계하기 위해서는 표준문서 파트8에 정의된 통신 서비스를 구현해야 한다.

2.1.2 SCADA 연계 (KEPCO DNP 1.0 지원)

한전의 SCADA 시스템은 DNP 3.0 표준을 일부 수정한 KEPCO DNP 1.0 통신 프로토콜을 사용한다. DNP3.0 표준을 크게 벗어나지 않지만, KEPCO DNP 1.0에서 추가 및 변경한 정의들은 반드시 구현되어야 한다.

게이트웨이 장치는 기존 시스템의 추가적인 수정없이 호환되어야 하기 때문에, 기존에 사용되던 통신 프로토콜을 지원해야 한다. RTU와 SCADA HOST로 구성된 SCADA 시스템의 연계는 무인변전소와 같은 환경에서는 매우 중요하다. RTU와 연계 시에는 SCADA HOST처럼 동작하고, SCADA HOST와의 연계 시에는 RTU처럼 동작하여, 기존 시스템과 호환성을 제공해야 한다.

2.1.3 프로토콜간 데이터/서비스 매핑

게이트웨이 장치는 RTU 및 IED로 부터 수신된 정보를 통합하여 저장하고, 통합된 정보는 SCADA HOST 혹은 HMI로 제공될 수 있다. RTU와 SCADA HOST와의 연계는 동일한 통신 프로토콜을 사용하지만, IED는 IEC61850 기반의 통신프로토콜을 사용한다. IEC61850에서의 정보와 기존 SCADA HOST로 제공되는 정보 사이에는 통신 프로토콜 매핑이 수반되어야 한다. 이러한 통신 프로토콜 매핑은 데이터와 통신 서비스 모두에 해당한다. 서로 다른 프로토콜의 매핑이 완벽하게 호환될 수는 없지만, 운영상의 제약이 발생되지 않도록 최대한 매핑되어야 한다.

2.1.4 데이터 매핑

IEC61850 표준에서의 정보 모델을 SCADA HOST에서 사용되는 DNP 정보 모델로 변환해야 한다. IEC 61850의 최

하위 정보에 해당하는 데이터 애트리뷰트(stVal, istMag, mag, q, t)를 DNP 데이터로 적절히 변환해야 한다.

2.1.5 통신 서비스 매핑

DNP에서 일반적으로 사용되는 통신 서비스는 폴링 서비스, Unsolicited Response 서비스, 그리고 컨트롤 서비스이다. 폴링 서비스는 현재의 데이터 값을 요청하고 응답하는 서비스이고, Unsolicited Response는 이벤트 정보를 제공하는 서비스이다. 컨트롤 서비스는 설비를 제어하기 위한 서비스이다. DNP의 폴링 서비스는 IEC61850의 Read 서비스에, Unsolicited 서비스는 IEC61850의 Report 서비스에, 컨트롤 서비스는 IEC61850의 Write 서비스에 매핑될 수 있다.

게이트웨이 장치는 IED로부터 Report 서비스를 통한 메시지를 수신받으면, 이를 Unsolicited Response 서비스로 SCADA HOST 장치에 제공해야 한다. SCADA HOST 장치로부터 SBO(Select Before Operation) 제어 명령을 수신하면, 이를 Write 서비스를 이용하여 IED로 전송해야 한다.

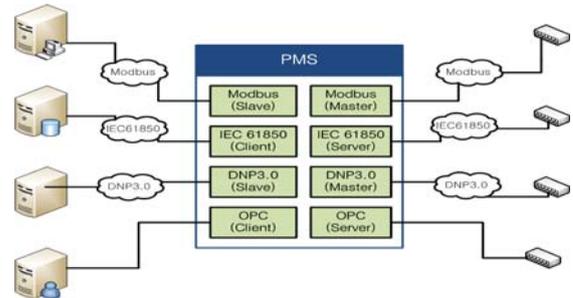


그림 2 IEC61850 기반 게이트웨이 아키텍처
 Fig. 2 The architecture of gateway based on IEC61850

2.2 IEC61850 통신방식을 채택한 게이트웨이 개발

본 연구에서 개발되어진 게이트웨이는 변전소자동화시스템에서 가장 중요한 모듈중의 하나로 Goose 통신 시 발생하는 네트워크 부담을 제어한다. 또한 GIS용 베이 컨트롤러 (Bay Controller)는 제어용 태그(Tag)가 많기 때문에 약 30~50개의 베이 컨트롤러를 내장한 OPC 서버를 이용하여 자유로이 태그 매핑을 할 수 있는 장치를 개발하였다.

- 저 전력 기반 PC급 하드웨어 개발
- Embedded XP 탑재
- 8,000 Tag-용 DB 동기화 알고리즘 개발
- Optic Fiber 100Mbps LAN 이중화 개발
- Legacy 시스템 호환을 위한 Logic-용 Serial 보드 개발

2.2.1 게이트웨이의 하드웨어 사양

본 연구에서 개발되어진 게이트웨이의 하드웨어 사양은 다음과 같다.

- ① Intel Pentium M 1.86GHz 이상 장착 가능
- ② 8 x RS-232/422/485 ISOLATION 적용
- ③ 전면 CF 카드 슬롯
- ④ DOM, IED HDD, SATA HDD 지원
- ⑤ 이중화된 LC 타입 광포트 지원
- ⑥ 전면 통신 상태 표시 LED 지원
- ⑦ 전면 LCD 표시창 지원



그림 3 제작되어진 게이트웨이(AMC-1G) 시제품
Fig. 3 The proto type of gateway(AMC-1G)

2.2.2 IEC61850 S/C 모듈 탑재

전력시스템 PMS에 적용하는 IEC61850 서버 및 클라이언트 모듈을 탑재하기 위한 구성기를 개발하고 이를 효율적으로 운영하기 위한 운영 모듈을 그림 4와 같이 제공하였다.

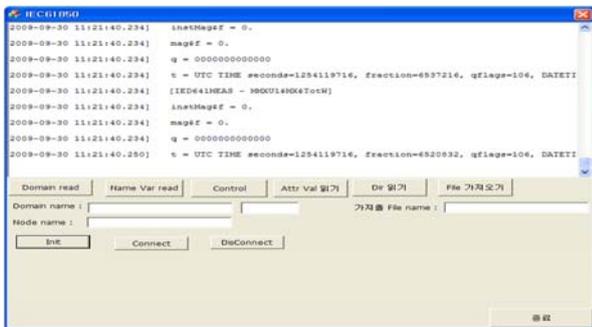


그림 4 IEC61850 모듈 운영 화면
Fig. 4 The operation display of IEC61850 module

2.2.3 Legacy 호환 DNP3.0 모듈 탑재

현재 전력시스템의 표준통신 인터페이스는 한국전력을 비롯하여 DNP3.0으로 규격화 되어 있다. IEC61850 규격을 이용하는 변전소자동화시스템은 Legacy 시스템을 수용하여야 하므로 원하는 포트마다 DNP3.0 Master 및 Slave 모듈을 탑재하여야 한다.

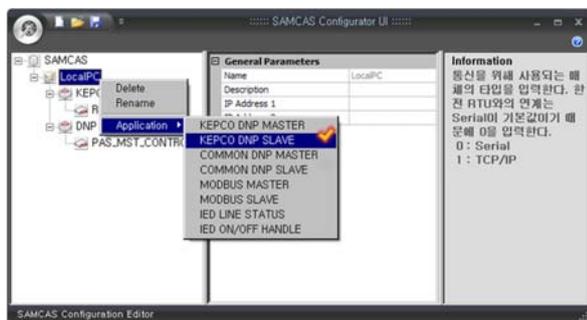


그림 5 DNP 모듈 구성기 화면
Fig. 5 The configuration display for DNP module

본 연구에서는 그림 5에서 처럼 DNP 마스터, 슬레이브(한전 및 일반 민수용)과 모드버스 마스터 및 슬레이브를 설정하는 모듈구성기를 개발하였으며, DNP3.0 모듈을 개발하여 탑재하였다.

3. 게이트웨이의 개발시험

3.1 개발시험을 위한 일반 조건

제작된 게이트웨이의 시제품(AMC-1G)의 성능을 시험하기 위하여 공인인증기관으로부터 개발시험을 수행하였으며, 온도특성시험, 진동시험 및 충격시험을 진행하였다. 개발시험을 위한 일반적인 조건은 표1과 같다.[6-7]

표 1 개발시험조건

Table 1 Standard environmental conditions

항목	내용	비고
대기온도	$25^0 C \pm 10^0 C$	
상대습도	$60\% \pm 10\%$	
대기압력	$960\text{mbar} \pm 100\text{mbar}$	
적용규격	IEC61850-3, IEEE Std 1613	

3.2 온도시험

온도시험은 게이트웨이가 동작하는 상태에서 냉각(cold) 시험, 건조가열(dry heat) 시험 및 주기적 반복가열(damp heat) 시험으로 나누어 시행하였다.

냉각시험은 $-20^0 C \pm 2^0 C$ 에서 16시간 지속하여 게이트웨이 동작에 이상이 없음을 확인하며, 건조가열시험은 $70^0 C \pm 2^0 C$ 에서 마찬가지로 16시간 지속하여 게이트웨이 동작에 이상이 없음을 확인하였다.

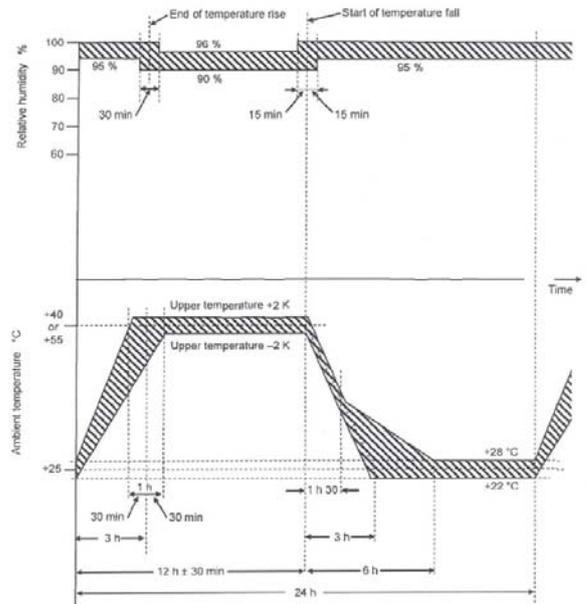


그림 6 Damp Heat 시험을 위한 주기 파형
Fig. 6 The test condition for cyclic damp heat

온도시험 중 가혹한 반복가열시험은 IEC60870-2-2와 IEC60068-2-30에서 정의한 바와 같이 $55^0 C \pm 2^0 C$ 를 최고온도로 설정하여 2주기 동안 시행하였다. 주기적 반복가열시험은 그림 6과 같이 2주기 동안 시행되며, 이 때의 상대습도와 대기온도 변화를 보여준다.[8-9]

3.3 진동시험

진동시험은 IEC60870-2-2와 IEC60068-2-6에서 규정하는 내용으로 게이트웨이가 동작하는 상태에서 표 2의 조건으로 시행하였다.

표 2 진동시험 조건

Table 2 The vibration test conditions

항목	내용
Frequency	2Hz -> 500Hz -> 2Hz
Displacement 또는 Acceleration	2Hz ~ 9Hz : 3mm 10%
	9Hz - 200Hz : 1.0g
	200Hz - 500Hz : 1.5g
Sweep rate	1 oct/min
No. of sweep cycle	1 time in each direction
Direction	x, y, z axis

그림 7은 X축 진동시험을 하기 위하여 시제품을 설치한 사진이며, 그림 8은 진행되어진 진동시험 그래프이다.

3.4 충격시험

충격시험은 IEC60870-2-2와 IEC60068-2-7에서 규정하는 내용으로 게이트웨이가 동작하는 상태에서 표 3의 조건으로 시행하였다.

표 3 충격시험 조건

Table 3 The shock test conditions

항목	내용
Waveform	half-sine
Peak acceleration	30g
Pulse period	11 ms
No. of shock	3 times/each direction(총 18회)
Direction	±(x, y, z) axis



그림 7 진동시험을 위한 시제품 설치 사진
Fig. 7 The picture for the vibration test(x-axis)

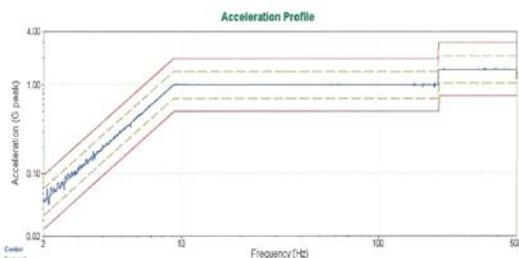


그림 8 진동시험 주기 파형
Fig. 8 The acceleration profile for the vibration test

충격시험은 x, y, z 축에 대하여 정 부 방향으로 각각 3회씩 수행되었으며, 시험 후 시제품의 성능에는 이상이 없었다. 그림 9에서는 충격시험 중 z축으로 시행하기 위해 피시품을 설치한 모습을 보여 주며, 그림 10에서는 정 부 방향으로 실시한 충격시험 파형을 보여준다.

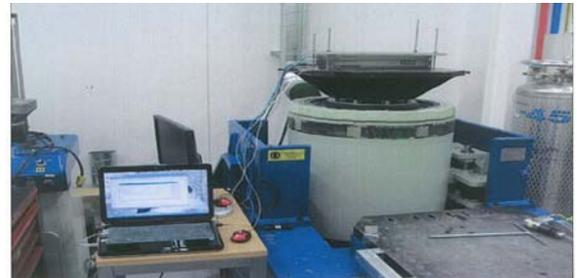
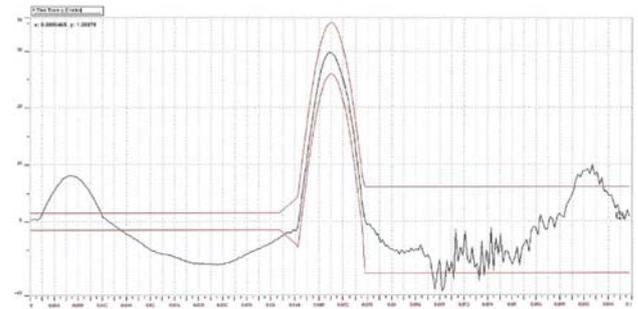
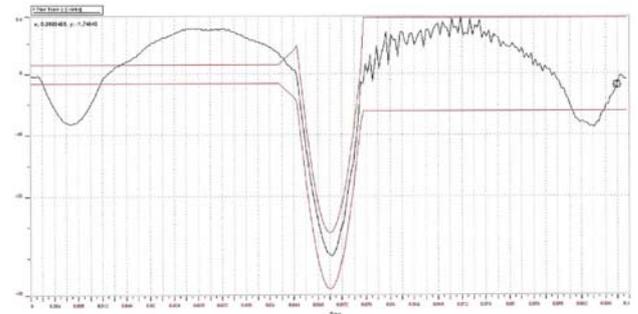


그림 9 충격시험을 위한 시제품 설치 사진
Fig. 9 The picture for the shock test(z-axis)



(a) 정(Positive) 파형



(b) 부(Negative) 파형

그림 10 충격시험 파형
Fig. 10 The wave form for the vibration test

4. 결 론

최근의 디지털형 변전소자동화시스템이 채택하는 IEC 61850 통신규격을 만족하면서 기존의 전력감시시스템을 연계해주는 게이트웨이를 개발하였다. 변전소자동화시스템을 구성하는 HMI 및 각종 IED와 다양한 정보를 공유하기 위하여 개방형 구조로 하드웨어를 설계 제작하였다. 본 연구에서 개발되어진 시제품의 성능을 검증하기 위하여 공인기관으로부터 IEC 규격에 정의한 대로 온도시험, 진동시험 및 충격시험을 성공적으로 진행하였다.

향후 연구에서는 전자파 간섭을 위한 EMC 관련 성능시험이 추가로 진행되어야 하며, 또한 실제 변전소자동화시스템에 적용하기 위해서는 신뢰성을 확보하기 위한 이중화시스템 구성이 필수적이며 이에 따른 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 한전KDN, “송변전분야 전력IT 구현을 위한 IEC61850 기반 변전소자동화 시범사업 보고서”, 2008. 5
- [2] 명지전문대학, “IEC61850기반 GIS용 BC 및 PMS 개발 보고서”, 2007. 11
- [3] 우천희, 이보인, 안형준, “IEC61850 기반 GIS용 Bay Controller의 시제품 제작”, 2008년 대한전기학회 하계 학술대회, 2008.7.16-18
- [4] 우천희, 김정수, 이석배, 오무남, “IEC61850 기반의 Gateway 개발을 위한 이슈에 관한 연구”, 2009년 대한전기학회 하계학술대회논문집, 2009.7.14-17
- [5] 한전일반구매규격, “IEC61850기반 변전소자동화 시스템”, 2006.11
- [6] IEC61850-3, “Communication networks and system in substation, part 3 : General Requirements”, 2002
- [7] IEEE Std 1613, “IEEE Standard Environmental and Testing Requirements for Communication Networking Devices in Electric power Substations”, 2003
- [8] IEC60870, “Telecontrol equipment and systems”, 1995
- [9] IEC60068, “Basic environmental testing procedures”, 1994

저 자 소 개



우 천 희 (禹 天 熙)

1961년 6월 5일생. 1985년 연세대 전기과 졸업. 동 대학원 석사(1993). 동 대학원 전기컴퓨터 공학박사(2000). 1985-1995 현대중공업 중앙연구소 선임연구원. 1995-현재 명지전문대학 전기과 교수.

관심분야: 디지털형 제어시스템, 실시간 제어

Tel : 02-300-1266

Fax : 02-300-1093

E-mail : chwoo@mjc.ac.kr



이 보 인 (李 寶 仁)

1964년 7월 23일생. 1988년 광운대 전자과 졸업. 동 대학원 석사(1990). 1992-2006 현대중공업 중앙연구소 책임연구원 재직. 2006-현재 (주)유투에스 대표이사.

관심분야: IEC61850 기반 SA 시스템, 디지털 계전기 제어

Tel : 031-429-0123

Fax : 031-429-2029

E-mail : bilee@u2s.co.kr