

국내 IED 시작품대상 IEC 61850 통신서비스 성능 검증에 관한 연구

이남호, 장병태
한국전력공사 전력연구원

Study on the performance verification of IEC 61850 communication service on domestic IEDs

N.H LEE, B.T JANG
Korea Electric Power Corporation

Abstract - Korea Electric Power Research Institute has been carried out an IEC 61850 based communication service test on domestic IED trial products developed related to power IT project. This paper describes IEC 61850-10 conformance test and testing items established by UCA international Users Group and this study is on the analysis of testing results from IED communication service with selected testing blocks, which consist of Basic association, Dataset, Reporting and GOOSE.

TICS)와 검사 받을 기기(서버 혹은 클라이언트)의 버전이 일치하는지 검사함으로써 향후 참고 자료로 사용할 수 있다. 구성검사에서는 검사 받을 기기를 SCL(Substation Configuration description Language)과 일로 정의하였을 때 해당 파일이 SCL 문법체계를 따르는지 검사한다. 데이터 모델에서는 기기 간에 서로 통신이 가능하도록 IEC 61850에서 제시한 방식대로 데이터를 정의하는지 검사하고 이를 통하여 기기간 통신 시 주고받는 데이터의 해석이 가능한지를 검사 한다.

1. 서 론

한국전력공사 전력연구원에서는 전력 IT 국가 전략과제인 "차세대 기술기반의 디지털 변전자동화 시스템 개발"을 통해 변전자동화 국제 기술 표준인 IEC 61850이 적용된 IED(Intelligent Electronic Device) 시작품 개발을 완료하였다. IEC 61850 통신서비스를 지원하는 IED의 경우 KEMA와 같은 국제 인증기관을 통해 UCA의 국제전문가모임에서 제정한 14가지 시험항목으로 구성된 통신서비스의 적합성에 대한 인증을 필수적으로 받아야 한다.[1-3] 변전자동화시스템에 국제 단일 규격이 적용됨으로써 가장 큰 변화는 제작사와 관계없이 IED가 상호간에 통신교환이 가능한 상호운용성이 보장된다는 점이다. 또한 기존의 제어케이블에(Hard-wire)에 의한 1대1 방식이 아닌 이더넷 환경 하에서 이루어지는 서버와 클라이언트의 디지털 방식으로 정보교환이 이루어지는 특징을 가지고 있다. 본 논문에서는 IEC 61850-10에서 기술하는 적합성 시험항목을 소개하고 국내 IED가 실증시험을 위해 실 변전소 적용을 위해 반드시 필요한 필수 시험항목을 선정하였다. 또한 국내 IED를 대상으로 선정한 시험항목을 시험하여 그 결과를 분석하고 현재 국내 IED에 개발에 일반적으로 발생하는 오류와 현 시점의 변전자동화시스템의 한계 및 문제점에 대하여 다루고자한다.

2. 본 론

2.1 IEC 61850 적합성 시험

IEC 61850의 기본적 목적은 변전소에서 사용되는 IED(Intelligent Electronic Device)들 간의 상호 운용성을 보장하는데 있다. IEC 61850의 파트 10은 서버 IED에 대해 상호 운용성을 테스트하기 위한 "적합성 검사"를 어떻게 수행하여야 하는지 명시하고 있다. 이러한 적합성 검사를 수행하는 목적은 개별기기의 문제점을 미리 수행하여 시스템 통합과정에서 발생하는 비용과 시간문제를 줄이고자 한다. 따라서 사용자나 시스템 통합자는 사용하는 기기에 대하여 우선적으로 적합성 검사통과 여부를 요구하게 된다.

IEC 61850 적합성 검사는 크게 문서의 버전 검사, 구성(configuration)파일을 이용한 문법 검사, 데이터 모델 및 서비스 모델 검사로 이루어져 있다. 문서검사에서는 제조업체가 제시하는 여러 문서(PICS, MICS, PIXIT,

표 1. IEC 61850 적합성 시험항목

적합성 블록	Mandatory	Conditional
1: 기본 교환	Ass1, Ass2, Ass3, Ass4, AssN1, AssN5, Srv5, SrvN3	AssN6, Srv9, Srv10, Srv8, SrvN1f, Srv6, Srv7, SrvN1e, SrvN2, SrvN3
2: 데이터세트	Ds1, Ds2, Ds4, DsN1	Dset10b, DsetN1b, DsetN16
2+: 데이터세트 정의	Ds5, Ds6, DsN4	DsN5, DsN6
3: 대체	Sub1	Sub2
4: 세팅그룹 선택 (SCL-ConfSG)	Sg1, SgN1a	Sg3
4+: 세팅그룹 정의 (SCL-SGedit)	Sg2, Sg4, SgN1b, SgN2, SgN3, SgN4	
5: 비포팅하지 않는 리포팅	Rp1, Rp2, Rp3, Rp4, Rp6, Rp7, Rp8, Rp9, Rp10, Rp11, RpN1, RpN2, RpN3, RpN8	Rp5, RpN4, RpN5, RpN6, RpN7, RpN9, RpN10, RpN11, RpN12
6: 비포팅하는 리포팅	Br1, Br2, Br3, Br4, Br6, Br7, Br8, Br9, Br10, Br11, Br12, BrN1, BrN2, BrN3, BrN8	Br5, Br13, Br14, BrN4, BrN5, BrN6, BrN7, BrN9, BrN10, BrN11, BrN12
7: 로깅	항후 정의의 뒀	
9a: GOOSE 송신	Gop2-Gop4, Gop7	Gop1, Gop5, Gop6, Gop8, Gop9, GopN1, GopN2
9b: GOOSE 수신	Gos1-Gos3, GosN1-GosN6	
9c: GOOSE 관리	Gom1, GomN1	
12a: 통신보안용 허용한 직접제어	CtlN3, CtlN8, DOns1, DOns3	Ctl2, Ctl7, Ctl4, DOns2, DOns4, DOns5
12b: 통신보안용 허용한 SBO제어	Ctl3, CtlN1, CtlN2, CtlN3, CtlN4, SBOns1, SBOns2	Ctl2, Ctl7, Ctl4, SBOns3, SBOns5, SBOns4, SBOns5
12c: 공급보안용 허용한 직접제어	CtlN3, CtlN8, DOes2, DOes5	Ctl2, Ctl7, Ctl4, DOes1, DOes3, DOes4, CtlN6
12d: 공급보안용 허용한 SBO제어	Ctl3, CtlN1, CtlN2, CtlN3, CtlN4, CtlN9, SBOes1, SBOes2, SBOes3	Ctl2, Ctl7, Ctl4, SBOes4, SBOes5, SBOes7, SBOes6, SBOes7, CtlN6
13 시간 동기화	Tm1, Tm2, TmN1	TmN2
14 파일 전송	Ft1, Ft2ab, Ft4, FtN1ab	Ft3, Ft2c, FtN1c

마지막으로 서비스 모델에서는 검사받을 기기가 IEC 61850 표준에서 제시된 형식으로 서비스를 요청 혹은 응답하는지 검사하고 이는 기기간에 통신 시 인터페이스 역할을 하는 서비스가 IEC 61850 표준에 따름을 보장한다. 표 1과 같은 IEC 61850 적합성 검사를 수행함으로써 이를 통과한 기기는 IEC 61850 기반의 다른 기기와의 상호운용성을 위한 기본 틀을 가지고 있음을 의미하며, 해당 기기의 상호운용성을 보장하려면 네트워크를 연결한 통합시스템에서 검사 시나리오를 따라 검사를 수행해야 한다.

2.2 국내 IED 통신서비스 시험항목 선정

IEC 61850 기반의 변전자동화 시스템은 기본적으로 네트워크상의 통신서비스를 통해 운용되어지는 시스템이다. 상위운용시스템과 변전소의 보호·제어 IED간의 정보 전달은 규격에서 정하는 ACSI를 통해 Client와 Server의 관계로 이루어지며 서버의 역할을 하는 IED는 정보를 제공할 수 있는 리포트 기능을 가져야 하며 이와 연동된 데이터셋의 생성 및 관련 통신서비스를 지원해야 한다. 또한 IED간의 Peer-to-peer 통신을 가능케 하는 GOOSE 메시지의 송수신이 가능해야 한다. 본 연구에서는 IEC 61850-10에서 정하는 적합성 시험항목 중 변전자동화 시스템의 정보전달과 상호운용의 목적을 달성할 수 있는 성능 시험항목을 선정하였다.

첫째, IEC 61850을 지원하는 IED들은 제어케이블(Hard-wired)로 연결되지 않고 네트워크를 통한 정보의 전달이 이루어지기 때문에 디지털 네트워크 상의 서버와 클라이언트간의 논리적 연결 및 해제에 대한 네트워크상의 기본교환에 검사과정이 필요하다. 기본교환 시험의 검사과정을 살펴보면 클라이언트가 연결을 위한 associate서비스와 해제를 위한 release와 abort서비스를 요청할 때 서버가 올바르게 응답하는지 검증하며 클라이언트가 각 IED의 데이터 모델을 요청할 때 서버가 요청에 맞는 응답을 보내는지 검증하는 과정으로 이루어진다.

둘째, IEC 61850을 지원하는 IED는 클라이언트에 리포트를 통한 정보전달 또는 IED간의 GOOSE 메시지 전달 시 데이터셋을 통해 제공하기 때문에 이에 대한 통신서비스의 적합성 시험은 필수적이다. 데이터셋 검사는 클라이언트와 서버 간 연결을 전제로 하여 서버가 데이터셋의 생성, 삭제, 값 취득, 값 설정을 지원하는지 검증하는 것이다.

셋째, 서버와 클라이언트 간 연결이 없는 상태에서 발생한 이벤트를 버퍼의 저장 유무에 따라 구분되는 IED의 Unbuffered 또는 Buffered Reporting을 클라이언트가 설정한 리포트 파라미터를 기반으로 그에 대한 이벤트 발생 시 리포트를 전송하는지 검증하는 것이다. IED의 Unbuffered 또는 Buffered Reporting은 변전자동화시스템의 상위운영시스템이 디지털 변전소의 다양한 정보를 IED로 받아 보여주는 중요한 통신서비스로 IEC 61850 기반의 IED가 리포팅 시험을 통과하지 못한다면 변전자동화시스템의 정보교환 측면에서 심각한 문제를 초래할 수 있다.

마지막으로 IED간에 메시지전달을 위해 IEC 61850에서 규정하는 통신메시지인 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)의 송수신 관계를 시험하는 것이다. GOOSE 통신은 클라이언트와 서버간 요청과 응답관계가 아닌 IED가 네트워크의 가상주소로 GOOSE 메시지를 보내어 상대편 IED가 수신하게 되는 멀티캐스팅형식의 통신방법을 이용한다. GOOSE 메시지는 IEC 61850 기반의 디지털 변전자동화시스템이 기존 변전소와 비교할 때 가장 큰 변화중의 하나이며 요청과 응답관계가 아닌 일방적인 데이터 송신이기 때문에 무엇보다 IED는 규격에 따라 GOOSE 메시지를 전송해야한다. IED의 GOOSE 수신 시험은 가상 GOOSE 생성 프로그램을 이용하여 GOOSE메시지를 전송할 때 시험대상

IED가 GOOSE메시지를 수신하여 IEC 61850규격과 PIXIT문서에 따라 응답하는지 검사한다.

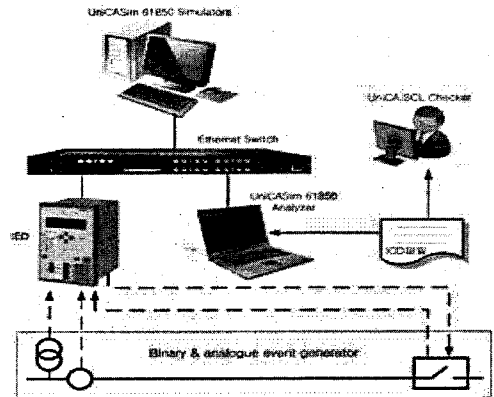


그림 1. IEC 61850 통신서비스 시험환경

IED 61850 통신서비스를 위해서는 그림 1과 같이 시험대상인 IED에 서비스를 요청하고 응답을 분석하는 클라이언트 시뮬레이터, 서버인 IED와 시뮬레이터간의 통신 패킷을 분석하는 통신분석프로그램, IED의 데이터 모델 구현 파일인 ICD와 IED의 Logical Node를 IEC 61850 규격에 따라 분석하는 SCL 분석프로그램으로 시험환경을 구성해야 한다. 클라이언트 시뮬레이터는 IEC 61850-10에서 정하는 IED의 통신 적합성 시험을 수행할 수 있는 프로그램으로서 UCA에서 규정한 시험항목을 컴퓨터 언어인 비주얼 베이직을 사용하여 스크립트로 작성되어 있다. 클라이언트 시뮬레이터는 IED에 MMS 서비스를 요청하고 IED의 응답에 따라 시험결과를 판정하게 된다. 이때 클라이언트 시뮬레이터와 IED간의 통신 메시지 캡처는 별도의 통신 분석프로그램을 사용하게 되며 규격에 따라 IED가 반응하는지를 판정하게 된다. IED의 GOOSE에 대한 발생 및 반응은 별도의 시뮬레이터를 통해 시험하게 되며 결과에 대한 판정은 시험자가 통신 분석프로그램을 통해 수동적으로 하게 된다.

2.3 국내 IED 대상 시험 결과 및 분석

IEC 61850 기반의 디지털 변전자동화시스템에 적용되는 IED의 통신서비스 성능 검증을 위해 기술한 IEC 61850 적합성 시험항목 중 필수항목에 대한 시험을 수행하였다. 다만 GOOSE의 경우 수신항목의 음성부분은 제조사별로 다르게 응답하고 규격에 정의되지 않았기 때문에 제외하였다. 전력IT 과제에서는 현대중공업, LS산전, 효성, 비츠로시스, 씨알시스템, 유성계전, 네오피스, 태광의 국내 기업이 참여하여 배전선로, 변압기, 조상설비, 제어 등의 7개의 IED 시작품이 완성되었고, IED 시작품에 대한 IEC 61850 통신서비스 시험결과는 표 2와 같다. 시험결과 대부분은 IED는 기본적인 IED의 통신정보제공이 가능함을 의미하는 기본교환부분과 레포팅은 통과했다. 하지만 GOOSE의 경우는 기본적인 발생은 지원하지 않던 국제 규격에 따른 GOOSE의 규칙변화에 대한 IED의 수신부분이 바르게 응답하지 않았고 데이터셋에 대한 클라이언트의 잘못된 명령에 대해 규격에서 정의하는 응답과 다른 메시지를 보내는 경우가 많았다. 그림 2는 전력 연구원에 수행중인 IEC 61850 통신서비스 시험 장면이다. 본 과제에 참여하는 참여기업은 본 시험의 결과물을 토대로 IED 시작품을 수정보완 중에 있으며, 시험결과를 토대로 IED에 일반적으로 발생하는 문제점을 분석하여 규격에 근거한 해결방안 및 문제내용은 아래에서 설명하고자 한다.

표 2. IED 시작품 대상 시험 결과

기업	기본교환(14)			데이터셋(26)			레포팅(10/13)			GOOSE(7)			종합 (%)
	성공	실패	성공률	성공	실패	성공률	성공	실패	성공률	성공	실패	성공률	
A	13	1	93%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23%
B	14	0	100%	25	1	96%	10	0	100%	7	0	100%	98%
C	11	3	78%	17	9	53%	10	0	100%	5	2	40%	75%
D	14	0	100%	12	14	46%	10	0	100%	7	0	100%	75%
E	12	2	86%	22	4	85%	10	0	100%	-	-	-	74%
F	12	2	86%	22	4	85%	10	3	77%	2	5	29%	77%

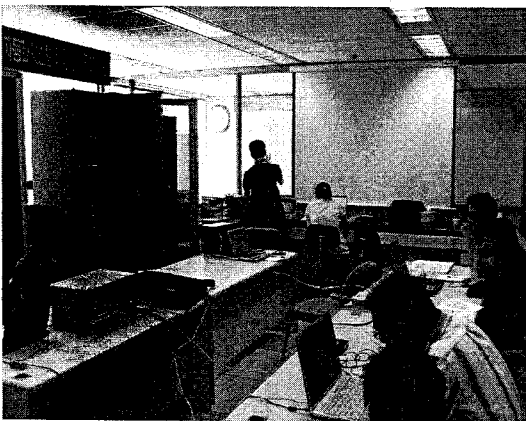


그림 2. IEC 61850 통신서비스 시험

■ 기본교환

기본교환의 경우 IED의 참여기업이 IEC 61850 통신 라이브러리 스택의 설정에 대한 정보를 가지고 있어야 하지만 본 과제의 경우 대다수의 기업이 스택의 기본설정값을 그대로 받아드려 최대 연결 가능한 클라이언트 수, keep alive timeout 등의 설정값을 모르는 경우가 많아 시험에 어려움이 있었다. 각 IED에 대한 기본교환의 설정값 들은 시험을 통하여 확인하였고 이를 바탕으로 참여기업은 IED의 성능기능을 정의하는 문서인 PICS를 완성하였다.

■ 데이터 셋

데이터 셋에서 주로 발생하는 문제점은 클라이언트의 잘못된 명령에 따라 IED가 규격에 따른 오류메시지와 다른 메시지를 보내는 경우가 대부분이 이었다. 이는 IED 개발 시 ACSI와 MMS 매핑을 다루는 IEC 61850-7-2와 8-1에 대한 정확한 이해가 요구되며 현재 국내 IED가 사용하는 라이브러리의 경우 규격에 맞추어 완벽하게 구현되지 않아 부분 수정이 필요로 한다. 데이터셋에 대한 대표적인 IED의 오류는 잘못된 파라미터로 GetDataSetDirectory서비스를 요청하는 경우 규격이 정하는 "object -undefined"(IEC61850 8-1의 표35 참고) 서비스 에러메시지 대신 IED가 "resource other"라는 규격에 없는 서비스 에러 메시지가 발생하는 경우이다.

■ Reporting 시험

본 과제의 IED는 상위시스템으로의 정보제공을 위해 Unbuffered reporting을 기본적으로 지원한다. Unbuffered reporting의 경우 클라이언트의 리포팅을 위한 URCB 설정요청이 가장 중요한 기능인 데 국내 IED

시작품의 경우 규격과 다른 용어로 속성이 정의 되어 있어 설정요청에 오류메시지가 발생되었다. 특히 트리거 조건이 integrity일 때 URCB의 버퍼타임설정이 중요한데 IED규격에서 명시된 BufTm이 아니라 BufTim으로 정의 되어 SetDataValue서비스 요청 시 오류가 발생하는 IED가 상당수였다. 또한 존재하지 않는 데이터셋의 이름으로 데이터 요청 시 서비스 오류메시지로 "invalid-address"에러(IEC6180-8-1 7.1.1.2 표23)가 발생하지 않고 "temporary-unavailable"가 발생하는 경우가 있어 라이브러리의 에러메시지 발생에 관한 소스코드의 수정이 필요하였다. Buffered reporting을 지원하는 IED를 개발하는 참여기업이 옵션필드의 설정치를 몰라 시험을 통하여 IED의 설정치를 확인하여 시험을 수행하는 경우가 있었다. Buffered reporting의 경우 버퍼설정과 관련한 IED의 문제점이 발생하였는데 리포트가 설정된 버퍼시간에 따라 발생하지 않거나 PurgeBuf를 true로 설정했지만 리포트가 버퍼에 남아 있는 경우도 있었다.

■ GOOSE 시험

GOOSE시험에서 가장 어려운 점은 GOOSE의 수신 설정을 위한 IED의 준비에 있었다. 국내 IED의 경우 엔지니어링 툴이 없어 자유로운 GOOSE의 설정이 어렵고 GOOSE의 발생규칙에 대한 참여기업의 이해력 부족과 시험전반에서 수많은 패킷을 분석하여야하는 시간적인 어려움도 수반하였다. GOOSE시험을 통신패킷분석 툴에 의지하다보니 IED의 GOOSE 간격을 1초 정도로 유지하여하고 GOOSE의 APPID는 규격에서 제시하는 값을 따라야 시험 툴이 분석을 할 수 있었다. GOOSE의 경우 sqNum의 생성규칙이 규격과 다른 경우와 GOOSE 메시지의 test, ndsCom 속성이 TRUE일때 IED가 반응하는 경우가 대다수였다.

종합적으로 IED에 발생하는 문제점의 대부분은 변전소의 보호기능의 문제보다는 새로이 디지털변전소에 도입되는 IEC 61850 규격의 통신서비스의 오류였다. 이는 개발자의 IED에 대한 설정에 대한 지식부족과 통신 라이브러리 자체가 가지고 있는 소스코드 상의 에러로 기인하는 경우가 대다수이며, 따라서 개발자의 규격에 대한 이해를 높이고 통신 라이브러리의 업데이트 버전에 대한 빠른 피드백이 필요할 것으로 여겨진다.

3. 결 론

전력IT 과제에 참여하는 참여기업의 IED를 대상으로 한 IEC 61850 통신서비스 성능시험을 토대로 각 IED에 일반적으로 발생하는 문제점을 본 논문과 같이 분석함으로써 국산 IED의 개발 시에 발생하는 공통사항을 사전에 해결하고, 또한 참여기업의 국제규격의 인증과정에서 필요한 비용 감소와 기술 지원이 가능하리라고 기대된다. 하지만 IED가 IEC 61850 통신서비스를 지원하고 인증 또는 본 논문과 같은 성능시험을 통과했다고 해서 완벽하게 변전자동화시스템에서 동작함을 의미하는 것은 아니다. 이는 IEC 61850 통신서비스 시험이 IED가 갖추어야하는 기능 중의 하나 즉 통신과 데이터 모델에 대한 개별 시험(Type Test)이기 때문이다. 변전자동화시스템에 적용되는 IED의 기능을 IEC 61850 기반위에 검증하기 위해서는 보다 광의의 시스템 차원의 시험을 필요로 하며 이에 대한 연구와 기술 확보는 변전자동화시스템의 경쟁력확보와 성공을 위해 매우 중요하다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "시스템 성능검증 및 실증시험 1단계 평가 보고서", 2008.
- [2] 장병태의 4인 " 디지털기술 기반의 차세대 변전시스템 개발", PP.256-257, 대한전기학회 하계학술대회, 2006
- [3] 김상식의 6인 "IEC61850 적합성시험을 위한 QAP", PP.56-57 대한전기학회 하계학술대회, 2006