

변전자동화 클라이언트의 IEC 61850 기본 적합성 시험방안에 관한 연구

(A Study on the Basic Conformance test of IEC 61850 based Client)

이남호 · 장병태 · 김병현 · 심응보

(N.H LEE · B.T Jang · B.H Kim · E.B Shim)

한국전력공사 전력연구원,

Abstract

IEC 61850 based substation automation system mainly consists of human machine interface and a various of IEDs in charge of protective and control functions of the substation. Both of them should require the performance verification of IEC 61850 communication services because their communication relation is the same as client and server throughout the digital network. This paper shows a research result on the testing method of basic communication interface of the IEC 61850 based client, which was implemented by the analysis of real communication between HMI and IED of IEC 61850 based substation automation system and refereed to IED IEC 61850 conformance test procedures.

1. 서론

변전자동화 국제 기술 표준 IEC 61850이 제정된 이후 유럽을 중심으로 다양한 IED(Intelligent Electronic Device)가 양산되고 국내의 경우 2005년부터 진행 중인 전력IT과제를 통해 154kV 변전소에 적용 가능한 IED 시작품 개발이 완료되었다[1-2]. IED에 IEC 61850 통신서비스를 적용할 경우 제조사는 IEC 61850에서 정의하는 통신서비스를 IED가 규정에 맞게 구현했는지를 검증하는 적합성시험을 통과해야만 한다. 즉 KEMA와 같은 국제 인증기관을 통해 UCA의 국제전문가모임(International Users Group)에서 제정한 14가지 IEC 61850 통신서비스 시험항목으로 구성된 적합성 인증을 필수적으로 받아야 한다[3-4].

IEC 61850 기반의 변전자동화시스템은 서버의 입장에 있는 IED와 상대방인 클라이언트의 이더넷 환경 하의 정보교환이 이루어진다. 따라서 국제규격이 적용된 변전자동화시스템의 상호운용성을 보장하기 위해서는 IED에 대한 통신 적합성 시험 뿐만 아니라 클라이언트(상위운영시스템)에 대한 IEC 61850의 통신 서비스의 검증도 반드시 필요하다. 그러나 단순한 IEC 61850 서비스만을 시험하는 IED와 달리 사용자의 요구조건에 따라 통신서비스에 대한 표시가 다양한 상위시스템의 경우 규격화된 적합성 시험방법을 적용하기에는 많은 제약조건이

따를 수밖에 없다. UCA에서도 그 중요성은 인식하지만 아직까지 상위운영시스템에 대한 IEC 61850 적합성 시험절차 초안만이 있을 뿐이고 현재 설계과정에 있는 중이다[5]. 한국전력공사에서는 IED에 대한 IEC 61850 통신서비스 시험에 대한 경험과 기술을 토대로 하여 변전자동화시스템의 클라이언트 적합성 시험방법 및 시스템 개발에 대한 연구를 진행 중에 있으며, 본 논문에서는 상위운영시스템이 IEC 61850 통신서비스를 통하여 IED와 정보교환을 할 수 있음을 검증할 수 있는 클라이언트의 기본 적합성 시험방법에 대해 다루고자 한다.

2. 본론

2.1. IEC 61850 적합성 시험

변전소에서 사용되는 IED들 간의 상호운용성을 보장하기 위하여 IEC 61850의 파트 10은 서버 IED에 대해 상호운용성을 테스트하기 위한 “적합성 검사”를 어떻게 수행하여야 하는지 명시하고 있다. 이러한 적합성 검사를 수행하는 목적은 개별 기기의 문제점을 미리 수행하여 시스템 통합과정에서 발생하는 비용과 시간문제를 줄이는 데 있다. 따라서 사용자나 시스템 통합자는 사용하는 기기에 대하여 우선적으로 적합성 검사통과 여부를 요구하게 된다. 현재까지의 규격에서 정의하는 적합성 검사는 서버의 입장에서 고려하고 있지만 클라이언트의 시험의 구성에 있어서는 일부를 제외하

고는 서버와 동일하게 적용할 수 있다.

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, 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)파일로 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 검사한다. 그러나 클라이언트의 경우는 IED와 달리 내부에 데이터모델이 없기 때문에 이 부분은 생략할 수 있다. 마지막으로 서비스 모델에서는 검사 받을 기기가 IEC 61850 표준에서 제시된 형식으로 서비스를 요청 혹은 응답하는지 검사하고 이는 기기 간에 통신 시 인터페이스 역할을 하는 서비스가 IEC 61850 표준에 따름을 보장한다. 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 UCA 전문가 그룹에서 정의한 검사 시나리오에 따라 검사를 수행해야 한다.

2.2. 기본 적합성 시험 목적 및 작성방법

변전자동화시스템의 상위운영시스템이 클라이언트의 역할을 수행하기 위해서는 서버인 IED와 통신상의 연결과 해제를 자유롭게 할 수 있어야 네트워크 기반으로 변전소의 정보교환이 이루어질 수 있다. IEC 61850 기반의 IED는 서버의 입장에서 자신이 가지고 있는 데이터를 객체화하고 있는 이를 Logical Node(이하 LN)라 한다. LN은 다시 다수의 데이터 객체와 속성으로 구성되어 있는 데 클라이언트 이러한 LN의 정보를 갖고서 IED에 데이터를 요청할 수 있다. 또한 변전자동화 시스템의 핵심 통신 수단인 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)와 리포트를 위한 IED의 데이터셋 설정을 위해서는 클라이언트가 이에 대한 IEC 61850 통신서비스를 요청할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 변전자동화 클라이언트가 IED와의 정보교환을 위한 IEC 61850 통신서비스를 규격에 맞게 요청할 수 있는가와 IED의 양성

응답 또는 부정응답을 인지하여 화면에 표시할 수 있는 능력을 시험할 수 있는 적합성 시험방안을 제시하고자 한다.

시험절차는 UCA에서 규정하는 서버의 시험절차와 클라이언트 시험절차 초안을 참고하였고 클라이언트가 IED에 요청하는 ACSI(Abstract Communication Service Interface)를 정의하는 IEC 61850-7-2와 ACSI와 MMS(Manufacturing Message Specification)의 매핑을 정의하는 IEC 61850-8-1 문서를 토대로 시험방안에 필요한 IEC 61850 통신서비스를 그림 1과 같이 실제 변전자동화시스템의 통신내용을 분석하여 시험절차와 판정방안을 작성하였다.

Time	Dir	Content
1959.31.080	Accl	Request: Associate (
1959.31.085	Accl	Response: Associate (
1959.31.085	Mes	>UniCast: Test A (
1959.31.082	Accl	Request: GOOSEServices: ED: GOOSEPROT: ALMO: DataSet (
1959.31.081	Accl	Error: ServiceError (
1959.31.280	Mes	>MMS: Service error: MMS: Service error
1959.31.520	Accl	Request: UniCast: Error: Received error: SR: 37.041: Access: 701: ServiceError (
1959.31.520	Accl	Request: GOOSEServices: ED: GOOSEPROT: ALMO: DataSet (
1959.31.520	Accl	Error: ServiceError (
1959.31.520	Mes	>MMS: Service error: MMS: Service error
1959.31.587	Mes	>UniCast: Error: Received error: SR: 37.589: Access: 701: ServiceError (
1959.38.102	Accl	Request: GOOSEServices: NOMEAS: TRNG: ALMO: DataSet (
1959.38.102	Accl	Error: ServiceError (
1959.38.102	Mes	>MMS: Service error: MMS: Service error
1959.38.553	Mes	>UniCast: Error: Received error: SR: 38.102: Access: 702: ServiceError (
1959.38.591	Accl	Request: GOOSE: Directory (
1959.38.592	Accl	Response: GOOSE: Directory (

그림 1 IEC 61850 통신 패킷 분석
Fig. 1 Analysis of IEC 61850 communication

2.3. 기본 연결

변전자동화시스템이 IEC 61850 통신을 수행하기 위해서는 클라이언트와 IED가 네트워크에서 서로 연결이 되는 것이 전제되어야 한다. 이에 대한 IEC 61850의 ACSI 서비스는 Associate, Abort, release가 있으며 기본연결에서는 이러한 통신서비스를 가지고 다음과 같은 시험내용이 필요하다.

- 클라이언트와 서버의 연결과 해제(release)를 10회 반복.
 - 클라이언트와 서버의 연결과 해제(Abort)를 10회 반복.
 - 클라이언트가 Access point가 서버와 다른 경우 연결실패에 대한 반응을 확인.
 - 서버의 해제(Abort) 요청에 대한 클라이언트 응답
 - 클라이언트의 연결요청에 대한 서버의 거부 시 클라이언트 동작
 - 통신이 끊어졌을 때의 클라이언트 동작확인
 - 정전으로 인한 클라이언트 전원공급 차단 후 재공급에 대한 동작이상 유무 확인
- 클라이언트의 기본 연결시험을 통해 IED에 대한 통신연결 요청과 IED의 반응에 대한 클라이언

트의 대처능력을 확인할 수 있다.

2.4. 서버요청시험

변전자동화시스템의 클라이언트는 서버인 IED에 데이터모델인 LN과 그에 대한 속성값을 IEC 61850 통신서비스를 요청할 수 있어야하고 또한 데이터에 대한 쓰기 명령을 내릴 수 있어야한다. 클라이언트의 서버요청에 대한 IEC 61850 ACSI는 GetServerDirectory, GetServerDirectory, GetLogicalNodeDirectory, SetDataValues, GetDataDefinition, GetDataValues 등 이 있다. 서버의 적합성 시험의 경우 단순 통신의 응답만 확인했던 것과 다르게 클라이언트의 서버요청시험에 있어서는 서버의 데이터 요청이 사용자의 선택에 따른 값이 ACSI로 규격에 따라 전송되었는지를 확인함과 동시에 서버의 응답을 통해 수신한 데이터 모델을 클라이언트의 GUI(Graphical User Interface)에 보여주는 지를 확인해야 한다는 사실이다. 물론 서버의 부정응답에 대한 클라이언트의 인지능력도 확인해야한다. 클라이언트의 서버요청 시험은 다음과 같다.

- 클라이언트가 서버의 GetServerDirectory (Logical-Device)에 대한 응답에 반응
- 서버의 GetLogicalDeviceDirectory에 대한 클라이언트 반응
- 클라이언트가 서버의 GetLogicalNodeDirectory (Data)에 대한 응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 데이터모델을 특정화면을 통해 표시
- 클라이언트가 서버의 SetDataValues에 대한 응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 Get(ALL)dataValues의 응답을 표시
- 클라이언트가 서버의 GetLogicalNodeDirectory (Data)/GetDataDefinition에 대한 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetDataValues(Data)에 대한 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 SetDataValues(Data)에 대한 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetDataValues(quality data)에 대한 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetDataValues(Time quality)에 대한 부정응답에 반응

아래 표 1은 본 연구에서 제시하는 시험절차 template를 사용하여 클라이언트 서버요청 시험항목 중 한 사례에 대한 상세 시험절차서를 보여준다. 시험절차서는 IEC 61850 기반 변전자동화시스템 구현을 위한 클라이언트의 필수기능 여부에 따

라 시험역시 필수와 선택을 구분하였으며 실제 클라이언트와 IED간의 동작 및 서비스과정을 분석하여 시험시나리오를 작성하였다. 시험 판정은 시험목적에 부합하고 클라이언트의 ACSI 요청과 응답에 대한 반응을 IEC 61850 규격과 PIXIT에 따라 이루어지는 확인하여 성공과 실패를 판정할 수 있도록 설명하였다.

표 1 클라이언트 서버요청시험절차 예
Table 1 An example of Server request test of the client

시험명	클라이언트가 서버의 SetdataValues에 대한 응답에 반응한다.	필수/선택	중요도	선택
cSrv6		중요	중	
시험시나리오	<ol style="list-style-type: none"> 1. 클라이언트와 서버 한 개를 실행시킨다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 설명 - 변경할 data와 타입을 선택하라고 설명 - data값을 어떻게 변경할 것인지를 기록하라고 설명(예 : 변경전:1 -> 변경후:2) 2. 클라이언트가 서버에 Associate를 요청하고 서버가 응답한다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 서버 응답 패킷 캡처 후 log (서비스 성공 실패 보여주기) 3. 클라이언트가 SetdataValues 요청한다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 설명후 시험자가 클라이언트 동작 (선택된 Data(LN)값변경 없으면 확인 메시지) - 톨 클라이언트 SetdataValues 서비스 패킷 캡처 후 해당 data의 쓰기 서비스를 요청했는지 log 4. 서버가 클라이언트의 요청에 응답한다. 5. 클라이언트가 GetdataValues 요청한다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 설명후 시험자가 클라이언트 동작 6. 서버가 클라이언트의 요청에 응답한다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 서버 응답 패킷 캡처 후 값이 변경후 값으로 변경되었는지 확인 후 log (서비스 성공 실패 보여주기) 7. 클라이언트가 서버로부터 받은 data 값이 변경되었는지를 확인한다(C1). <ul style="list-style-type: none"> - 톨은 클라이언트가 서버로부터 받은 data 디렉토리 리스트를 확인하라고 설명 8. 클라이언트가 서버에 Release를 요청하고 서버가 응답한다. <ul style="list-style-type: none"> - 톨 서버 응답 패킷 캡처 후 log (서비스 성공 실패 보여주기) 9. 시험 톨이 판정한다. 			
시험설정				<ul style="list-style-type: none"> - 시험항목 선택 - 클라이언트가 요청할 data 선택(SCD parsing 한 것 중 LD/LN 리스트 보여주기(이때 FC=CF인 것만 리스트로 보여주기)) - 클라이언트 LN값 보여주기(C1)
판정결과				톨의 판정조건을 자동 및 수동으로 확인하여 성공실패 보여주기
판정조건	성공			<ol style="list-style-type: none"> 2. 서버 응답 확인 3. 클라이언트 서비스 요청 확인 6. 서버의 data값이 변경되었는지 확인 7. 클라이언트의 data값이 변경되었는지 확인
	실패			<ol style="list-style-type: none"> 2. Associate 서비스 패킷 없음 4. 서버가 서비스에러 응답(IEC 61850-8-1 Table 23) 6. 서버의 data값이 변경 안됨 8. 클라이언트의 data값이 변경 안됨
-참고규격 : IEC 61850-7-2 10.4.3, IEC 61850-8-1 13.2.2, PIXIT				

2.4. 데이터셋시험

데이터셋은 IED에 구현된 LN의 데이터들을 사용목적에 따라 그룹화 한 것으로 데이터셋 적합성 시험은 클라이언트와 서버간의 연결을 전제로 하여 이루어지는 시험이다. 변전자동화시스템의 리포트, 로그, GOOSE 서비스를 위한 기본토대인 데이터셋에 대한 클라이언트의 IED에 대한 ACSI 서

비스 요청과 응답에 대한 반응은 매우 중요하며 특히 엔지니어링과정에 있어 클라이언트와 IED간에 정보가 달라 클라이언트가 부정응답을 수신할 수 있어 이에 대한 검증은 반드시 필요하다고 여겨진다. 관련된 IEC 61850 통신 서비스는

GetLogicalNodeDirectory(Dataset), CreateDataSet DeleteDataSet 등이 있다. 클라이언트의 데이터셋 시험은 다음과 같다.

- 클라이언트가 서버의 GetLogicalNodeDirectory (DataSet)에 대한 응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetDataSetDirectory에 대한 응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetDataSetValues 양성 응답/부정응답 표시
- 클라이언트가 서버의 SetDataSetValues에 대한 양성응답/부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 GetLogicalNodeDirectory (DataSet)/GetDataSetDirectory에 대한 부정응답에 반응
- 클라이언트가 Dataset(영속성/비영속성)을 만들기 위한 CreateDataset 서비스를 요청하고 서버의 응답에 반응
- 클라이언트가 Dataset(영속성/비영속성)에 대한 DeleteDataset 서비스를 요청하고 서버의 응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 최대 생성 Dataset(영속성/비영속성) 수 이상으로 CreateDataset 서비스를 요청하고 서버의 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 Dataset(영속성/비영속성)에 최대생성가능 데이터멤버 수 이상으로 CreateDataset 서비스를 요청하고 서버의 부정응답에 반응
- 클라이언트가 서버의 Dataset(영속성/비영속성)에 서버가 없는 데이터멤버의 CreateDataset 서비스를 요청하고 서버의 부정응답에 반응
- 클라이언트가 RCB와 연결된 영속성 Dataset에 DeleteDataset 서비스를 요청하고 서버의 부정응답에 반응

2.2 클라이언트 적합성 시험시스템

상위운영시스템의 IEC 61850 클라이언트 기본 적합성 시험을 위한 시험시스템은 그림 2와같이 구성된다. 피시험기기(상위운영시스템)인 클라이언트의 데이터 요청에 응답하는 가상서버는 다수가 존재해야한다. 이는 클라이언트가 가지고 있는 엔지니어링 파일과 다른 데이터모델로 구현된 가상서버가 각 시험절차에 맞게 클라이언트의 요청

에 규격에 규정되어 있는 부정응답을 해야 하기 때문이다. 서버인 IED 적합성 시험시스템은 시험 검증과 함께 변전자동화시스템의 한 축인 클라이언트를 담당하지만 클라이언트의 적합성 시험시스템은 클라이언트와 서버가 존재한 상태에서 중간의 통신서비스의 내용분석과 시험자의 시각적 판단을 통해 이루어지게 된다. 따라서 클라이언트의 적합성 시험시스템은 상위시스템의 IEC 61850 서비스 요청과 가상서버의 응답을 네트워크 상에서 전송되는 패킷을 통해 분석할 수 있는 트래픽 분석기를 필요로 한다.

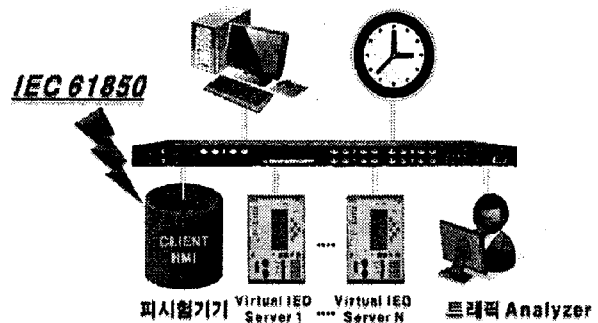


그림 2 클라이언트 적합성 시험시스템
Fig. 2 Client Conformance Testing System

3. 결론

IEC 61850기반 변전자동화시스템의 가장 중요한 구성요소인 IED와 상위시스템은 클라이언트와 서버의 관계를 가지고 상호간 네트워크 기반의 통신서비스를 통해 변전소의 보호·제어·감시·계측 기능을 수행하게 되며, IEC 61850 통신서비스 규격에 대한 검증을 통해 제품간의 상호운용성을 보장받을 수 있게 된다. 본 논문에서 제시한 클라이언트의 기본적합성 시험방안은 변전자동화시스템의 신뢰도 향상과 호환성을 위해 국제인증 또는 사용자인 전력회사의 성능시험을 요구하는 현시점에서 클라이언트 시험에 대한 초석이 될 것으로 여겨진다.

참고 문헌

- [1] Juergen Holbach, Julio Rodriguez, Craig Wester, Drew Baigent, Lars Frisk, Steven kunsman and Luc Hossenlopp "Status on the First IEC 61850 Based Protection and Control, Multi-Vendor Project in the United States", TVA 500kV project Report, 2007
- [2] 한국전력공사, "시스템 성능검증 및 실증시험 1단계 평가 보고서", 지식경제부, 2008.
- [3] IEC 61850-10, Communication network and systems in substation- Part10: Conformance Testing, IEC2004
- [4] Conformance Test Procedures for Server Devices with IEC 61850-8-1 interface Revision 2.2, UCA IUG, 2008
- [5] Conformance Test Procedures for Server Devices with IEC 61850-8-1 interface Revision 2.2, UCA IUG, 2008