

IEC 61850기반의 변전소 자동화 시스템을 위한 적합성 검사

김용원*, 송은식*, 김상식*, 장혁수*, 장병태**, 정길조**, 양효식***
 * 명지대학교 컴퓨터소프트웨어학과, ** 한전 전력연구원, *** 경남대학교 전기.전자공학과

Conformance Testing for IEC 61850 based Substation Automation System

Yong Won Kim*, Un Sik Song*, Sang Sik Kim*, Hyuk Soo Jang*, Byung Tae Jang**, Kil Cho Jung**, Hyo Sik Yang***
 * Dept. of Computer Software, Myong-ji Univ., ** Power System Lab KEPRI, *** Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kyung-nam Univ.

Abstract - IEC 61850 기반의 변전소 자동화 시스템 구축을 위하여 현재 여러 제조업체에서 IED 개발이 이루어지고 있다. IEC 61850-10에서는 개발된 IED가 IEC 61850 국제표준을 만족하는지 검증하고자 하는 적합성 검사(Conformance Testing)에 대하여 기술한다.

본 논문은 IEC 61850-10에서 제시하는 적합성 검사에 대하여 기술하며, 이를 보완하기 위한 UCA IUG(International Users Group)의 역할에 대하여 언급한다.

1. 서 론

변전소 자동화 시스템을 구성하는 기기들이 IEC 61850 국제표준을 따르는가에 대한 적합성을 검증하고 이러한 적합성 검증활동을 통하여 기기들 간의 상호운용성을 증대시키기 위해 IEC 61850-10에서는 보호/제어 IED 같이 서버 형태의 기기에 대해 적합성 검사를 정의하였다. 적합성 검사란 주어진 입력에 따라 표준에서 정의한 출력이 나오는지를 검사하는 것으로써 주어지는 입력과 예상되는 출력의 내용이 IEC 61850의 적합성 검사내용으로 기술된다. 사용자가 원하는 출력은 IEC 61850의 표준을 수용하였는지 여부를 검사하는 것이며 사용자가 추가로 요구한 내용이 이행되었는지에 대한 검사가 추가될 수 있다.

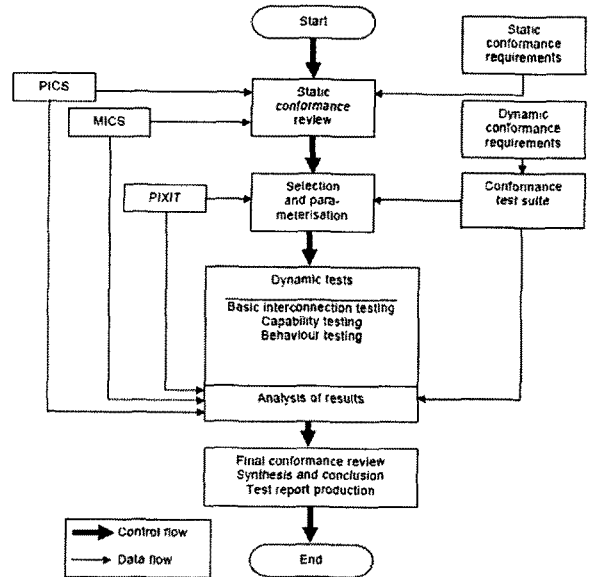
적합성 검사를 하기 위해 검사할 내용 및 대상을 명시하는 것뿐만 아니라 어떻게 검사할 것인가 하는 것도 중요한데 IEC 61850-10의 내용으로는 부족하고 UCA IUG의 검사절차에 대한 문서에 상세히 수록되어 있다. 또한 검사할 내용과 검사 세부절차가 표준을 준수하고 이에 따라 검사가 완료된 제품이라 할지라도 이를 일반 사용자가 인정하기 위해서는 국제적으로 신뢰성 있고 공정한 검사기관이 있어야 하는데 UCA IUG가 자발적으로 검사 인증기관을 선정하고 사용자, 제조업자 및 컨설턴트 등 모든 관련 당사자에게 적합성 검사에 관련된 세부 검사내용과 절차를 피드백하여 개선책을 찾게 함으로써 지속적인 품질향상이 가능하게 하는 QAP(Quality Assurance program)을 운영하고 있다.

2. 본 론

2.1 적합성 검사

IEC 61850-10의 적합성 검사란 IED들로 이루어진 시스템이 IEC 61850 표준을 준수하는지를 검사하는 것을 의미하며, 이는 IEC 61850에서 정의된 기기들의 인터페이스 기능에 대한 검사가 핵심내용이라는 것을 뜻한다. 따라서 IEC 61850-10의 적합성 검사는 통신에 관련된 타입검사에 국한되고, FAT(Factory Acceptance Test)나 SAT(Site Acceptance Test)를 대신하지 않는다.

적합성 검사는 검사하고자 하는 장비 (DUT: Device Under Test)의 능력을 실증하는 행위로 IEC 61850 표준에 따라 미리 정해진 방식에 의해 다른 IED와 동작이 되는지를 확인하는 것이다. 적합성 검사를 진행하기 위한 검사절차는 일련의 절차를 기술하고 있으며 검사하고자 하는 장비가 실제 사용되는 어플리케이션 프로그램에서의 역할과 요구되는 성능수준이 검사하는 대상이 된다. 적합성 검사는 제조업자가 제공한 PICS(프로토콜 구현 적합성 명세표), PIXIT(검사를 위한 프로토콜 구현 추가 정보) 및 MICS(모델 구현 적합성 명세표)에서 확인되는 능력을 토대로 장치별로 수행된다. PICS는 정적 적합성 요구사항(Static Conformance Requirement)과 동적 적합성 요구사항(Dynamic Conformance Requirement)으로 나누어지는데, 이는 적합성 요구에 적절한 검사가 수행되도록 보장하고, 정적 적합성의 검토에 관한 근거를 제공하고자 하는 등의 목적을 갖는다. 그리고 MICS는 시스템이나 장치로부터 제공되는 세부적인 데이터의 객체 모델요소를 제공하며, IEC 61850-6에 따라 SCD(Substation Configuration Description)파일에서 구현된다. PICS에서 명시하지 않은 "setup"과 연결에 관련한 PIXIT 문서가 추가적으로 제공되어야 한다. 전체적인 적합성의 평가 과정은 그림 1에서 볼 수 있다.

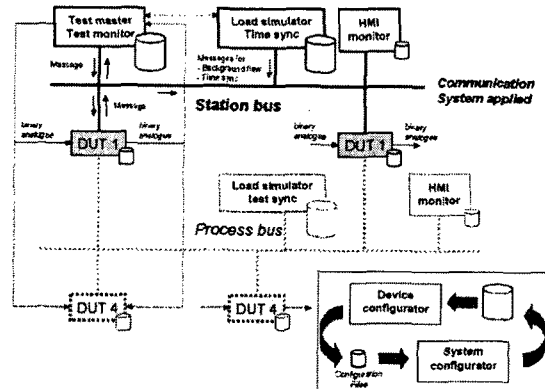


〈그림 1〉 적합성 평가 과정 개념도

2.1.1 장치 적합성 검사

장치 적합성 검사는 검사하고자 하는 장치(DUT)가 IEC 61850에서 정의된 인터페이스 기능에 적합한지 검사한다. 장치 적합성 검사는 문서작성과 버전관리, 구성파일, 데이터 모델, ACSI 모델과 서비스의 매핑에 대한 검사로 구성되며, 이러한 장치 적합성 검사의 절차는 IEC 61850-10에서 제시하는 추상적인 사례를 이용하여 무엇을 어떻게 검사해야 하는지 알 수 있다.

모든 제품에 대하여 적용될 수 있는 상호운용성 검사는 있을 수 없으므로 검사개념은 검사장치, 구성 및 검사 시나리오를 포함해야 하며, 사전에 적합하게 정의된 검사 사례를 이용하여 설정이 변경될 수 있는 동작을 검사해야 한다. 검사 사례는 무엇을 검사해야 하는지 설명하고, 검사 절차는 어떻게 검사를 수행해야 하는지 설명한다. 검사 결과는 재연이 가능하여야 하며, FAT 및 SAT에서 수행하지 못하는 상황에 중점을 두어야 한다. ACSI 검사는 어플리케이션 계층 서비스에 중점을 둔다. 또한, 검사하고자 하는 장비에서 사용하는 통신 방법(클라이언트-서버, GOOSE)에 따른 영향을 적절히 고려해야 한다.



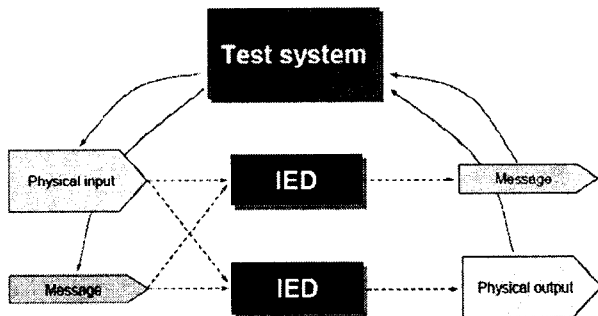
〈그림 2〉 검사 시스템 구조 개념

검사 시스템의 구조는 그림 2에서 나타내었으며, 서버 IED에 대한 검사 사례는 다음의 항목과 같다.

- 문서작성과 버전관리(IEC 61850-4)
- 구성파일(IEC 61850-6)
- 데이터 모델(IEC 61850-7-3, -4)
- ACSI 모델과 서비스의 매핑(IEC 61850-7-2에 해당하는 SCSM)
 - 어플리케이션 결합
 - 서버, Logical Device, Logical Node, 데이터 모델
 - 대체(substitution)
 - 설정(setting) 그룹 제어
 - 리포트
 - 로그
 - 일반적인 변전소 이벤트
 - Sampled Values 전송
 - 제어
 - 시간과 시간 동기화
 - 파일 전송
 - 조합(combinations)

2.1.2 성능 검사

IEC 61850-5는 변전소 자동화 시스템 환경에서 운영되는 어플리케이션에 대한 성능 요구사항을 제공하며 통신지연시간, 시간 동기화 및 정확도로 분류된다. 통신지연시간은 IEC 61850-5의 13.4절에서 정의하고 있으며, 전송 장치 프로세스에서 수신 장치의 프로세스까지 메시지를 전달하는데 필요한 시간을 의미한다. 전송시간에는 처리 지연(processing delay)¹⁾, 큐잉 지연(queueing delay)²⁾, 채널 속도 등에 따른 시간 및 전파지연(Propagation delay)³⁾ 요소가 포함되는데 처리 지연과 큐잉 지연은 IED의 입/출력 시간에 영향을 미치고 채널 속도에 따른 시간과 전파 지연은 네트워크에 필요한 시간과 연관된다. IED에서 측정되는 성능 측정법은 프로세스 값을 전달하는데 사용되는 IEC 61850 서비스에 따라 달라지며, 기본 메커니즘(GOOSE, GSSE, SV, 보고 및 제어)을 정의하는데 각각의 측정된 출력(입력) 대기시간은 IEC 61850-5의 13.7절에서 해당하는 메시지 형식에 대해 정의된 총 전송시간의 40% 이하여야 한다. 성능 검사의 방법은 그림 3에서 나타내었으며, 그림에서와 같이 검사 시스템은 IED에게 트리거(물리적 입력) 시퀀스를 보내고 그에 따라 IED에서 생성된 메시지에 대해 시간이 얼마나 지연이 되었는지 측정함으로써 출력하는데 걸린 시간을 측정한다. 평균 대기시간과 표준편차는 전역 입력 트리거에 대한 응답으로 산출한다.

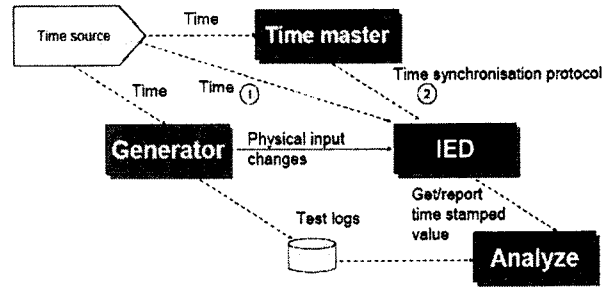


〈그림 3〉 성능 검사(블랙박스 원리)

시간 동기화는 외부에서 IED에 직접 시간 소스를 제공하지 않을 경우 시간 동기화 프로토콜을 이용하여 IED 클럭 값을 동기화시킨다. 변전소 네트워크를 통해 각 장치에 시간 동기화를 수행하는 동안, 정밀한 시간 소스를 가지는 하나의 IED가 시간 동기화 마스터로써 작동하며, 같은 형태의 두 번째 IED는 시간 동기화 마스터의 백업 역할을 한다. 시간 동기화 마스터 IED의 시간 소스는 대개 외부 소스로 제공된다.

시간 정확도에 대한 성능 측정법은 IED가 가지고 있는 타임스탬프 정보가 얼마나 정확한지에 대한 척도를 나타낸다. 시간 동기화 및 정확도 검사 설정은 그림 4에서 나타내었다. 시간 동기화를 검사하기 위해서는 데이터를 변경하는 기능과 시간 동기화 마스터 기능으로 구성되는 검사 시스템이 필요하고 이러한 각 기능은 동일한 외부 클럭 소스에 연결된다. 데이터를 변경하는 기능은 IED에서 이벤트를 트리거하고, 이때 각 이벤트에 대해 정확한 시간이 기록된다. 검사 시스템 분석 기능은 IED로부터 각 이벤트의 타임스탬프를 가져와서 이를 기록된 이벤트 생성시간(Test logs)과 비교한다.

1) 패킷의 헤더를 조사하고 패킷의 경로를 결정하는 등에 걸리는 시간이다. 처리지연은 보통 μs (microsecond)가 걸린다.
 2) 네트워크 링크 상에 패킷을 송수신하는 과정에서 큐를 통과하는데 걸리는 시간이다. 큐잉지연은 보통 ms 혹은 μs 가 걸린다.
 3) 물리적인 매체(광섬유, 동축케이블, 쌍선포인선 등)를 통해서 비트(bit)가 전달될 때 걸리는 시간이다. 전파 지연은 링크 거리/링크 속도에 의해서 표현되고 보통 ms가 걸린다.



〈그림 4〉 시간 동기화와 정확도 검사 설정

첫 번째 정확도 측정은 테스트 시스템에서 사용된 동일한 외부 소스로부터 직접 시간을 받는 IED를 가지고 이루어진다. 시간 동기화가 완료된 후에, 천여번의 변경 이벤트 시퀀스가 발생되어야 하고, 이벤트 시간과 가지는 타임스탬프 차이에 대한 평균과 표준편차를 산출한다. 두 번째 정확도 측정은 테스트 시스템에서 타임 마스터 기능을 통해 시간 동기화 프로토콜을 이용한 IED를 가지고 이루어진다. 시간 동기화와 완료된 후 천여번의 변경 이벤트 시퀀스가 발생되어야 하고, 이벤트 시간과 가지는 타임스탬프 차이에 대한 평균과 표준편차를 산출한다. 시간 동기화 프로토콜은 이벤트 시퀀스를 수행하고 있는 동안 요청되면 시간 동기화 프로토콜을 이용한 시간 동기화가 완료되는 동안에는 시퀀스가 인터럽트된다.

2.2 UCA IUG

본 논문에서 기술된 바와 같이 IEC 61850-10에서는 적합성 검사의 방법을 제시하지만 구체적인 검사방법의 제시는 미흡하다. 이러한 부분을 UCA IUG가 보완하는데, UCA IUG는 표준을 만들지는 않으나 표준기구나 긴밀히 협조하여 기술전수, 문제해결 및 제품구현을 돕는 역할을 한다. 또한, 품질보증 프로그램(QAP: Quality Assurance Program)을 운영하여 IEC 61850 기반의 제품검사 및 검사시스템 공인을 지원한다. QAP는 제품검사 및 검사시스템의 공인을 위한 요구사항과 구체적인 행동요령에 대해 절차, 지침 및 필수사항을 기술하고 있으며, 또한 인증된 제품목록을 관리하고 검사센터의 선정 및 검사절차의 운용에 있어서 사용자와 제조업자를 돕는다. 이를 통하여 검사센터, 검사 시스템 및 관련 국제표준의 지속적인 개선을 가져온다. 또한, UCA IUG는 QAP에 참여하고 있는 검사기관의 감사(Audits)를 기획하고 수행할 수 있으며, 감사에 관련된 문서나 정보를 각 수준에 따른 비문서로 분류하여 UCA IUG 회원들에게 배포한다. 감사에 관련된 모든 정보는 보안 지침에 따라 UCA IUG 회원들 사이에서만 공유되며, 사설 포럼(Private Forum)의 경우는 오직 해당 위원회나 WG(Working Group)의 회원만이 열람이 가능하다.

3. 결 론

IEC 61850-10에서는 IEC 61850 기반으로 개발된 IED에 대한 적합성 검사에 대한 방법이 기술되어 있다. 하지만, IEC 61850-10에서는 무엇을 검사하는지에 대해 추상적인 방식으로 서술하고 있을 뿐, 어떻게 검사하는지에 대한 구체적인 방법의 제시는 부족하다. 이를 보완하기 위하여 UCA IUG에서는 IEC 61850 기반의 장치 또는 시스템의 검사절차 및 검사방법을 제시하며, QAP를 운영하여 피드백을 통한 지속적인 문제해결과 품질개선을 수행한다. 본 논문에서는 IEC 61850-10에서 제시하는 적합성 검사의 내용, 검사대상 및 방법에 대하여 기술하였으며, 이를 보완하는 UCA IUG의 역할에 대하여 설명하였다.

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업인 전력IT 기술개발 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC, "INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850"
- [2] UCA International Users Group, <http://www.ucausersgroup.org>