

배전자동화시스템의 프로토콜인 DNP 적합성 연구

• 김명수, 이상윤, 고상천, 윤명용
한국전력공사 전력연구원

A Study on the DNP Compliance Test for Distribution Automation System

• Myong-Soo Kim, Sang-Yoon Lee, Sang-Chon Ko, Myong-Yong Yoon
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - Recent work within the DNP work group has resulted in the proposal, DNP 3.0, as the informative interface for distribution automation systems. This proposed standard embodies the generic principles developed and used within generic protocol. This paper describes a compliance test procedure specifically for Distribution Automation System, practical experience.

1. 서 론

국내 배전자동화시스템은 1998년에 이어, 1999년에 전국적으로 확대·적용되고 있다. 배전자동화시스템에 사용되는 통신프로토콜은 DNP(Distributed Network Protocol)이며, 이를 국내 실정에 맞게 적용하고 있다. 현재 배전자동화시스템 보급에 다양한 업체가 참여하고 있으며, 각 업체에서 만든 프로토콜에 대한 적합성 테스트를 수행하여, 기기호환성에 초점을 맞추어야 할 때이다. 현재는 DNP 적합성 테스트에 대한 절차서가 국내에는 없는 실정이다. 이에 전력연구원에서는 국내 배전자동화시스템 실정에 맞는 DNP 적합성 테스트 절차를 기술적으로 분석하여 작성, 적용하고 있다. 전력연구원에서 적합성 테스트를 수행한 결과, 다양한 문제점이 발생하였고, 이를 개선하여 시스템의 안정성을 높이는데 기여하였다. 본 논문에서는 적합성 테스트를 하기 위한 환경 및 조건, 절차 등을 기술하고자 한다.

2. 적합성 시험 준비 사항

2.1 시험 준비 사항

프로토콜을 테스트 하고자 할 경우, 먼저 해당되는 프로토콜을 완전히 이해하여야 한다. DNP의 경우, 기본적인 프로토콜 사양서가 4가지로 구분되어 있는데, 이를 DNP Basic 4 Documentation 이라고 한다. 이의 구성은 Data Link Layer, Transport Function, Application Layer, Data Object Library 로 구성되어있다. 각각의 문서들이 포함하고 있는 내용은 아래 표 1과 같다[1][2].

<표 1> DNP의 Core Documentation과 내용

문서	비교	내용	해당되는 OSI Layer
Data Object Library		응용계층에 사용되는 정보요소 정의	User Process
Application Layer		-응용계층 서비스 데이터 유닛 - 응용 서비스 Function	Application Layer
Transport Function		- Frame의 Assemble / Disassemble	Transport 일부
Data Link Layer		-프레임 포맷 -데이터링크서비스 -데이터링크전송절차 -물리적전송 정의	Data Link Physical

이 4가지 문서를 완벽히 이해한 후에 한가지 더 숙지하여야 하는 문서가 있는데, DNP를 처음 접하는 대부분의 사람들이 이를 빠뜨리는 경우가 있다. 이 문서의 이름은 DNP Subset Definitions 이다. 여기에는 DNP 구현시, 제공되는 Object의 범위와 기능, Qualifier코드 등을 명시해 놓았다[3]. 따라서, Subset Definitions를 개발하고자 하는 시스템에 정확히 적용하여야 개발 초기의 혼란을 막을 수 있다. 배전자동화시스템의 경우, Subset Level 2로 정의하여 개발·사용 중에 있다.

2.1.1 Device Profile의 숙지

DNP를 적용하여 개발에 입하는 개발업체는 해당 기기에 대한 DNP 적용 규칙을 명시하여야 하는데, 정해진 포맷에 맞추어 정확히 작성토록 되어있다. Device Profile은 주장치 또는 단말장치에 각각 하나씩 작성하도록 되어있고, Device Profile을 면밀히 검토하여 테스트 수행절차를 작성하여야 한다. 또한, Device Profile 외에 제공되는 Object List(Implementation Table), 계측 및 제어포인트를 정의한 Point Definition의 문서를 함께 숙지하여, 전체적으로 규격이 정확히 작성되었는지 여부를 검토하여야 한다.

2.1.2 IED Certification Procedure 숙지

DNP Work Group은 DNP에 대한 구현의 적합성 테스트를 위하여 IED(Intelligent Electronic Device) Certification Procedure를 작성하여 배포하였다. 각각은 Subset Level 1, 2, 3로 구분되며, 해당되는 Level을 선택하여 이를 완전히 숙지하여야 한다. 각 상위 Level일수록 제공하는 기능이 줄어들고 소규모 시스템에 적합하도록 작성되어있다[4].

2.2 절차서 작성

절차서를 작성하기 전에 계측, 제어, 설정 등의 포인트에 대하여 정확히 인지한 후, 작성하여야 한다.

2.2.1 주장치

주장치를 테스트하기 위한 절차서를 작성할 경우, MMI 화면에서 실제 동작하는 아이콘으로 수행하도록 작성하면 다양한 테스트를 수행하기 어려우나, 사용자 입장에서 필요한 테스트이다. 그러므로, 실제화면에서 테스트하기 위한 절차와 그 외에 S/W 적으로 프로토콜만 테스트하는 절차로 나누어 두 가지로 작성하여야 한다.

2.2.2 단말장치

단말장치를 테스트하기 위하여, 해당되는 포인트를 정확히 검토하여야 한다. 설정값의 경우, 설정되면 안되는 값의 범위를 파악하고, 지원되는 Object와 해당되는 Qualifier를 사전에 점검하여 테스트 절차서에 명시해야 한다. 정의되지 않은 Object로 응답하는지 여부를 검사하기 위해 다양한 Object 및 기능들을 추가하여 절차서를 작성하여야 한다.

2.3 테스트 환경 설정 및 방법 선택

테스트를 시작하기 전에 현재 구현된 시스템의 물리적 통신을 이해하여, Baud Rate, Device Address, Remote Device Address, Fragment Size 의 기본적인 4가지 환경을 맞추어 주어야 한다. 실제 시스템이 모델을 사용할 경우 모델에 연결하여 테스트하는 것이 효율적이며 부득이한 경우 직접 연결하여 테스트할 수 있다. 이럴 경우에는 통신테스트를 별도로 하여야 하지만, 프로토콜 테스트만 수행할 경우, 문제는 되지 않는다[5].

테스트 방법은 세가지로 분류할 수 있는데, 주장치 테스트를 하기위한 RTU(Remote Terminal Unit) 모드, 단말장치 테스트를 위한 Master 모드, 두 가지를 동시에 수행 할 수 있는 Monitor 모드이다. 모니터 모드로 테스트를 수행하기 전에, RTU와 Master 모드로 먼저 테스트를 수행하여 주장치와 단말장치의 문제점을 개선하는 것이 효율적인 테스트 방법이다. 모니터 모드로 바로 테스트할 경우, RTU와 Master 에서 모두 호환성의 문제가 발생되면 테스트하기가 용이하지 않다.

2.3.1 RTU 테스트 모드

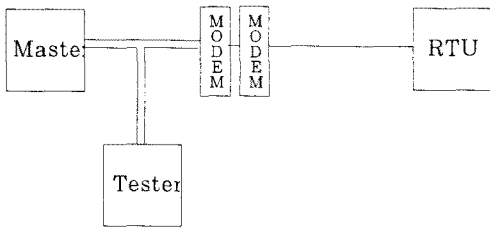
RTU 단독으로 테스트 할 경우 사용하는 모드로서, 시험장비가 Master로 작동하여 RTU의 프로토콜 적합성을 테스트하기 위해 사용한다.

2.3.2 Master 테스트 모드

Master 단독으로 테스트 할 경우 사용하는 모드로서, 시험장비가 RTU로 작동하여 Master의 프로토콜 적합성을 테스트하기 위해 사용한다.

2.3.3 Monitor 모드

Master와 RTU를 동시에 테스트할 경우 사용하는 모드로써, 시험장비를 Master와 RTU 중간에 연결하여 상호간의 통신프로토콜 및 흐름을 검사하여 정의된 프로토콜로 통신을 하는지 여부를 판단하기 위해 사용한다. Monitor 모드는 RTU 및 Master 모드로 테스트를 한 후에 사용하면 효율적인 테스트가 된다. 모니터모드의 구성도를 그림 1에 나타내었다. 그림 1은 Master 쪽에 테스터를 접속시켜 구성하였다.

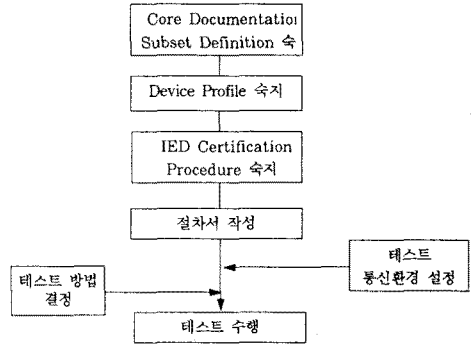


〈그림 1〉 모니터 모드의 구성

2.4 테스트 장비의 선택

프로토콜을 분석하기 위해서 DNP 사양에 맞추어 프로토콜 분석기를 구현하여도 되지만, 증명된 프로토콜 테스트 장비를 구입하여 사용하는 것이 바람직하다. 개발한 프로토콜 테스트 장비가 적합성에 어긋나게 구현되어 있을 수 있다. 실제로 테스트를 수행해본 결과, 업체에서 개발한 프로토콜 분석기에 문제가 있는 것으로 나타난 적이 있다. 현재 DNP 프로토콜 분석기를 구현하여 판매하고 있는 곳은 전세계적으로 6개 업체이며, 국내에 들어온 장비는 Protocol Technology Inc. 의 APTI를 한국전기연구소에서 구비하고 있으며, Applied System Engineering 의 ASE2000을 한국전력공사 전력연구원에서 보유하고 있다. APTI는 물리적인 통신선

의 이상상태 파악을 위해 Protocol Analyser를 별도로 설치하여 분석하여야 하는 단점이 있는 반면에, ASE2000은 물리적 통신회선을 실시간으로 모니터링하여 회선이상여부를 즉시 알 수 있는 장점이 있다. 테스트장비를 면밀히 조사하여 선택하였다면, 실제 테스트에 들어가면 된다. 이상과 같이 테스트를 수행하기 전에 수행하여야하는 절차를 나타내었다. 이를 그림 2에 도시하였다. 다음 장에서는 테스트 항목 및 실제 수행결과에 대한 내용에 대하여 언급하고자 한다.



〈그림 2〉 테스트 수행을 위한 순서도

3. 테스트의 수행

3.1 한전의 소규모 배전자동화시스템

한전의 배전자동화시스템은 대규모시스템과 소규모시스템으로 구분할 수 있다. 1997년부터 소규모시스템에 대한 전국시행이 16개 사업소에 설치하는 것으로 시작되었다. 1999년 하반기에 DNP를 탑재한 소규모시스템이 전국 51개 사업소의 개폐기 약 5,000대를 대상으로 확대시행 중에 있으며 투자비만 400억원에 달한다[6]. 단말기 제조업체는 3개 업체가 참여하였으며, 주장은 1개 업체가 참여하였다. 이에 설치전 문제점을 해결하기 위한 일환으로 한전 배전처의 의뢰로 DNP 적합성 테스트를 전력연구원 주관하에 실시하게 되었다.

3.2 소규모 배전자동화시스템에 적용되는 DNP 사양

지원되는 DNP 레벨은 2 이며, 클래스별 Unsolicited Response Enable/Disable 기능과 Delta Counter가 추가로 지원된다. 감시채어 포인트는 총 69 포인트이며, Binary Input 24 포인트, Analog Input 26 포인트, 제어 4 포인트, 설정 11 포인트, 카운터 4 포인트로 구성되어 있다. Device Profile을 표 2에 간략히 나타내었다.

IED Certification Procedure를 근거로 하여 절차서를 아래와 같이 작성하고, 테스트를 수행하였다[7].

- 1) Binary Input/Output, Analog Input/Output, Counter의 각 포인트에 대하여, Implementation table(제작업체에서 제공)에 정의된 Object와 Qualifier로 Read 시험을 수행
- 2) 정의되지 않은 포인트와 Object, Qualifier로 Read를 수행하여 에러처리 시험 수행
- 3) 제어포인트에 대하여, SBO, DO 시험을 수행.
- 4) SBO는 Select 후 Time Out 시간이 지난후 Operate 명령을 송출하여, 이에 대응하는지를 시험
- 5) SBO 포인트에 대하여, DO 시험
- 6) 정의되지 않은 포인트 제어 시험
- 7) 설정 포인트에 대한 설정시험, 설정시험을 할 경우, 설정범위를 넘어선 값을 Setting 하여, 이에 대한 처리를 적절히 하는지 파악
- 8) Event 발생하여, Unsolicited Response 확인
- 9) Integrated poll을 수행하여 전체 데이터가 전부다

올라오는지 확인

10) Reset 후, 초기화 절차가 정상적인가를 확인

<표 2> 소규모 배전자동화시스템의 Device Profile 요약

항목	정의
Highest DNP Level Supported	Level 2
Max. Data Link Frame Size	292 Bytes
Max. Application Fragment Size	2048 Bytes
Max. Data Link Re-tries	Configurable, range 0 to 2
Max. Application Layer Re-tries	
Requires Data Link Layer Confirmation	Configurable by Setting
Requires Application Layer Confirmation	When reporting Event Data
Timeouts while waiting for	Data Link confirm : configurable Complete Appl. Fragment : none Appl. Confirm : configurable Compleat Appl. Response : none
Sends/Executes Control Operations	Always -Select/operate -Direct operate -Direct operate no ack -Pulse On Others are Never
Reports Binary Input Change Events no specific variation requested	Configurable to send both, or the other
Reports time-tagged Binary Input Change Events when no specific variation requested	Binary Input change With time
Sends Unsolicited Responses	Enable/Disable Unsolicited : Function codes supported
Sends Static Data in Unsolicited Responses	Never
Sends Multi-Fragment Responses	NO

3.3 시험결과 분석

프로토콜 적합성 시험을 수행시, 고려해야 하는 점은 기능의 정확한 동작에 초점을 맞추는 것이 아니라, 기능 동작이 되었을 경우, DNP 에서 제시하는 적합한 절차에 의해 기능 동작이 되었는 가를 판단하여야 한다. 기능은 정확히 구현하였는데, 그 절차가 DNP 에 따르지 않았다면 해당되는 기기는 DNP 에 적합하지 않은 기기가 되는 것이다. 그러므로, 송수신되는 프레임은 Capture하여 프레임의 면밀히 분석하여야 한다. 실제 소규모배전자동화시스템에 대한 적합성 시험을 실시한 결과, 기능은 정확히 구현하였지만, 송수신 되는 프레임은 DNP 에 적합하지 않은 것이 많이 발견되었다. 특히, DNP Supported level에 정의된 모든 Object와 Qualifier를 만족시키지 않고, Default로 하나의 Object와 Qualifier만을 사용한 예가 많았는데, 이는 Implementation Table에 어긋나는 것으로 Level이 틀린 DNP를 구현한 결과를 초래하게 되었다. 그림 3은 모니터모드로 주장치와 단말장치간의 Analog Input 에 대한 Read 명령을 Capture 한 화면이다. 주장치에서는 Read 명령을 수행하고, 그 값을 정상적으로 Display 하였지만, 자세히 들여다보면 총 26개의 포인트 중 16개의 포인트만 올려주고 나머지는 올리지 않은 것을 알 수 있다[8].

```
tx M65534->R02 SND TH:LF19 AH:LF-03 FC:Response
Object 0 = Analog Inputs (All Var).All Points
05 64 0b d3 02 00 fe ff c6 01
d3 c3 01 1e 00 06 d1 a6

rx M65534<-R02 ACK
05 64 05 00 fe ff 02 00 0f 51

rx M65534<-R02 SNR TH:LF00 AH:LF-03 FC:Response
Object 0 = 16 bit Analog input w/ flags.Points 0 to 2.
Found 16 Points
05 64 41 44 fe ff 02 00 be 0e
c0 c3 81 00 00 1e 02 01 00 00 19 00 01 00 00 01 b5
00 00 01 00 00 01 00 00 01 28 00 01 78 00 01 46 03
00 01 3c 00 01 14 00 01 14 00 01 00 00 01 00 00 8a
01 00 00 01 00 00 01 00 00 01 00 00 86 61
```

<그림 3> Read 명령에 의한 Analog Input 취득 화면

단말장치(Addr. 02)에서의 문제점은 프레임 헤더에는 전송하는 데이터가 26(0x00~0x19)개 라고 명시하고 16개의 포인트만 전송하였다. 주장치(Addr. 65534)에서는 프레임 헤더에 명시된 26개 포인트라는 것을 인식하고, 16개의 포인트만 값을 취득하였는데도, 16개의 포인트값은 정상적으로 화면에 나타내주고, 나머지 10개의 포인트값은 이전 값으로 Display하고 정상적으로 종료하였다.

그림 3은 테스트의 일부를 나타낸 것으로써, 이와 유사한 오류가 몇몇 또 발생하였다. 이외에 초기 DNP 사양을 작성시 고려하여야 하는 것이 몇 가지 있다. IIN bit의 Device Trouble Bit의 Setting 조건, 현재 상태에 대한 동일 상태 제어시 처리절차, Event Data Clear 시점, 단말장치 Restart 시 전송되는 데이터 등이다. 적합성 테스트를 수행하기 전에, Device Profile, Implementation Table, Index Table, 기능 사양 등을 정확히 작성하였는가를 판단하여 만약 사양에 문제가 있을 경우, 이를 먼저 수정하여 기기에 반영후, 테스트한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

DNP를 적용한 소규모 배전자동화시스템에 대하여 다양한 시험을 수행하였지만, 초기에 본 논문에서 제시한 수행절차가 없어서, 몇 번의 시행착오를 겪게 되었다. 1차 시험에서 시험해 보지 못한 항목이 2차 시험시, 오류로 발견된 경우도 생겼다. 적합성 시험은 여러번에 걸쳐 수행하면 가장 좋은 결과가 나오겠지만, 최초의 시험으로 최대의 효과를 보기 위해서는 정형화된 수행절차를 통해 시험을 하는 것이 효율적이라고 할 수 있다. 현재는 이러한 오류에 대한 조치가 이루어져 최종 시험을 진행 중에 있다.

4. 결 론

프로토콜은 통신기기 양단에 공통으로 적용되는 것으로써, 어느 한쪽이라도 잘못 구현해 놓으면 정상적인 통신이 될 수 없다. 특히, 배전자동화시스템과 같이 전력 자동화통신시스템에서의 통신프로토콜의 구현은 일반 시스템보다 더욱더 완벽하게 구현해야 할 필요성이 있다. DNP는 국제적으로 산업표준용 프로토콜로 사용중에 있으므로, 이를 정확히 구현하고 구현한 시스템에 대한 적합성 시험을 본 논문에서 제시한 절차에 의해 수행한다면, 외국시장에서 경쟁력을 갖는 시스템이 되리라 판단된다. 앞으로 추진해야할 사항으로는 전력연구원서 수행하고 있는 신 배전자동화시스템에 적용된 DNP에 대한 시험절차서를 작성하고, 이를 시험하는 것이다. 기본적으로 DNP를 적용한 시스템의 시험 절차의 골격은 일치하며, 포인트에 대한 정의와 Device Profile에 명시된 일부 기능에 차이가 있다.

<참 고 문 헌>

- [1] DNP Users Group, "DNP V3.00 Spec.", 1995
- [2] Carl LaPlace 외 2, "Utility Communication Protocol Standardization", Transmission and Distribution Conference, pp341-pp361, 1994
- [3] DNP Users Group, "DNP V3.00 Subset Definitions", P009-01G.SUB, 1995
- [4] DNP Users Group, "DNP V3.00 Intelligent Electronic Device(IED) Certification Procedure Subset Level 2", 1999
- [5] Jim Coats, "Comparison of DNP and IEC 870-5-101", DA/DSM 97, 1997
- [6] 최태일, "배전선로자동화 추진계획", 배전선로자동화 Work Shop, pp14, 1999
- [7] 김명수, "소규모배전자동화용 프로토콜 적합성 절차서", pp1-pp2, 1999
- [8] 김명수, "소규모배전자동화용 프로토콜 적합성 결과보고서", pp1-pp3, 1999