

전력자동화 통신프로토콜 표준화 동향

김명수\*, 김수배, 임용훈, 현덕화, 김충환  
한국전력공사

The Survey for Communication Protocols adopted by Automation Systems

Myongsoo Kim\*, Yonghun Lim, Duckhwa Hyun, Chunghwan Kim  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - Power Companies worldwide are undergoing tremendous change in the Automation issues. It becomes a worldwide trend that the power utilities focus their attention to the automation of their power plants and substation systems, employing recent advanced communication protocols.

In this paper, we discuss the standard communication protocols which can be applied in the automation systems to help utilities reduce their operation and maintenance costs while at the same time meeting new requirements for communications to RTUs and intelligent electronic devices(IEDs). Especially, we introduce IEC 61850 protocol which is developing for international standard by IEC.

1. 서 론

전력자동화용 통신프로토콜은 전세계적으로 DNP3.0 (Distributed Network Protocol 3.0), UCA2.0 (Utility Communication Architecture 2.0), IEC 60870 (International Electrotechnical Commission) 등 다양하게 사용되고 있지만, 최근 IEC 에서 전력자동화용 통신프로토콜 표준화 작업을 진행하여 IEC 61850의 표준 규격중 1파트(인증절차)를 제외하고, 제정 공포하였다. 전력자동화는 전력계통운영에 있어서 중요한 신호 전달 체계로서 사용되고 있으며, 이에 다양한 자동화통신프로토콜이 채용되고 있다. 본 논문에서는 기존 전력자동화 통신프로토콜과의 비교, 최근 표준화되고 있는 IEC 61850의 분석 및 장단점을 요약하고 IEC 61850에 대하여 개략적인 설명을 하고자 한다.

2. 제어통신용 통신프로토콜 요구사항

많은 논문에서 제어통신용 통신프로토콜의 요구사항에 대하여 서술하고 있지만, '짧은 응답시간', '잡음환경에서 통신가능', '저속네트워크에서 통신가능' 등의 세가지로 요약되고 있다. 또 다른 중요 요소로는 실시간통신이 가능한 통신프로토콜이며, 일반적인 SCADA 시스템의 실시간 요구사항은 0.1초~5 초 이다. DNP3.0, UCA2.0, IEC 60870, IEC 61850 등의 전력자동화 프로토콜이 상기의 요구조건을 만족하며 개방성 및 실시간성을 기본으로 개발되었다.

한국전력공사는 전력의 안정적 공급을 위하여 그림 1과 같이 다양한 자동화시스템을 설치 운영중에 있으며, 수 년전부터 신뢰성, 유지보수 측면을 고려하여 지능형 게이트웨이의 개발과 이에 적절한 통신프로토콜을 연구하여 왔다. 1999년에 배전자동화 및 변전자동화시스템에 DNP3.0을 적용하여 전 사업소에 확대하고 있는 상황이지만, 현재 외국의 상황은 한국전력공사의 상황과는 다른방향으로 진행되고 있는 실정이다.

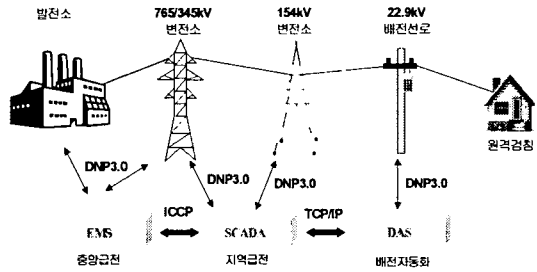


그림 1 한국전력공사의 자동화시스템 구성도 및 사용되는 프로토콜

3. 표준화된 전력자동화 통신프로토콜

DNP3.0과 IEC 60870은 산업표준으로 검증이 완료되었고, 지난 수 년 동안 자동화시장에서 안정적인 동작으로 그 기술을 입증받고 있다. 이 프로토콜들은 같은 응용 시스템내에서 상호 기간 다른 업체간에도 호환성을 갖는 특성을 가지고 있으며, 인증시험을 위한 절차 및 시험기가 존재하고 있다[1]. 표 1에 두개의 프로토콜을 분석하였다.

표 1 IEC60870 과 DNP 3.0의 비교

Protocols	IEC60870 5	DNP3.0
Layer		
Physical	RS 232/485	RS 232/485
Addressing	Single Slave	Source, Destination
DataLink	IS 60870 1 FT1.2	CD 60870 1 FT3
Network	None	None
Transport	Flow Control(1)	Flow Control(15)
Session	None	None
Presentation	IEC60870-4	DNP
Application	IEC60870 5	DNP

UCA 2.0은 1990년 중반에, 전력회사 및 유틸리티회사에서 사용가능한 통신 요구사항을 만족하는 프레임워크로서 EPRI에서 개발이 시작되어, 변전소 및 SCADA 시스템의 다양한 기능들을 수용, 일반적인 통신절차 및 각 기능간의 개체 정의를 수행하였다. 그 중 UCA 2.0에서 정의된 변전소 자동화시스템용 스택을 그림 2에 도시하였다. 응용계층에는 기존에 사용되던 MMS를 채용하여 호환성을 중시하였으며, 사용자 데이터에는 GOOSE를 포함한 변전자동화시스템 및 기기에 대한 일반적인 모델을 나열하여, 개발의 용이성과 유지보수의 편리성을 도모하였다.

UCA 2.0은 차세대 변전소를 구현하기 위한, 초고속, N:N 통신의 네트워킹이 가능하고 기존 통신프로토콜을 수용할 수 있는 통신 프로토콜을 표방하며 출현하였고, 표준적이고 일반적인 데이터객체를 정의하여 사용자 데이터

간의 상호동작성(Interoperability)을 추가하였다[2].

General Model for Substation and Field Equipment - including GOOSE	
Manufacturing Messaging Specification	
ICP/IP	ISO
Ethernet	

Model Layer

User Data

Application

Network

Physical

그림 2 UCA의 변전자동화 Profile

표 2에 UCA 2.0과 DNP 3.0을 비교하였다[3]. DNP의 가장 큰 강점은 User Group이 매우 활발히 활동하는 것이다. DNP의 기능적인 측면은 DNP User Group에 의해 점점 더 증가되는 추세에 있고, 다양한 기능들이 도출 되고 있어서, 현재 사용되는 DNP의 기능들은 향후 DNP의 부가기능이 될 전망이다.

표 2 UCA와 DNP 비교

	UCA	DNP
다수 응용 지원	가능(어플리케이션의 집합)	불가능(단일 어플리케이션)
응용분야	다양한 자동화에 응용	SCADA에 기초
통신속도 요구사항	> 4800bps	속도요구사항 없음(지속)
Addressing	Physical and Logical	Physical
Data Access by Name	가능	불가능
Object Models	Device Models	Point List Model
시장점유율	5%	35%
Working Group	2001년 설립	활발함

그림 3에 보듯이, DNP는 현재 UCA 보다 훨씬 더 시장점유율이 높지만, UCA가 미국의 주요 전력회사에서 실증시험 및 확대적용 일로를 거치고 있고, 또한, 많은 전력회사에서 UCA를 적용하기를 희망하고 있는 실정이다[4].



■ DNP  
□ UCA

그림 3 전력자동화프로토콜의 시장점유율

#### 4. IEC 61850

이러한 자동화 통신프로토콜이 사용되어오다가, 다양한 문제점에 의해 IEC 61850 이 출현하게 되었다. 첫 번째로 기존의 통신프로토콜이 기기간 상호호환이 가능하다고 하였지만, 실제로는 업체별, 응용서비스별로 호환성 문제가 대두되었고, 두 번째로 기기의 기능 추가 등에 따른 높은 프로토콜 변경 교체 비용, 세 번째로 기기 오류에 대한 신뢰성이 확보되어있지 않았고, 마지막으로 단말기의 잦은 기능변경에 의한 통신프로토콜 유지보수 비용이 증가하게 되었다.

IEC 61850은 변전소 자동화를 위한 기능들을 일반적 모델화하는 것에 기초를 두어, 표준화된 인터페이스(논리

적노드, Logical Node:LN)을 정의하여 상기에 나열한 단점들을 단번에 극복하게 되었다. 논리적노드를 통하여 상호기간 통신이 가능하며 현재 약 90여개의 논리적 노드를 표준으로 정의하였다[5].

그림 4에 변전소 차단기의 논리적 노드의 정의 예를 나타내었다. 그림 4에서 차단기는 XCBR, 제어를 위한 데이터 노드는 CSWI(CSWI의 세부 항목으로 차단기 상태, 이름, 차단기 투개방 정도 등이 나열되어있다), 데이터취득을 위한 데이터 노드는 XCTR, XVTR 등이 사용되고 있다. 논리적 노드로 데이터를 구분하게 되면 완벽한 Plug&Play가 지원되게 되어 IED간 호환이 가능하게 된다.

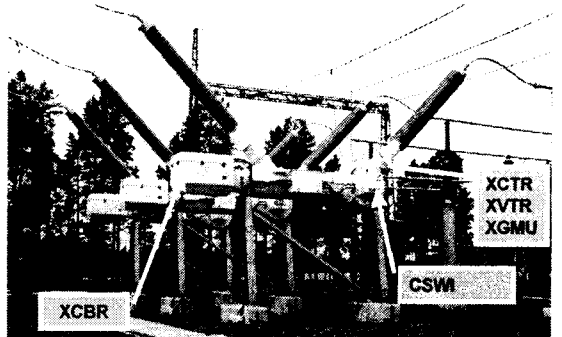


그림 4 논리적 노드의 예

그림 5 는 IED와 논리적노드의 예이다. 차단기를 동작하기 위한 데이터인 CSWI, XCBR 의 교환으로 이루어지는데, 차단기의 개방을 위해 개방명령이 CSWI로 송신되고 통신선을 통해 XCBR로 입력되어 개방되게 된다.

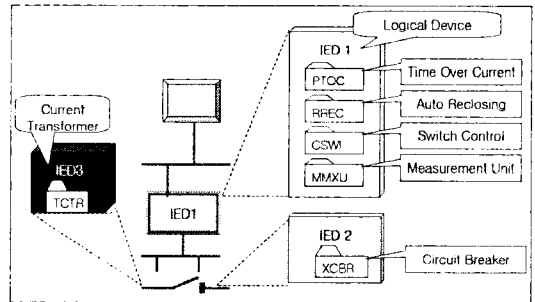


그림 5 차단기 개방을 위한 논리적 노드의 역할

IEC 61850은 기기 및 각 데이터를 이름으로 접근(access by name)하기 때문에 'Plug&Play'를 완벽하게 지원하고 있다. 그림 6은 A상 전류값에 대한 데이터 접근 예이다.

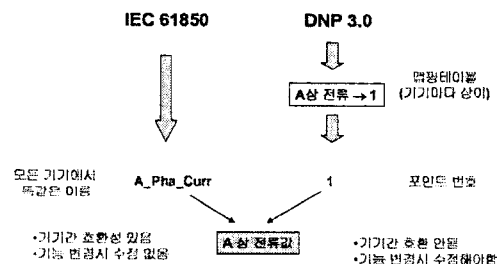


그림 6 A상 전류값에 대한 데이터 접근(예)

기존 DNP 3.0은 A상 전류값을 취득하기 위하여 'A상 전류' 데이터에 대한 포인트 번호인 '1(머리정의)'로 변경하여 '1'번 포인트를 취득하여 디스플레이 하지만, IEC 61850의 경우, 모든 기기에서 A\_Pha\_Curr(저자가 임의로 만든 논리적 노드의 데이터)라는 이름으로 A상 전류를 취득하게 된다. DNP 3.0의 경우 응용서비스별 업체별로 포인트 리스트가 틀릴 수 있으므로 포인트 리스트를 수정하지 않는한 똑같은 포인트를 읽어올 수 없는 단점이 존재하였지만, IEC 61850에서는 모든 기기에서 'A\_Pha\_Curr'라는 Name이 A상 전류임을 알 수 있으므로, 향후 기능 추가 및 변경시 통신프로토콜 수정에 드는 유지보수 비용이 존재하지 않는다.

### 5. 세계적 추세

그림 7에 나타나듯이, 1970년대 들어오면서 자동화의 역사가 본격적으로 시작되었으며, 1과 0의 단순한 통신으로 원격감시제어에 따른 시간단축에 큰 의미를 두었다. 2000년대에 접어들면서 대부분의 기술자들은 각종 응용서비스(전력, 가스, 석유 등)를 모두 지원하는 표준화, 통합, 지능적인 통신프로토콜을 설계하게 되었다 [6]. 국제적으로는 1990 중반에 DNP3.0이 산업표준화 되어 광범위하게 사용되어오다가, UCA2.0의 실증시험 및 이를 기반으로하는 IEC 61850의 태동까지 이르게 되었다. 국내에서는 1980년중반, 변전소에 Harris 프로토콜이 도입되었고, 2000년초에 DNP3.0이 도입되어 확대중에 있으며 안정적으로 운용중에 있다.

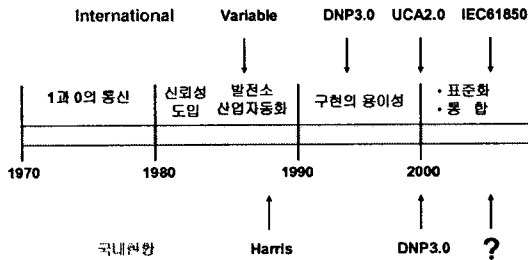


그림 7 전력자동화 통신프로토콜 표준화 추세

전력산업에 많은 프로토콜들이 나타났다가 사라졌다. 1980년대 Profibus 와 Modbus 들이 광범위 하게 사용되었지만, 다양한 기능을 수용하지 못하여 DNP 3.0 등이 대두되게 되었다. 현재는 UCA 와 IEC 61850이 개발되어 있고, 향후에 나올수 있는 대부분의 기능들을 수용하고 있다. 특히, 통신네트워크를 통한 유연성있는 데이터 전송, 객체화 모델링, 알아보기 쉬운 데이터 이름, 호환성 등을 포함하고 있다.

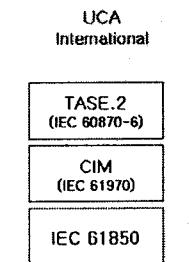


그림 8 UCA의 현재 의미

현재, 많은 제조사 및 유틸리티회사에서 IEEE 기술표준인 UCA 2.0을 지원하고 있다. 하지만, UCA 2.0이 광범위한 오브젝트 모델을 지원하고 있는 반면, IEC 61850은 변전소자동화에만 중점을 두어 설계하였다.

그림 9와 같이 현재 UCA 의 의미는 IEC 61850, 61970, 60870-6(IEC) 등을 모두 포함한 의미로 보아도 무방하며, 전력회사 및 기타 다른 유틸리티 회사는 UCA에서 지원하는 객체모델중, 필요한 부분을 선택하여 사용가능하다.

IEC 61850의 완벽한 표준화를 위해 20여개가 넘는 제조사 및 전력회사에서 초기부터 참여하였으며, DNP 등의 실제 운영경험, UCA의 객체지향 접근방법, 국제적 요구사항을 총괄하여, 모든 변전소자동화 통신프로토콜을 수용가능한 IEC 61850이 2004년에 제품화 될 예정이다(그림 10).

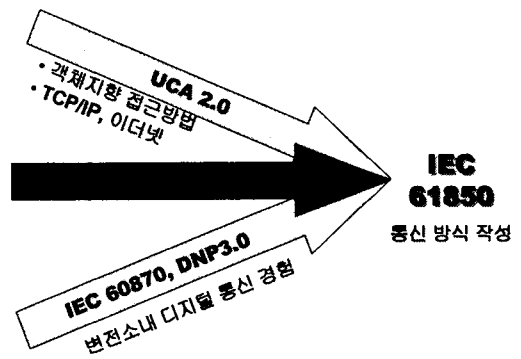


그림 9 변전자동화 통신프로토콜의 지향점

### 6. 결 론

최근 전력자동화통신프로토콜 표준화는 매우 논쟁이 많은 주제로 다루어 졌다. 기존에 사용되어왔던 통신프로토콜의 장단점 및 새로 추진되는 통신프로토콜의 장단점을 많은 시간 투자하여 연구 분석중에 있다. 미래는 더욱더 복잡하고 다양한 기능들을 요구하는 자동화시스템의 출현이 예상되므로 이를 지원가능한 자동화통신프로토콜의 작성도 중요시하여야 한다.

IEC 61850이 출현으로, 변전자동화시스템의 환경설정 및 유지보수 비용절감(Plug&Play), 기존 응용서비스에 영향을 주지 않으며 기기 보완 가능, 성능향상 및 유연성 증대, 신뢰성 증대 등의 파급효과를 보고 있다.

최근 작성되는 IEC 61850은 EPRI에서 작성한 UCA 와 기술적인 호환성을 유지하며 국제 표준화 될 것으로 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Triangle MicroWorks, "Using DNP3 & IEC 60870-5 Communication Protocols in the Oil & Gas Industry," pp3, 2000
- [2] Mark Adamiak, Drew Baigent, "UCA 2.0: The GE Experience", pp1, 2000
- [3] 김명수, "전력자동화용 통신프로토콜 현황 및 분석", 2003 대한전기학회 하계학술대회, 2003. 7
- [4] Herbert Falk, "Comparing Real-Time Protocols", DA/DSM DistribuTech, 2001.
- [5] Holger Schubert and Gordon Wong, "Towards seamless communications in Substations", IEE Power Engineer, Aug/Sep., 2003, pp20~23.
- [6] UCA™ Users Group, "Introduction to Utility Automation", 2001.