

변전소 자동화 시스템을 위한 통신 프로토콜 사상에 관한 연구

김정수¹, 김상식¹, 장혁수¹, 정태신¹, 장병태², 이재욱², 김병현²
 명지대학교 컴퓨터 소프트웨어학과¹, 전력연구원², 한국전력공사³

A Study on SCSM for Substation Automation System

Jeong Soo Kim¹, Sang Sig Kim¹, Hyuk Soo Jang¹, Tae Sun Chung¹, Byung Tae Jang², Jae Wook Lee², Byeong Heon Kim²
 Dept. of Computer Software, Myong-Ji University¹, KEPRI², KEPCO³

Abstract - 변전소 자동화 시스템에 관한 IEC 61850 표준은 급속한 통신 기술의 변화를 수용하기 위해 실제적인 통신 서비스와 응용 영역을 분리하여 정의하였다. 이는 미래 지향적인 표준을 지향하는 것으로, 표준은 정보 모델과 추상적인 서비스 모델을 정의하고 이를 실제 통신 프로토콜에 사상(mapping)하는 방법을 제시하였다. 이러한 사상의 방법을 SCSM(Specific Communication Service Mapping)이라 명칭하고 있다. 본 논문은 표준에서 제시하는 SCSM과 사상되는 통신 프로토콜인 MMS(Manufacturing Message Specification), TCP/IP, Ethernet을 설명한다.

1. 소 개

최근 변전소 자동화 시스템에 관한 높은 관심이 집중되면서, IEC Technical Committee 57의 Working Group 10에서는 변전소 자동화 시스템에 관한 표준인 IEC 61850 표준[1]을 제정하였다. 현재 파트 10을 제외한 IEC 61850 표준 문서의 모든 파트는 국제표준(ISO) 상태이다. IEC 61850 표준은 변전소 장비들 사이의 통신 규격뿐만 아니라 변전소 자동화 시스템과 관련된 요구사항들을 정의하였다.

IEC 61850 표준은 서로 다른 제조업체의 제품들 사이의 상호 운용성을 제공하기 위해 적용되어야 하는 추상적인 통신 서비스 인터페이스(ACSI, Abstract Communication Service Interface) 모델을 정의하였다. ACSI 모델의 정보 모델과 서비스 모델은 실제 통신 프로토콜로 사상(mapping)되어야 한다. 표준문서의 파트 8-1, 9-1, 9-2는 사상의 방법에 대해 명시하고 있다. IEC 61850 표준이 응용 모델과 이를 사상하는 방법에 대한 정의를 분리한 것은 응용 모델에 비해 빠르게 변화하는 통신 프로토콜을 적용하기 위해서이다. 실제 통신 프로토콜로의 사상을 표준에서는 SCSM(Specific Communication Service Mapping)이라 명칭하고 있다. 본 논문은 SCSM에 대한 내용과 사상되는 통신 프로토콜에 대해 설명한다.

2. 통신 프로토콜

국제 표준화 기구(ISO)는 네트워크 통신을 위한 개방 시스템 상호연결(OSI, Open System Interconnection) 모델을 만들었다. OSI 모델은 모든 종류의 모든 시스템간의 통신을 허용하는 네트워크 시스템의 설계를 위한 계층구조이다. 서로 연관된 7개의 계층은 물리층(1계층), 데이터 링크층(2계층), 네트워크층(3계층), 전송층(4계층), 세션층(5계층), 표현층(6계층) 및 응용층(7계층)으로 구성되어 있고, 각 계층은 네트워크를 통해 정보를 전송하는 일련의 과정이 규정되어 있다. 즉, OSI 7 모델은 통신을 하기 위해 프로토콜을 계층별로 모아 놓은 것으로 참조 모델에 해당된다.

IEC 61850 표준은 사상되어야 하는 주요한 통신 프로토콜로써 MMS, TCP/IP, Ethernet을 제시하였다. MMS는 OSI 모델의 응용층에 해당하는 프로토콜이고, Ethernet은 데이터 링크층에 해당하는 프로토콜이다. TCP/IP는 특정 프로토콜을 지칭하는 것이 아니라, 통상적인 TCP/IP protocol suit을 의미한다.

3. SCSM

IEC 61850 표준문서의 파트 7시리즈는 변전소 자동화 시스템을 구성하는 장비에 관한 정보 모델과 서비스 모델인 ACSI 모델을 정의한다. 즉, 변전소 자동화에 필요한 정보와 정보 교환에 대한 정의들을 포함한다. 하지만, 이러한 정의는 응용 레벨에서의 정의이기 때문에 실제 통신 서비스에 적용되지는 않는다. 즉, 표준 문서 파트 7에서 정의된 ACSI 모델은 실제 통신 프로토콜로 사상되어야 하는데, SCSM을 통해 응용레벨의 정보 모델이나 서비스 모델에 비해 발전 속도가 빠른 통신 기술을 쉽게 적용할 수 있다. 새로운 통신 프로토콜로의 운용이 필요하다면, 이 새로운 통신 프로토콜로 사상하는 방법만이 추가적으로 정의되면 된다.

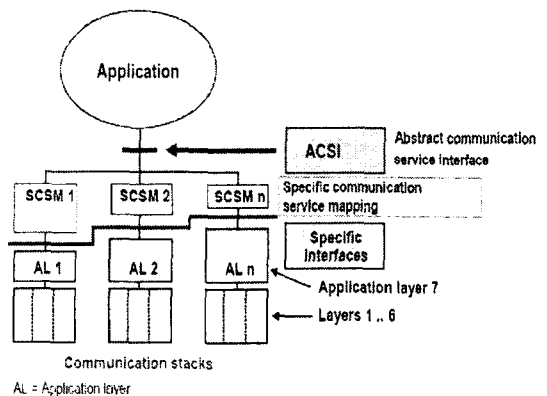


그림 1 ACSI 모델의 통신 프로토콜 매핑(SCSM)

그림 1은 응용 레벨의 ACSI 모델이 SCSM 1,2,3,...,n을 통해 다양한 통신 프로토콜로 사상되는 것을 보여준다. 기존의 표준들은 ACSI 모델과 SCSM을 통합하여 정의하였다. 그래서 새로운 통신 프로토콜을 적용해야 할 경우, 전체를 새롭게 정의해야 했다. 하지만, IEC 61850 표준은 이러한 새로운 통신 프로토콜의 적용을 SCSM을 추가적으로 정의함으로써 가능하게 하였다.

ACSI 모델에서 제시된 정보 모델 클래스는 MMS 구조(structure)로 사상되며, 클래스에 정의된 서비스 모델

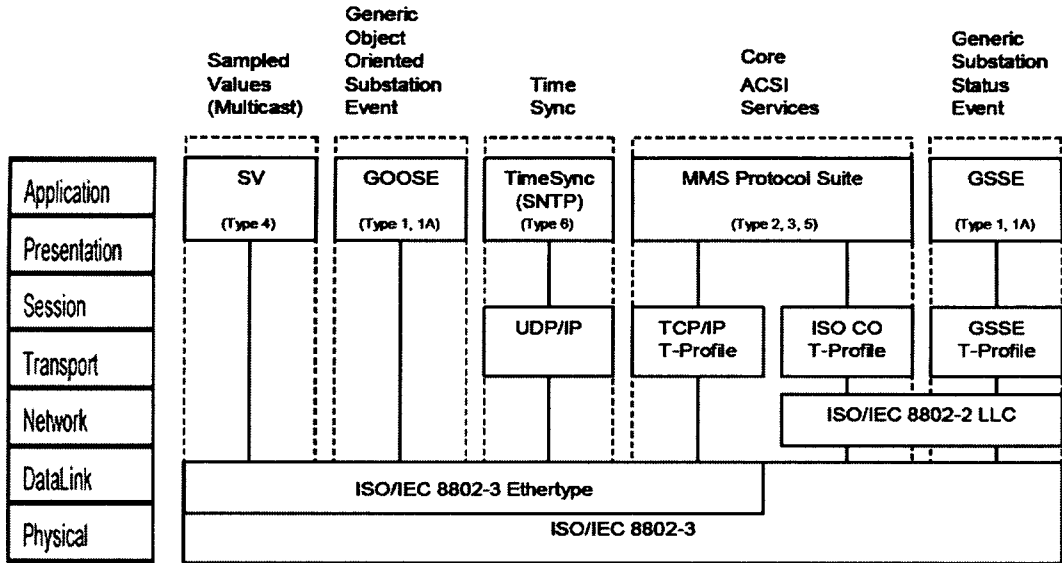


그림 2 사상되는 통신 프로토콜 stack/profile

은 메시지의 타입에 따라 다른 통신 프로토콜로 사상된다. 표준에서 정의한 메시지의 타입과 각 메시지의 사상은 OSI 참조 모델에 대응되어 그림 2에서 보여진다. 변전소 이벤트에 관련된 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event) 메시지나 샘플 값의 전송과 관련된 SV(Sampled Value) 메시지와 같은 메시지는 변전소 내에서 매우 중요하고, 빠르게 전달되어야 하는 메시지기 때문에 다른 계층의 프로토콜을 적용하지 않고 링크 계층에 의해서만 전송된다. 변전소 내의 시간을 동기화하기 위한 서비스는 따로 정의되어 있지 않고, 단지 기존의 SNTP(Simple Network Time Protocol)을 사용한다. 그 외에 클라이언트-서버 모델로써 제공되는 ACSI 모델의 주요한 서비스들은 MMS 프로토콜의 서비스로 사상된다. MMS 사상과 관련하여 표준에서는 두 가지의 통신 프로토콜 스택을 제시하였지만, TCP/IP를 포함한 통신 프로토콜 스택으로의 사상을 권고하고 있다. 각 메시지 타입은 메시지의 전송 시간에 의해 분류되며, 아래와 같다.

- Type 1 (Fast speed message) : 100ms 혹은 30ms 이하
- Type 1A (Fast speed message, "Trip") : 10ms 혹은 3ms 이하
- Type 2 (Medium speed message) : 100ms 이하
- Type 3 (Low speed message) : 500ms 이하
- Type 4 (Raw data message) : 보호/제어와 측정의 용도에 따라 달라짐. 12ms에서 18ms 이하
- Type 5 (File transfer function) : 1000ms 이상
- Type 6 (Time synchronization message) : 전송 시간이 아니라 정확도에 기반

3.1 주요한 ACSI 서비스의 사상

자동화 기기를 위한 통신 프로토콜로 사용되어 왔던 MMS 표준은 국제 표준으로 ISO 9506으로 지정되어 있다. MMS 표준은 2개의 주요한 파트로 이뤄져 있다. 파트 1은 서비스 사양으로, 가상생산기기(VMD, Virtual Manufacturing Device), 통신망에서 교환되는 서비스나 메시지, 가상생산기기(VMD) 서비스와 관련된 속성과 파라미터들을 기술하였다. 파트 2는 프로토콜 사양으로, 통신망에서의 메시지 순서, 메시지의 형식이나 코드화 방법, MMS와 다른 계층간의 접속 등을 기술하였다. 프로토콜 사양은 OSI 모델의 표현층에 해당하는 추상구문표시(ASN.1, Abstract Syntax Notation Number One)의

형식에 따라 기술되어 있다. 파트 2에서는 특히, MMS와 하위 계층의 통신 프로토콜과의 연동을 위해 MMS on Full-MAP, MMS on Mini-MAP, 그리고 MMS on TCP/IP를 명시하고 있다. 이 중 MMS on TCP/IP는 IEC 61850 표준의 주요한 ACSI 서비스의 사상을 위해 권고되는 프로토콜 스택이다.

표 1 ACSI 정보 모델과 사상되는 MMS 객체

ACSI 정보 모델	MMS Object
SERVER	MMS VMD
LOGICAL-DEVICE	MMS domain
LOGICAL-NODE	MMS named variable
DATA	MMS named variable
DATA-SET	MMS named variable list
CONTROL-BLOCKS	MMS named variable
LOG	MMS journal
FILE	MMS file

ACSI 모델의 정보 모델은 MMS 객체로 사상되고, ACSI 모델의 주요한 서비스들은 MMS 서비스로 사상된다. 표 1은 정보 모델이 MMS 객체로 사상되는 관계를 보여준다. 표 2는 ACSI 모델의 서비스가 MMS 서비스로 사상되는 것을 보여준다. 이 외에 여러 타입들과 서비스 에러 역시 MMS로 사상된다.

3.2 SV와 GOOSE 사상

표준에서 제시하고 있는 ISO 8802-3은 충돌 검출 기능을 가진 반송과감지 다중접속(CSMA/CD) 접근 방법과 물리 계층의 사양을 정의하고 있다. 전통적인 Ethernet과 IEEE 802.3을 채택한 ISO 8802-3은 데이터 링크층(2계층)의 MAC(Media Access Control) 서브 계층의 프로토콜이며, 흔히 Ethernet 이라 불린다. IEC 61850에서는 샘플 값 전송 서비스와 GOOSE 메시지 전송 서비스를 위해 데이터 링크 계층의 MAC 프로토콜로 ISO 8802-3, 즉, Ethernet을 사용한다. 그리고, 우선순위 태깅(tagging)과 가상 LAN(VLAN)을 지원하기 위해 IEEE 802.1q 프로토콜을 사용한다.

그림 2에서와 같이 샘플 값이나 변전소 이벤트 해당하는 GOOSE 메시지의 전송은 Ethernet에 사상된다. 하지만, Ethernet은 MMS 프로토콜과는 다르게 사상될 서비스가 정의되어 있지 않다. 즉, Ethernet에 정의된 서비스에 사상되는게 아니라 전송하고자 하는 데이터 혹은

표 2 ACSI 서비스와 사상되는 MMS 서비스

ACSI 클래스	ACSI 서비스	MMS 서비스
SERVER	GetServerDirectory	MMS GetNamedList (LD) MMS FileDirectory (File)
	Associate	MMS initiate
Association	Abort	MMS abort
	Release	MMS conclude
	GetLogicalDeviceDirectory	MMS GetNamedList
Logical Device	GetLogicalNodeDirectory	MMS GetNamedList
Logical Node	GetAllDataValues	MMS read
	GetDataValues	MMS read
Data	SetDataValues	MMS write
	GetDataDirectory	MMS GetVariableAccessAttribute
	GetDataDefinition	MMS GetVariableAccessAttribute
	GetDataSetValues	MMS read
DataSet	SetDataSetValues	MMS write
	CreateDataSet	MMS DefineNamedVariableList
	DeleteDataSet	MMS DeleteNamedVariableList
	GetDataSetDirectory	MMS GetNamedVariableList
BRCB, URCB	Report	MMS MMS InformationReport
LCB	QueryLogbyTime	ReadJournal
	QueryLogAfter	ReadJournal
FILE	GetFile	MMS FileOpen MMS FileRead MMS FileClose
	SetFile	MMS ObtainFile
	DeleteFile	MMS FileDelete
	GetFileAttributeValues	MMS FileDirectory
	CONTROL BLOCK	GetXXXXValues
	SetXXXXValues	MMS write

메시지를 Ethernet 프레임의 APDU(Application Protocol Data Unit) 필드로 전송하는 것을 의미한다. 프레임의 형식은 그림 3과 같이 정의된다. 프레임은 우선순위 태깅과 VLAN을 지원하기 위한 태그 헤더 필드와 ISO 8802-3에 기반한 이더타입(Ethertype)을 정의하기 위한 Ethertype PDU 필드를 포함한다. 태그 헤더의 TPID는 802.1Q를 나타내는 0x8100이며, 사용자 우선순위는 샘플 값이나 GOOSE 메시지의 우선순위를 위한 필드이다. CFI는 Type 혹은 Length 필드의 선택을 위한 필드이다. VID는 VLAN을 지원할 경우 사용된다. 각 ACSI 서비스에 해당하는 EtherType PDU의 Ethertype 필드와 APPID 필드의 값에 대한 사용과 서비스의 전송 방식은 표 3에 정의된다. APDU는 전송하기 위한 샘플 값들과 GOOSE 메시지에 해당되는 필드이다.

표 3 GOOSE 메시지와 SV 메시지 서비스

ACSI 서비스	Ethertype	APPID	전송방식
SendGOOSEMessage	88 B8	0x0000 - 0x3999	멀티캐스트
SendMSVMessage	88 BA	0x4000 - 0x7FFF	멀티캐스트
SendLSVMessage	88 BA	0x4000 - 0x7FFF	유니캐스트

샘플 값 전송 서비스는 두 가지의 방법으로 정의되었다. 프로세스 레벨의 여러 링크로부터 전송된 샘플 값들은 머징 유닛(Merging Unit)에서 멀티드롭(multidrop point to point link) 방식으로 전송하는 방법과 ISO 8802-3을 사용하는 방법이다. 두 방법을 위한 프로토콜의 정의가 IEC 61850-9-1과 IEC 61850-9-2에 명시되어 있다.

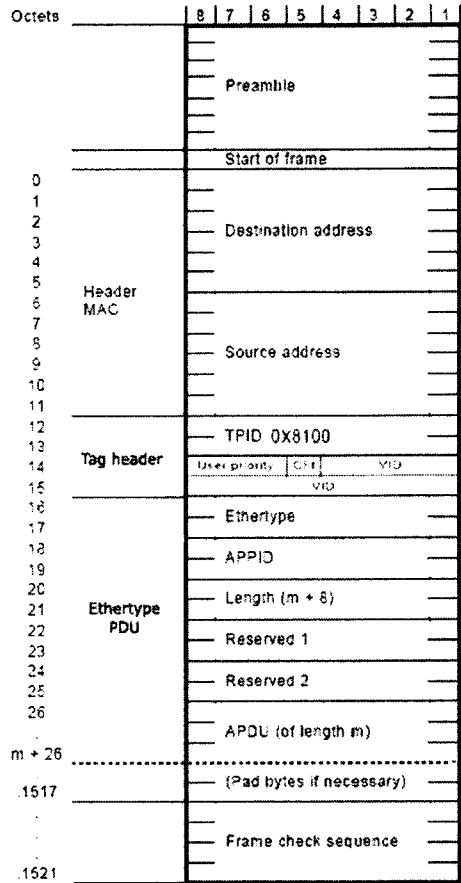


그림 3 ISO/IEC 8802-3 프레임 형식

4. 결 론

기존의 표준들과는 다르게 IEC 61850에서는 응용레벨의 정의와 실제 통신 프로토콜의 사양의 정의를 분리하였다. 이러한 분리의 목적은 표준의 확장을 통해 더 나은 통신 프로토콜을 적용할 수 있게 함으로써, 미래 지향성을 추구한다. 본 논문에서는 변전소 자동화 시스템을 구성하는 장비들의 구현하기 위해 따라야 하는 SCSSM의 사양을 분석하고 설명하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC, "INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850"
- [2] Sun Jun-ping, Sheng Wan-xing, Wang Sun-an, WU Ke-gong; "Substation Automation High Speed Network Communication Platform Based on MMS+TCP/IP+Ethernet", Power System Technology, 2002. Proceedings. PowerCon 2002. International Conference on Volume 2, 13-17 Oct. 2002 pages:1296-2300