

IEC 61850 프로토콜을 적용한 송전선 보호 IED 설정

고철진 이승구 류기찬 강상희 남순열
명지대학교 차세대 전력기술연구센터

Transmission Line Protection IED Setting Using IEC 61850 Protocol

C.J. Go S.G. Lee G.C. Ryu S.H. Kang
NPTC, Myongji University

Abstract - IEC 61850 is an international standard for substation communications. It introduces function that provide a substation with autonomous behavior of IEDs. The paper presents the model which is for change and modification of the IED setting values with analyzing IEC 61850.

1. 서 론

통신과 디지털 기술은 비약적인 발전을 해왔다. 이러한 추세의 영향으로 기반산업인 전력분야에도 전력계통에 대한 보호, 감시, 진단 및 제어뿐만 아니라 방재, 보안기능 등 변전소에서 행하여지는 모든 기능의 통합과 극대화, 공간의 최소화, 관리의 효율화 등을 이루기 위한 변전소 자동화(Substation Automation : SA) 개념이 제안되었다. 이를 위하여 각 업체별로 통신 프로토콜을 만들었지만 시스템 공급업체 간의 통신 프로토콜이 표준화되지 않아 변전소 자동화 설비를 교체할 때마다 전력회사는 곤란을 겪어야 했다. 그리고 서로 다른 통신기술의 적용에 따른 장비 간의 호환성 결여로 많은 비용을 감수하게 되었다. 이와 같은 문제점으로 인해 최근 통신 프로토콜 표준화의 필요성이 강하게 제기되었다.

IEC는 전력시스템 제어를 위한 표준을 만들기 위해 기술위원회인 "IEC/TC57"을 조직했으며 2003년 변전소 자동화 통신 프로토콜인 IEC 61850을 제정하였다. 이에 국내의 많은 전력회사들과 학계에서는 IEC 61850에 대한 연구가 진행 중이다.

외국의 경우에는 IEC 61850 기반 IED를 이용하여 서로 다른 회사제품들 상호간의 호환성을 검증하고 있다. 그리고 IED들 간의 통신을 이용한 보호 기술의 제구성에 대하여 연구가 진행 중이다. 그리고 우리나라의 경우에는 IEC 61850 표준에 대한 분석을 통하여 시스템의 구현 방법과 GOOSE(Object Oriented Substation Events) 메시지의 전송을 위한 방안들을 연구하고 있다. 하지만 국내에는 IEC 61850 기반 IED의 구현을 위한 하드웨어와 소프트웨어적인 구성 방법에 대한 제시와 이러한 구성에서 IED들의 동작 테스트를 위한 모델을 제시가 되어있지 않다.

본 논문은 IEC 61850 프로토콜을 이용하여 거리계전 알고리즘의 수행 도중 IED의 정정값을 변경하였다. 이를 위하여 물리적인 장치로는 암칩(ARM Chip) 기반의 임베디드 시스템을 사용하였고 IED의 기능들을 관리하고 실시간 통신을 위해 임베디드 리눅스를 운영체제로 사용하였다. 또 보호 알고리즘의 수행을 위해서 TMS320C32 기반 보드를 사용하였다. 이러한 구성을 통하여 하드웨어와 소프트웨어적인 구성과 IEC 61850 프로토콜의 적용 방법을 제시한다.

2. 변전소의 이더넷 통신

변전소의 이더넷 환경을 구축하기 위해서는 이더넷 스위칭 기술을 사용한다. 두 개 이상의 노드가 동시에 네

트워크에 프레임 전송을 시도하게 되면 충돌이 발생된다. 이러한 충돌로 인하여 이더넷의 노드 수, 속도제한, 연장길이에 영향을 준다. 이더넷 스위치는 충돌범위(하나의 노드가 데이터를 전송하면 그것을 각각의 노드 모두가 감지하고 전송을 자제하는 노드들의 집합)를 분리하여 지정한 포트의 지정된 노드에게만 데이터를 전송하는 효과를 가지고 있다. 이 효과는 한 노드 간의 통신이 다른 노드의 통신을 방해하지 않게 되므로 속도 향상과 노드수의 증가에 도움을 준다.

그리고 중요도가 높은 트립 신호나 스위치의 상태 변화 정보를 전송할 경우 IEEE 802.1Q/802.1p 규격을 이용하여 프레임에 중요도 태그를 추가하여 다른 프레임(TCP/IP 통신) 보다 우선 적으로 전송하게 된다.

또한 IEC 61850 프로토콜은 점대점 통신을 지원해야 하므로 양쪽에서 동시에 송신과 수신을 할 수 있는 전이중 방식을 사용하며 네트워크에서 여러 명이 특정한 그룹의 수신자들에게 데이터를 전송하는 방식인 멀티캐스트(multicast)와 한 사람의 특정 수신자에게만 데이터 패킷을 전송하는 방식인 유니캐스트(unicast)를 사용할 수 있다.

2.1 이더넷 통신을 위한 IED 모델링

변전소 내의 IED(Intelligent Electronic Device)들은 IEC 61850에 정의 되어있는 통신 표준을 이용하여 IED 간의 정보를 교환하고 상위의 HMI(Human Machine Interface) 시스템등과 정보를 교환하게 된다.

그림 1과 같이 IED는 여러개의 논리적인 장치로 구성될 수 있으며 논리적인 장치는 물리적인 장치의 정보를 가지고 있는 LPID(Logical Node Physical Device)와 논리적인 장치의 특정 정보를 가지고 있는 LLN0(Logical Node Zero) 그리고 IED의 기능을 수행하게 되는 LN(Logical Node)를 가지고 있게 된다.

LD는 LLN0, LPID 그리고 LN으로 구성된다.

LLN0은 논리적인 장치의 정보를 송수신 할 수 있는 제어 블록들을 가지고 있다. 이 제어 블록에는 정정값의 변경 및 재설정 그리고 확인을 할 수 있게 하는 Setting-Group-Control-Block이 있고 빠르고 신뢰성있는 변전소 내의 이벤트 정보에 대한 송수신을 위하여 멀티캐스트를 사용하는 GOOSE-Control-Block이 있다. 그리고 LD의 기능이 아날로그 신호를 샘플링하여 실시간으로 전송해주는 MU(Merging Unit)일 경우 멀티캐스트와 유니캐스트를 이용하는 Multicast-SV-Control-Block과 Unicast-SV-Control-Block이다. 또한 변전소 내의 중요도가 높지 않은 물리적인 장치들의 상태 변화 정보를 제공하는 GSSE-Control-Block을 가지고 있다.

LPID는 물리적인 장치의 이름과 상태, 통신 버퍼의 오버플로어(overflow), 전원 관리 등의 정보를 가지고 있다.

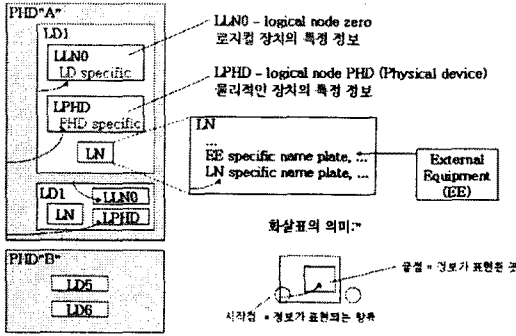


그림 1 IED의 내부 구성도

LN은 논리적인 장치가 기능을 수행하기 위해 필요로 하는 최소단위의 기능으로 분리된 논리 노드이다. 논리 노드들은 이벤트가 발생하게 되면 리포트와 로그 서비스에 따라 이벤트 정보를 전송하게 된다. 이를 위하여 Report Control Block, Log Control Block을 갖는다.

그림 2는 IED가 정보를 교환하기 위한 서비스 모델이며 논리 노드와 제어 블록의 상속관계를 나타낸다.[3]

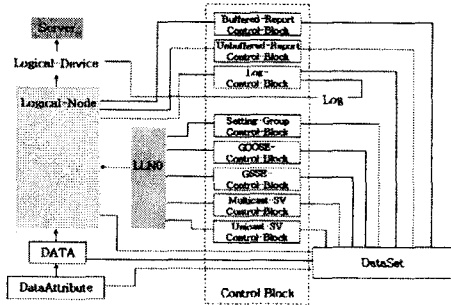


그림 2 정보교환을 위한 서비스 모델

변전소는 그림 3과 같이 링 타입으로 구성될 수 있고 IEC 61850-8-1에 정의되어 있는 MMS와 GOOSE 정보 교환할 수 있으며 IEC 61850-9-2에 정의되어 있는 샘플값을 전송할 수 있다. 그리고 각각의 IED들은 MMS와 GOOSE 정보 그리고 샘플값의 전송 등은 그림 2의 서비스 모델을 이용하게 되며 교환 되는 정보들은 중요도에 따라서 실시간으로 전송한다.

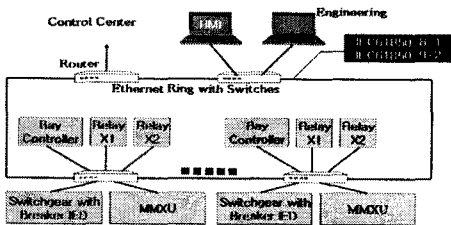


그림 3 변전소의 내부 구성

실시간으로 전송되어야 하는 정보들은 샘플값과 트립 신호 그리고 스위치의 상태 정보 등이 있으며 이를 위하여 그림 4와 같은 계층 구성을 갖게 된다.[2]

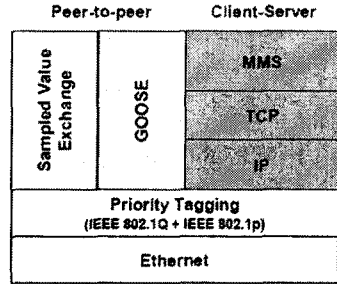


그림 4 계층의 구성

GOOSE는 멀티캐스트를 통하여 IED의 상태천이 정보를 전송할 수 있으며 샘플값은 멀티캐스트와 유니캐스트를 통하여 전송할 수 있다. 그리고 GOOSE와 샘플값은 동대등(Peer-to-Peer) 방식을 사용하며 실시간을 요구하는 정보이므로 OSI 7계층 중 상위의 5 계층에서의 헤더 정보 추가를 생략하고 데이터 링크 계층에서 중요도 태그를 추가한 후 전송하게 된다. 그리고 변전소 내의 이벤트에 대한 리포트, 각 IED들의 작동에 관한 기록, 입출력 장치에 대한 사항과 제어 기록 등을 나타내는 로그 정보 그리고 IED들의 정정값의 변경등은 MMS 프로토콜이 적용되며 TCP/IP 통신을 하게 된다.

2.2 정정값 변경을 위한 IED 구성

IED 정정값을 변경하기 위해서는 서버와 클라이언트 방식을 이용하며 내부 프로토콜은 MMS를 사용하게 된다. 본 논문에서는 IEC 61850을 적용하여 이더넷을 통한 정정값 변경을 위하여 그림 5와 같이 PDIS(Distance Protection)의 논리 노드와 정정값 변경 및 확인 할 수 있는 정정 그룹 제어 블록인 Setting Group Control Block 으로 구성하였다.[4][5]

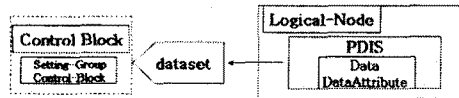


그림 5 IED 정정을 위한 LN과 SGCB

SBCB(Setting Group Control Block)는 표 1과 같은 데이터 특성을 가진다.

SGCBName는 SGCB의 이름이며 SGCBRef는 SGCB가 유일하게 참조될 수 있는 이름이다. NumOfSG는 정정 그룹의 개수를 나타내고 ActSG는 사용되고 있는 정정 그룹이 몇 번째 것인지 나타낸다. EditSG는 변경하고자 하는 정정 그룹을 나타내고 CnfEdit는 변경하고자 하는 정정 그룹이 변경되었는지를 확인할 수 있도록 해준다. LActTm은 최종적으로 사용될 정정 그룹이 선택되어진 시간을 나타내어 준다.

표 1 SGCB class 정의

SGCB class				
Attribute name	Attribute type	FC	TrgOp	Value/value range/explanation
SGCBName	ObjectName	-	-	Instance name of an instance of SGCB
SGCBRef	ObjectReference	-	-	Path-name of an instance of SGCB
NumOfSG	INT8U	SP	-	n = NumOfSG
ActSG	INT8U	SP	dchg	Allowable range: 1 ... n
EditSG	INT8U	SP	dchg	Allowable range: 0 ... n
CnfEdit	BOOLEAN	SP	dchg	
LActTm	TimeStamp	SP	dchg	

정정값 제어 블록은 그림 6과 같은 서비스를 이용하여 정정값을 변경하거나 확인 또는 정정 그룹을 수정할 수 있다.

SelectActiveSG 서비스를 통해서 정정 그룹을 선택할 수 있으며 SelectEditSG 서비스는 정정 그룹 중 수정하고자 하는 그룹을 선택하게 하고 SetSGValues 서비스는 수정하고자 선택된 그룹에 정정값을 변경할 수 있도록 해주며 ConfirmEditSGValues 서비스는 SetSGValues 서비스에 의해 정정 그룹의 정정값이 변경되었을 경우 정확하게 변경되었는지 정정값을 확인할 수 있도록 해준다. 그리고 GetSGValues 서비스는 정정값을 변경하기 위해서 선택된 정정 그룹이나 현재 사용되고 있는 정정 그룹의 값을 보여주고 GetSGBValues 서비스는 표 2에 나와 있는 모든 특성값들을 읽어올 수 있다.[3]

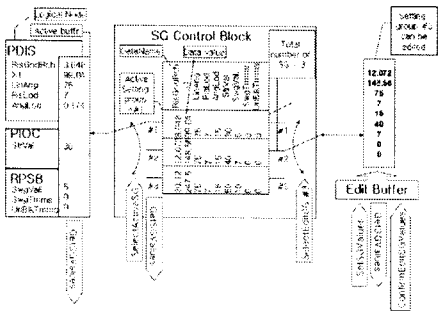


그림 6 IED 정정 제어 블록

3 사례연구

본 논문은 IED의 정정값을 변경하기 위하여 SISCO의 MMS EASE Lite 프로그램을 사용하였으며 MMS 서버 프로그램을 실행하기 위해서 암칩(ARM chip) 기반의 임베디드 시스템인 EMPOSI를 사용하였다. 그리고 운영체제는 리눅스를 선택하였고 거리계전 알고리즘의 수행을 위하여 TMS320C32 기반의 보드를 사용하였다. 그림 7은 IEC 61850 을 적용하여 IED에 정정값을 변경하기 위한 하드웨어 구성이다.

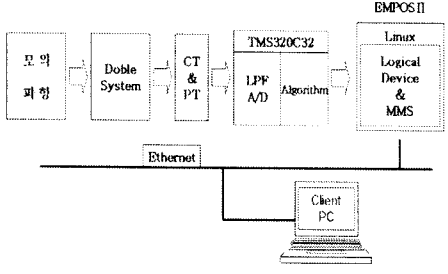


그림 7 테스트를 위한 II/W 구성

모의 과정은 전력 시스템 모의 장치인 도블을 사용하였으며 CT와 PT를 거친 후 A/D 변환 후 신호 복원 과정에서 중첩오류를 방지하기 위하여 차단주파수가 360[Hz]이고 이때 이득이 0.1인 버터워스 2차 저역 통과 필터를 사용하였다. A/D 변환기의 분해능은 12비트이며 주기당 샘플수는 12샘플링을 하였고 TMS320C32 기반 보드에서 샘플 데이터를 입력 받아 거리 계전알고리즘을 수행하였다. 정정값은 암칩(ARM chip) 기반의 임베디드 시스템에서 이더넷을 통하여 서비스의 요청을 받은 후 직렬 통신을 통하여 TMS320C32 기반 보드로 전송하게 된다.

정정값 변경을 위한 서비스 요청의 확인을 위해서 네

트워크 분석 프로그램인 이더리얼(Ethereal) 프로그램을 사용하였다. 그림 8과 9는 이더리얼(Ethereal) 프로그램을 이용하여 기록한 송수신 데이터이다. 그림 8에서는 GetSGValues 서비스를 이용하여 현재 사용 중인 정정 그룹의 정정값을 확인할 수 있음을 보여준다.

```
ISO/IEC 9506 MMS
Conf Request (0)
Read (4)
InvokeID: 17
Read
List of Variable
VariablesSpecification
Object Name
CJ_PD1S1$SGR1$GDRCh$setMag$F
```

그림 8 GetSGValues 서비스

그림 9에서는 SelectActiveSG 서비스를 통해서 사용될 정정 그룹을 선택하였음을 보여준다.[6]

```
ISO/IEC 9506 MMS
Conf Request (0)
Write (5)
InvokeID: 16
Write
List of Variable
Object Name
CJ_SGCB$ActSG
Data
UNSIGNED: 1
```

그림 9 SelectActiveSG 서비스

4. 결 론

본 논문에서는 IEC 61850에 정의 되어 있는 Setting Group Control Block을 분석하고 이더넷을 통하여 정정값을 변경할 수 있음을 보였다.

전 세계적으로 IEC 61850이 변전소 자동화용 프로토콜로 채택되어지고 있다. 우리나라도 세계기술 동향을 반영해 산업자원부 기술표준원에서는 IEC 61850을 KS 규격으로 도입을 추진 중이고 국내의 많은 전력회사들도 연구를 진행 중이다. 하지만 IEC 61850을 적용하기 위한 방법과 사례들이 부족 실정이다.

본 논문을 통해서 IEC 61850을 적용하기 위한 시스템의 구성과 적용방법에 대한 예시를 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

[참 고 문 헌]

- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-5, Communication requirements for functions and device models, First edition 2003 07
- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-1, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Principles and models, First edition 2003 07
- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-2, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI), First edition 2003 05
- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-3, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes, First edition 2003 05
- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850 7 4, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Compatible logical node classes and data classes, First edition 2003 05
- INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850 8 1, Specific Communication System Mapping (SCSM) Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802 3, First edition 2004 05