

IEC61850 기반 송전선 보호 IED 구현

김철훈, 권영진, 이동규, 류기찬, 강상희, 남순열
 명지대학교 차세대전력기술연구원

The Realization of a Transmission Line Protection IED based on IEC61850

Cheol-Hun Kim, Young-Jin Kwon, Dong-Gyu Lee, Ki-Chan Ryu, Sang-Hee Kang, Soon-Ryul Nam
 Next-generation Power Technology Center, Myongji University

Abstract - 변전소 자동화 시스템에서 IED(Intelligent Electronic Device)들 간의 효과적인 통신을 위해 표준 프로토콜인 IEC-61850이 제시되면서 이를 구현하고 응용하기 위한 관심이 높아지고 있다.

본 논문은 IEC-61850 표준규격을 분석하여 제시된, 거리 계전 IED 모델을 이용해 송전선 보호 IED를 구현하였다. 통신기능 구현은 리눅스 커널 2.6 기반의 통신보드를 사용하였고 계전 알고리즘의 수행은 TMS320C32 기반의 DSP(Digital Signal Processor) 보드를 사용하였다. 보드간 통신은 CAN(Cont roller Area Network) 통신으로 이루어 졌으며 사례연구를 위해 RTDS(Real Time Digital Power System Simulator)를 이용하여 입력신호를 생성하였다. 구성된 시스템의 검증을 위해 거리계전기에서 후비보호 시 발생할 수 있는 문제점을 시뮬레이션 하였다.

1. 서 론

변전소 자동화(Substation Automation : SA)를 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 장비간의 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 제정하였고 전 세계적으로 IEC-61850이 변전소 자동화용 프로토콜로 채택되어지고 있다. 국내에서도 세계기술 동향을 반영해 산업자원부 기술표준원에서는 IEC-61850을 KS 규격으로 도입을 추진 중이고 많은 회사들과 학계에서는 IEC-61850 표준에 대한 분석을 통하여 시스템의 구현 방법과 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Events) 메시지의 전송을 위한 방안 및 IEC-61850 기반 IED의 구현을 위한 하드웨어와 소프트웨어 구성 방안에 관한 연구가 진행 중이다. 하지만 IEC-61850을 적용하기 위한 방법과 사례들이 부족 실정이다.

본 논문은 IEC-61850 표준규격을 분석하여[1]-[6] 제시된, 거리 계전 IED 모델을 이용해 송전선 보호 IED를 구현하였다. 통신기능 구현은 리눅스 커널 2.6 기반의 통신 보드를 사용하였고 계전 알고리즘의 수행은 TMS320C32 기반의 DSP 보드를 사용하였다. IED 구성 보드 간 내부 통신은 CAN 통신으로 이루어 졌으며 사례연구를 위해 RTDS를 이용하여 입력신호를 생성하였다. 이러한 구성을 통하여 IEC-61850 프로토콜이 적용된 송전선 보호 IED를 구현하였고 검증을 위해 거리계전기에서 후비 보호 시 발생할 수 있는 문제점을 모의하였다.

2. 본 론

2.1 IED간 및 상위 시스템과의 통합용 S/W 구성
 IED와 IED간 및 상위 시스템과의 정보 교환은 그림 1에서 알 수 있듯이 크게 MMS(Manufacturing Message Specification), SGCB(Setting Group Control Block), RCB(Report Control Block), SOE(Sequence Of Events), 고장파형의 전송으로 구성된다. 본 논문에서는 MMS, SGCB 서비스를 수정, 보완하였으며 IEC-61850의 기본적인 서비스 중의 하나인 RCB를 구현하였다.

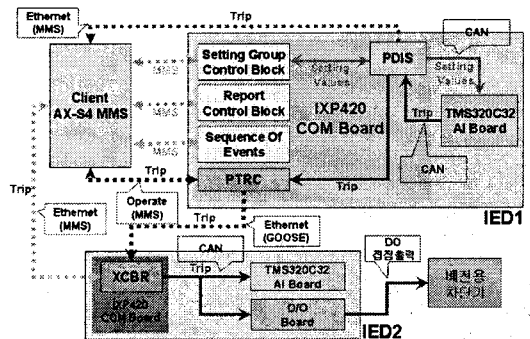


그림 1. IED와 IED간 및 상위 시스템 간의 정보 교환

IED1은 계전알고리즘을 수행하는 계전 IED이며 IED2는 차단기 점접 정보를 관리하는 Circuit Breaker IED이다. IED1의 DSP보드와 통신보드 간 통신은 CAN통신으로 이루어 졌으며 통신보드와 클라이언트와의 통신은 이더넷 통신으로 이루어 졌다. 표 1은 본 논문에서 사용된 MMS 와 GOOSE 서비스를 나타내고 있다.

표 1. MMS 및 GOOSE 서비스

MMS	Control Block	Service
SGCB		SelectActiveSG
		SelectEditSG
		SetSGvalues
		ConfirmEditSGvalues
RCB		GetRCBvalues
		SetRCBvalues
		GetLCBvalues
LCB		SetLCBvalues
		GetLCBvalues
GoCB		SendGOOSEMessage
		GetGoReference
		GetGOOSEElementNumber
		SetGoCBvalues
GOOSEB		SetGoCBvalues
GOOSEB (Trip)		

2.2 IED S/W의 H/W 적용

IED S/W의 H/W 적용을 위하여 IEC-61850용 통신 보드를 개발하였으며, [7]의 상용 IED의 통신 보드를 새로 개발한 IEC-61850용 통신 보드로 대체함으로써 그림 2와 같은 IEC-61850 기반의 거리계전 IED를 구성하였다. IEC-61850용 통신 보드는 XScale 코어의 IXP-420을 MCU로 사용하여 커널 2.6의 임베디드 리눅스를 탑재한 임베디드 시스템으로 개발하였고, SISCO 사의 MMS EASE Lite 라이브러리를 이용하여 IEC-61850을 구현하였다. IED 내부의 인터페이스는 CAN 통신을 이용하였다.

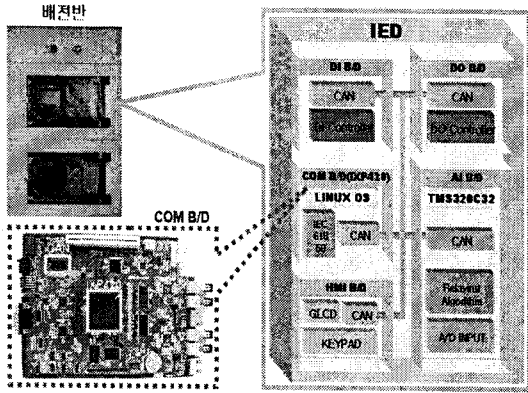


그림 2. IEC-61850 기반 IED의 내부 구조

3. 사례연구

구현된 시스템의 H/W 검증은 위하여 그림 3과 같은 송전계통을 구축한 후, GOOSE 메시지 등을 포함한 IEC-61850을 이용하여 감시, 제어, 보호 기능의 성능 시험을 수행하였다. 실시간 모의가 가능한 RTDS를 이용하여 ±5V의 아날로그 전압 신호를 각 IED의 입력 신호로 사용하였으며, 이에 대한 동작 특성을 확인함으로써 각 IED들의 성능을 검증하였다. A/D 변환기의 분해능은 12비트이며 32샘플링을 하였고 DSP 보드에서 샘플 데이터를 입력받아 거리계전 알고리즘을 수행하였다. 정정 값은 통신 보드에서 이더넷을 통하여 서비스의 요청을 받은 후 CAN 통신을 통하여 DSP보드로 전송하게 된다. 통신 보드의 운영 체제는 리눅스(Pedora Core4)를 사용하였다.

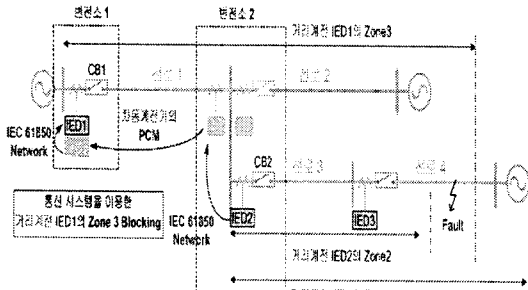


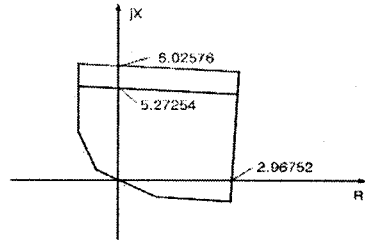
그림 3. IEC-61850 기반 거리계전 IED 동작 검증을 위한 모델계통

그림 3과 같은 송전계통에서 선로 2와 선로 3의 길이가 크게 다를 경우, 변전소 1에 설치된 거리계전 IED의 Zone3는 다음과 같은 한국전력공사의 정정 기준에 따라 설정된다.

Zone3 정정 기준 : 자기 구간 선로 임피던스 + 다음 구간 최장 선로 임피던스의 125% × 곱하기 계수

이와 같은 기준에 따라 정정될 경우 선로 4에서 발생한 고장은 거리계전 IED1의 Zone3와 거리계전 IED2의 Zone3에 동시에 포함되는 문제가 발생할 수 있지만, 각 변전소에 IEC-61850 기반의 네트워크를 구축함으로써 이와 같은 문제점을 개선할 수 있다. 거리계전 IED2의 Zone3가 픽업(Pickup)되면 GOOSE 메시지를 통해 같은 변전소 내에 있는 차동계전 IED로 IED2의 Zone3의 픽업 정보가 전송되며 이는 차동계전 IED의 PCM(Pulse Code Modulation) 통신을 통해 변전소1에 있는 차동계전 IED로 전송된다. 최종적으로 해당 정보는 GOOSE 메시지를 통해 거리계전 IED1에 전송되어 거리계전 IED1의 Zone3 동작을 지연시키거나 블로킹함으로써 거리계전 IED1의 Zone3 보호 성능을 개선할 수 있게 된다.

본 논문에서는 거리계전 IED2의 Zone3 픽업 정보가 IED1으로 전송되면 IED1의 Zone3 정정그룹을 선로 4를 포함하지 않도록 변경하여 거리계전 IED1의 Zone3와 거리계전 IED2의 Zone3가 동시에 포함되는 문제가 해결되는 과정을 통해 구현된 시스템을 검증하였다. 그림 4는 거리계전 IED1 Zone3의 선로 4를 포함한 정정그룹 1과 포함하지 않는 정정그룹 2를 나타내고 있다.



정정그룹	RIG	XIG
정정그룹 1	2.96752	5.02576
정정그룹 2	2.96752	5.27254

그림 4. IED1 Zone3 정정그룹

변경된 정정 값은 클라이언트에서 시리얼 통신 터미널 프로그램을 이용해 확인하고 트립신호 및 정정그룹, MMS, 이벤트 확인은 MMS Object Explorer를 이용하여 확인하였다.

클라이언트에서 요청 시 IED에서 통신 보드를 통하여 MMS 데이터를 전송하여 전압, 전류의 RMS 및 위상을 확인할 수 있다. 그림 5는 클라이언트에서 확인한 IED1의 MMS 데이터를 나타내고 있다.

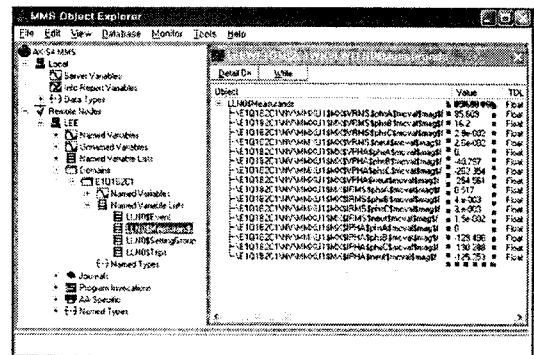


그림 5. 클라이언트에서 확인한 IED1의 MMS 데이터

고장 발생 시 이벤트 그룹이 IED에서 통신보드를 거쳐

클라이언트로 전송되어 클라이언트에서 확인할 수 있다. 그림 6은 선로 1에서 고장을 모의하여 IED1의 A상 Zone1이 동작하고 이벤트가 발생하였음을 클라이언트에서 확인한 결과를 나타내고 있다.

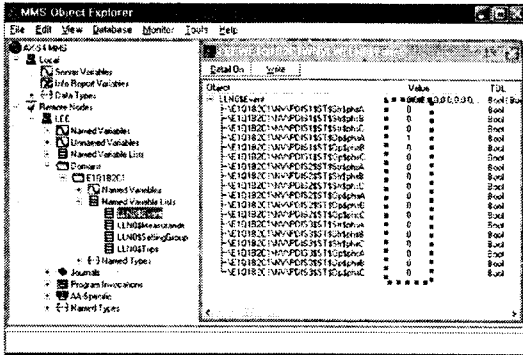


그림 6. 클라이언트에서 확인한 IED1의 이벤트 정보

그림 7의 왼쪽은 거리계전 IED1의 Zone3 정정값을 클라이언트에서 확인한 결과이며, 그림 7의 오른쪽은 거리계전 IED1의 Zone3 정정그룹 1이 선택되었음을 확인한 결과를 나타내고 있다.

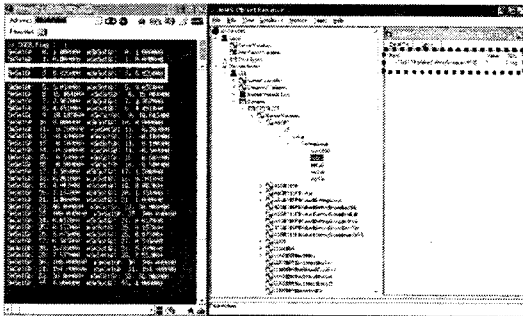


그림 7. 클라이언트에서 확인한 IED1 Zone3의 변경되기 전 정정 값 및 정정그룹 1

선로 4에서 고장을 모의하면 거리계전 IED2 Zone3의 펌업 신호 정보가 거리계전 IED1으로 전송되어 거리계전 IED1 Zone3의 정정그룹이 선로 4를 포함하지 않도록 설정된 정정그룹 2로 변경된다. 그림 8의 왼쪽은 변경된 거리계전 IED1의 Zone3 정정 값을 클라이언트에서 확인한 결과이며, 그림 8의 오른쪽은 거리계전 IED1 Zone3의 정정그룹 2가 선택되었음을 확인한 결과를 나타내고 있다.

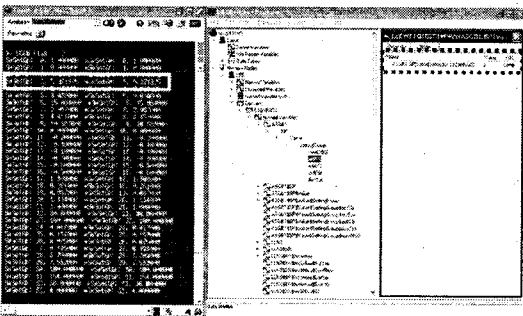


그림 8. 클라이언트에서 확인한 IED1 Zone3의 변경된 정정 값 및 정정그룹 2

이때 고장이 발생하더라도 거리계전 IED1 Zone3의 트립신호가 발생하지 않았음을 그림 9에서 확인할 수 있다.

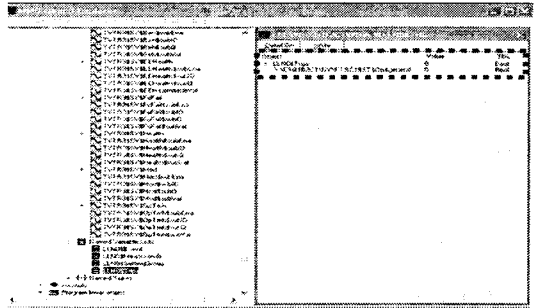


그림 9. 클라이언트에서 확인한 IED1 Zone3의 트립신호

4. 결 론

본 논문에서는 MMS, SGCB 서비스를 수정, 보완하였으며 IEC-61850의 기본적인 서비스 중의 하나인 RCB을 구현하였다. 그리고 IED S/W의 H/W 적용을 위하여 IEC-61850용 통신 보드를 개발하였으며, IE C-61850 기반의 거리계전 IED를 구성하였다.

GoCB 서비스를 이용한 IED간의 GOOSE 메시지 전송을 통하여 거리계전 IED의 보호 성능 개선 및 Zone3의 불필요한 동작을 방지하는 사례연구를 통하여 구현한 시스템을 검증하였다.

본 논문은 IEC-61850을 적용하기 위한 송전선로 보호 IED 구현을 통해 시스템의 구성과 적용방법에 대한 예시를 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

[참 고 문 헌]

- [1] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-5, Communication requirements for functions and device models, First edition 2003-07
- [2] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-1, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Principles and models, First edition 2003-07
- [3] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-2, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI), First edition 2003-05
- [4] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-3, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes, First edition 2003-05
- [5] 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
- [6] 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
- [7] Chol-Jin Go, Transmission Line Protection IED Setting Using IEC 61850 Protocol, KIEE, 37th, July 2006
- [8] Gwan-Su Kim; Hong-Hee Lee, A Study on IEC 61850 based Communication for Intelligent Electronic Devices, KORUS, 26 June-2 July 2005, Page(s):765-770