

IEC61850 Process Level에 적합한 Merging Unit 설계

김관수, 이홍희, 김병진, 박종찬
 울산대학교 전기전자정보시스템공학부, 현대중공업, 오산대학교 전기시스템제어과

The Design of Merging Unit compatible with IEC61850 Process Level

Gwan-Su Kim, Hong-Hee Lee, Beung-Jin Kim, Jong-Chan Park
 School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Hyundai Heavy Industry, University of Osan

Abstract - 현재 변전소 자동화의 국제 표준으로 대두되고 있는 IEC 61850은 스테이션 버스 뿐만 아니라 프로세서 버스 까지도 표준화된 통신 기술을 채용하였고 자동화에 필요한 모델을 제시하였다. 본 연구에서는 프로세서 버스의 대표적인 장비인 Merging Unit의 특성과 구현에 필요한 기술을 고찰하였다. 특히 정밀한 시간동기에 필요한 GPS(Global Positioning System)를 이용한 동기화 기술에 대하여 고찰하였다. 이와 더불어 IEC61850-9-2 SV(Sampled Value) 서비스를 분석하고 실제로 마이크로프로세서를 이용하여 Merging Unit에 대한 설계를 수행하였다. 제안된 Merging Unit의 성능을 검증하기 위해서 전송된 SV 데이터를 시간 정보를 기준으로 재구성할 수 있는 오실로그래프(Oscillography)를 위한 플레이백(Playback) 프로그램을 제작하였다.

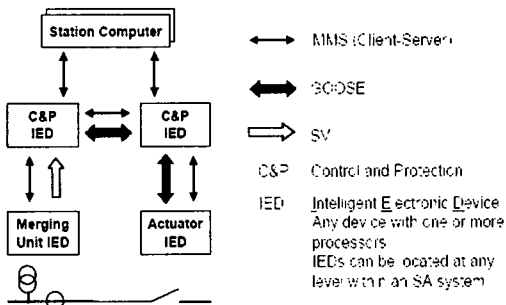
1. 서 론

최근 송배전 시스템 분야에서 종래의 인간의 개입을 최소화하여 이루어 질 수 있도록 통합화, 자동화 및 원격 감시화가 추진되고 있으며 이는 기존의 전기 장비들을 통신 기능을 갖는 마이크로 프로세서 기반의 IED(Intelligent Electronic Device)로 대체함으로써 가능해 졌다. 단일 표준화 작업이 이루어지기 전 IED 메이커들은 MODBUS, DNP와 DNP의 유럽 파트너인 IEC-870-5-101 등의 다양한 프로토콜을 제공하였다. 하지만 시스템 공급업체 간 통신 프로토콜이 표준화 되지 않아 변전소 자동화 설비를 교체할 때마다 전력회사는 곤란을 겪었다. 서로 다른 통신기술의 적용에 따른 장비 간 호환성 결여로 높은 비용을 감수할 수밖에 없는 현실이었다. 이에 따라 통신 프로토콜 표준화 필요성이 강하게 제기되었고, 1990년대 표준화 작업을 시작하여 최근 변전소 자동화용 단일 세계 표준인 IEC 61850을 UCA2.0과 유럽의 경험을 기반으로 IEC추관아래 개발하였다. 이러한 세계 기술 동향을 반영해 IEC 61850 기반의 종합변전소 자동화 시스템의 구축이 필요하고, 이에 따라 SCADA와 보호계전 시스템의 기능(감시, 제어, 계측, 보호)을 IED에 구현함으로써, 전력운영정보를 IED 내에 저장하고 상위에 전송할 수 있게 된다. 특히 가장 기본이 되는 I/O 레벨의 통신에 해당하는 프로세서 레벨에서 동작하는 Merging Unit에 대한 IEC61850의 적용이 필요로 한다. 본 논문에서는 마이크로프로세서를 사용하여 Merging Unit을 설계하고, IEC61850-9-2 SV 통신 서비스를 설계된 Merging Unit에 구현하였다. 제안된 Merging Unit의 성능을 검증하기 위해 기본적인 IED통신 실험 장치를 구성하고 SV 메시지 전송 실험을 수행하였다.

2. IEC61850-9-2 SV 서비스

2.1 IEC61850 통신 서비스

그림 1에서는 IEC61850에 의한 변전소 자동화 시스템에서의 주요 통신 서비스 및 경로를 나타내고 있다. 이러한 통신 서비스는 스테이션 레벨과 베이 레벨 및 프로세서 레벨에서 기기들(차단기, 전류전압 변환기, 센서)간의 정보교환을 위해 필요로 한다. 이 서비스에서는 또한 동작에 관한 정보(상태 표시, 제어, 측정값) 뿐만 아니라 구성 정보(파일 전송, 파라미터)도 포함하고 있다.^[1]



〈그림 1〉 IEC61850 통신 서비스 종류

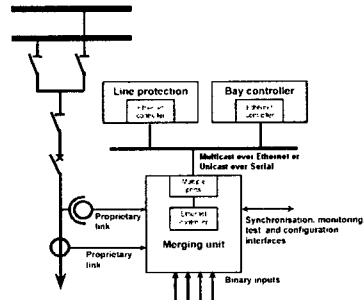
이 결과로 다음과 같은 3가지 통신 카테고리로 나눌 수 있다.

- SV(Sampled Value): 표준화, 정밀화, 주기적인 데이터가 요구되는 변환기(Transducer)의 전압 전류 샘플 값을 전송하는 메시지
- GOOSE(Generic Object Oriented Substation): 표준화, 정밀화 및 신뢰성 및 안정성이 요구되는 트립 명령이나 연동되는 정보의 전송에 사용되는 메시지
- MMS(Manufacturing Message Specification): 대부분의 운영정보가 표준화 및 적당한 우선순위, 그리고 안정된 과정을 거쳐 전송된다. 기기에 대한 특정 정보는 낮은 우선순위를 가진다.

이 3가지 서비스는 서로 다른 실시간 조건을 가진다. IEC61850은 TCP/IP에 기반을 둔 MMS 메시지의 경우 낮은 실시간 조건을 가지며 SV 나 GOOSE 메시지의 경우 높은 실시간 조건으로 인해 이더넷 계층으로 직접 매핑 되는 과정을 가진다.

2.2 IEC61850-9-2 SV 서비스

IEC61850-9-2 SV 서비스는 베이 레벨과 프로세서 레벨 간의 통신을 위한 특정 통신 서비스 매핑에 대해 규정하며, 직렬 단방향 멀티드롭 점대점 링크에서 샘플링 값을 전송하기 위한 추상 서비스의 매핑을 규정한다. SV 서비스는 전자식 변류기(ECT: Electronic Current Transformer) 또는 전자식 변압기(EVT: Electronic Voltage Transformer)의 병합 단위장치(Merging Unit)와 보호 계전기와 같은 베이 장치 간의 통신에 적용한다. 그림 2는 이 인터페이스의 개략도를 나타낸다.^[2]



〈그림 2〉 직렬 단방향 멀티드롭 점대점 링크

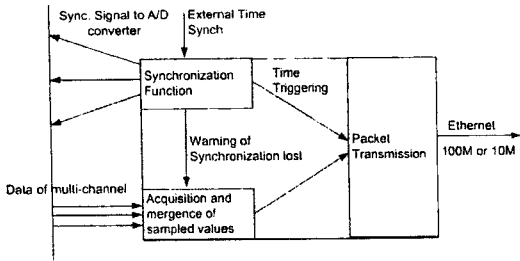
IEC61850-9-2 SV 서비스는 MMS ASN.1 인코딩으로 변환하여 멀티캐스팅을 통해 여러 노드에 전달하는 방식이다. SV 서비스는 이더넷 프레임에 확장한 형태의 프레임 구조를 가진다. 표 1은 SV 메시지를 전송하기 위한 확장된 이더넷 프레임 구조를 나타낸다.

〈표 1〉 SV 이더넷 프레임

Dest. MAC	Src. MAC	Priority tag	Ethertype	APPID	Length	Reserved	APDU	FCS
6 byte	6 byte	4 byte	2 byte	2 byte	2 byte	2+2 byte	729~921 byte	4byte

3. Merging Unit

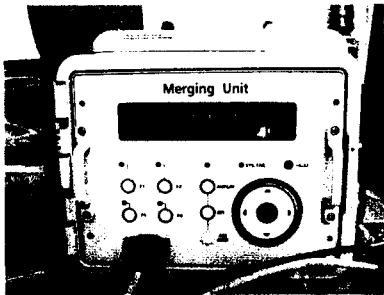
변전소 자동화를 위해 다양한 센서의 값을 계속해서 통신을 전송하는 Merging Unit은 IEC60044-7과 IEC61850-9-2에 적합한 구조로 개발할 필요가 있다. 그림 3과 같이 Merging Unit은 센서 인터페이스부와 신호처리부 그리고 통신부로 나누어진다. 센서 인터페이스 부는 Merging Unit으로부터 샘플링 명령신호를 받아 센서 신호를 디지털 값으로 변환한다. Merging Unit은 사용자가 정의한 샘플링 주파수에 맞춰서 샘플링 명령신호를 발생하고 디지털화된 센서 데이터 값을 받아서 지연으로 인한 오차를 보상한다. 보상된 데이터는 IEC61850-9-2를 통해서 각종 IED에 전송한다. 전송 데이터는 GPS를 통해서 정밀하게 측정된 타임 스탬프를 포함하여 IED가 여러 Merging Unit의 데이터를 취합할 수 있게 한다.^[3]



〈그림 3〉 Merging Unit의 구조

3.1 Merging Unit 사양

본 논문에서는 현대중공업에서 개발된 제전기기인 Himap을 기반으로 하여 IEC61850-9-2 SV 서비스를 구현하기 위한 Merging Unit을 설계하였다. 기존의 CT와 PT를 이용한 방식을 사용하고 외부 노이즈나 서지에 대한 대책을 위한 차분 입력방식을 멀티플렉서 입력 단에 설치하였다. 또한 10/100BaseT 방식의 이더넷 통신을 통해 계측 데이터를 상단의 IED와 서버에 전송한다. 그림 4는 구현된 Himap 기반의 Merging Unit을 나타낸다. 8채널 데이터를 샘플링 하며 VT 4채널과 CT 4채널로 이루어져 있다.



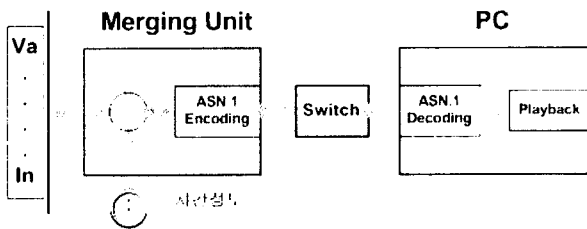
〈그림 4〉 구현된 Himap 기반의 Merging Unit

3.2 시간 동기화

측정된 값을 샘플링 하여 상위 제어기로 보내는 Merging Unit과 같은 노드들은 상위 제어기와의 시간 동기화가 반드시 필요하다. 시간 동기화에 요구되는 시간 정밀도는 다음과 같이 5가지 클래스로 구분 한다. P1 클래스(1ms), P2 클래스(0.1ms), P3 클래스($\pm 25\mu s$), P4 클래스($\pm 4\mu s$), P5 클래스($\pm 1\mu s$)로 분류할 수 있다.^[1] 프로세서 레벨의 Merging Unit에서는 측정된 아날로그 값의 동기화 샘플링을 위해 수 us의 정밀도가 필요하다. 이러한 시간 정밀도를 맞추기 위한 방법 중 가장 확실한 방법으로는 GPS 수신기를 시간 동기화가 필요한 모든 노드에 외부 버스로 연결하는 방법이 있다. 본 논문에서는 P4 클래스 정도의 시간 정밀도를 맞추기 위해 정밀한 시간 동기화에 필요한 GPS(Global Positioning System)를 사용하여 동기화 시켰다.

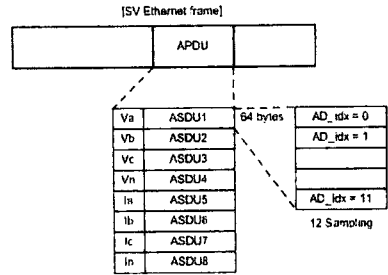
4. 실험 및 검토

제안된 Merging Unit의 성능을 검증하기 위해 기본적인 IED통신 실험 장치를 구성하고 SV 메시지 전송 실험을 수행하였다. 그림 5는 Merging Unit을 사용하여 실제로 실험 환경을 구축한 것이다.



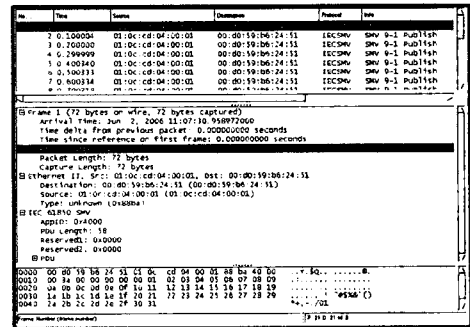
〈그림 5〉 MU 통신 실험 환경

실제 환경에서는 Merging Unit의 입력으로는 VT와 CT 입력을 받아 샘플링 하여 상위 제어기로 계측된 데이터를 전송 한다. 그러나 MU를 검증하기 위한 실험 환경에서는 상용 전원인 220V 60Hz 신호를 VT 입력 단으로 하여 실험을 수행하였다. 이때 60Hz 신호를 한주기당 12 샘플링 하여 이더넷으로 SV 메시지를 전송한다. 샘플링 된 데이터는 그림 6과 같이 이더넷 프레임 상의 APDU 데이터 필드에 매핑 된다.



〈그림 6〉 이더넷 프레임 상의 샘플링 데이터 매핑

SV 메시지 전송은 MMS-Ethernet 네트워크 분석기를 사용하여 분석 하였다. 그림 7은 PC와 Merging Unit사이의 데이터 교환을 분석기로 확인한 것을 나타낸다.



〈그림 7〉 MMS Ethernet 을 사용한 SV 메시지 분석

5. 결 론

IEC61850 통신 서비스는 크게 GOOSE, SV, MMS 3가지 서비스를 규정 한다. 특히 가장 기본이 되는 I/O 레벨의 통신에 해당하는 프로세서 레벨에서 동작하는 Merging Unit에 대한 IEC61850-9-2 SV 서비스의 적용이 필요하다. 본 논문에서는 마이크로프로세서를 사용하여 Merging Unit을 설계 하고, IEC61850-9-2 SV 통신 서비스를 Merging Unit에 구현하였다. 제안된 Merging Unit의 성능을 검증하기 위해 기본적인 IED통신 실험 장치를 구성하고 PC와 Merging Unit 간의 SV 메시지 전송 실험을 수행하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] F. Engler, T.L. Kern, "IEC 61850 based digital communication as interface to the primary equipment", Cigre 2004 Paris, B3-205, 2004
- [2] IEC, "IEC61850-9-2: Specific communication service mapping(SCSM)-Sampled values over ISO/IEC 8802-3", IEC International Standard, IEC61850-9-2, 2004
- [3] Z.L. Yin, W.S. Liu, "A Novel FPGA-Based Method to Design tδ Merging Unit Following IEC61850", POWERCON 2004, 260-263, 2004
- [4] Svein Johannessen, "Time Synchronization in a Local Area Network", IEEE Control Systems Magazine, 61-69, 2004