

IEC 61850 기반 병합 장치의 샘플 값 실시간 전송 방안에 대한 연구

홍준호, 임성정, 최면승, 이승재, 유양
 명지대학교 차세대 전력 연구 센터

A Study on real-time Sampled Values transmission method of Merging Unit based on IEC 61850

Jun-Ho Hong, Seong-Jeong Rim, Myeon-Song Choi, Seung-Jae Lee
 Myoungji University, Next-generation Power Technology Center

Abstract - 병합 장치(Merging unit)는 계전용 IED로 측정된 전압 및 전류의 값을 A/D변환한 샘플 값(Sampled values)을 전송하는 IED로써 실시간으로 통신을 하여야 하는 측면에서 해결해야 할 많은 요소를 가지고 있다. 본 논문에서는 병합 장치를 구현하면서 실시간으로 샘플 값을 전송 하는 방법에 관한 고려해야 할 전송 요구사항, 네트워크 시간 지연, 네트워크 과부하 현상 등의 문제점들에 대해 실시간 통신 방안을 설명 하였다.

에 저장된 값을 읽어 들인다. 보내지는 값에는 시간정보가 들어가게 되고 수신자는 적시성을 체크하게 된다.[4]

1. 서 론

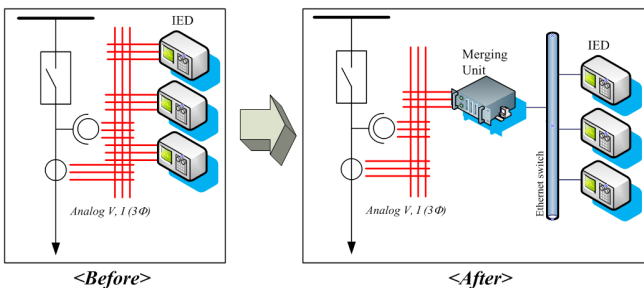
최근 송배전 시스템 분야에서는 기존의 인간의 개입을 최소화시키는 자동화, 원격제어 및 감시화의 관심이 급증되고 있다. 이와 관련된 연구가 변전소 자동화 표준 규격인 IEC61850을 중심으로 활발히 연구가 진행되고 있고, 국외에서는 이미 이와 관련한 IEC 61850 기반의 상용화 IED 제품들을 개발하여 활용하고 있으며 국내에서도 IEC 61850을 지원하는 IED를 개발 하고 있다. 기존의 계전기는 CT, VT 와 하드와이어로 연결되어 있어 계전IED의 추가 및 교체시 번거로운 작업이 필요하지만 IEC 61850 기반의 병합 장치는 복잡한 하드와이어 결선을 줄이고 CT, VT에서 수집한 측정값을 이더넷을 통해 샘플 값 메시지로 전송하게 된다.[1]-[3]

병합 장치의 샘플 값 메시지 전송은 이더넷을 통한 통신을 기반으로 하기 때문에 실시간이라는 특성을 고려해야 한다. 본 논문에서는 병합 장치를 구현하면서 실시간으로 샘플 값을 전송 하는 방법에 관한 고려해야 할 전송 요구사항, 네트워크 시간 지연, 네트워크 과부하 현상 등의 문제점들에 대해 실시간 통신 방안을 설명 하였다.

2. IEC 61850 기반의 병합 장치

2.1 병합 장치 의 기능 및 필요성

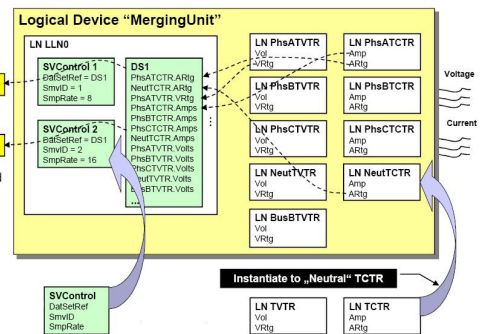
병합 장치는 <그림1>과 같이 CT, VT 로부터 하드와이어로 결선되어 측정된 값을 네트워크를 통해 샘플 값 메시지로 보호 IED나 베이 컨트roller에 전송 한다. 기존의 변압기와 계전용 IED 에 하드와이어로 연결된 복잡한 구리선의 결선을 하나의 네트워크 선으로 교체 할 수 있으며, 측정 된 값을 보호용이나 감시용 등 다양한 곳에 사용 할 수 있다. 또한 변압기 교체 시에 상용하는 계전용 IED로 바뀌어야 하는 불편함이 없이 병합 장치만 추가하여 사용 할 수 있는 편리함이 있다.



<그림 1> 병합장치 적용 전, 후의 구조변경

2.2 샘플 값 서비스

샘플 값 메시지는 프로세스 레벨과 베이 레벨 사이의 통신 구조를 가지며, <그림2>과 같이 측정된 전압, 전류의 값을 A/D변환 하여 데이터 집합(Dataset) 형식으로 각각의 IED로 전송되어진다. 샘플 값의 정보 교환은 발신/수신 방식으로 이루어진다. 발신자는 송신측 로컬 버퍼에 값을 넣고, 수신자는 수신측의 버퍼



<그림 2> 샘플 값 메시지 제어블록 구조

3. 실시간 통신

3.1 샘플 값 서비스 전송 요구 사항

A/D 변환 되어 전송 되는 샘플 값 메시지는 실시간에 대한 요구사항이 필요로 하며 IEC 61850 변전소 자동화 시스템에서의 샘플 값의 인터페이스는 클래스 별로 <표 1>과 같은 전송 요구 시간이 주어진다.[1]

<표 1> 샘플 값 전송 요구 사항

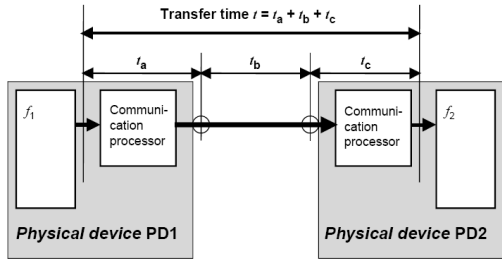
Data type	Class	Transmission time (ms) defined by trip time	Resolution (Bits) Amplitude	Rate (Samples/s) Frequency
Voltage	P1	10.0	13	480
Current			13	
Voltage	P2	3.0	16	960
Current			16	
Voltage	P3	3.0	16	1 920
Current			18	

Data type	Class	Accuracy classes and harmonics	Resolution (Bits) Amplitude	Rate (Samples/s) Frequency
Voltage	M1	Class 0.5 (IEC 62053-22) Class 0.2 (IEC 60044-8) Up to 5 th harmonic	12	1 500
Current			14	
Voltage	M2	Class 0.2 (IEC 62053-22) Class 0.1 (IEC 60044-8) Up to 13 th harmonic	14	4 000
Current			16	
Voltage	M3	Class 0.1 (not defined by IEC) Up to 40 th harmonic	16	12 000
Current			18	

3.2 네트워크 시간 지연

IEC 61850에서의 전송 시간은 송신 프로세서가 데이터를 전송 스택의 맨 위에 넣는 순간부터 수신 프로세서가 전송 스택에서 데이터를 꺼내는 순간까지를 카운트한다. 즉, <그림 3>에 나타난 바와 같이 물리장치 PD1에서 기능 f_1 이 데이터를 물리장치 PD2에 위치한 다른 기능 f_2 로 보내는 경우의 전송시간은 PD1의 t_{in} 인 통신 프로세서의 처리시간, t_0 인 랜카드, 이더넷 스위치, 케이블의 처리시간, PD2의 t_c 인 통신 프로세서의 처리시간을 종합 한다.[1] 그러므로 병합 장치에서의 샘플 값 전체의 전송시간에서의 네트워크 및 프로세서의 지연시간은 하드와이어로 결선된 기존

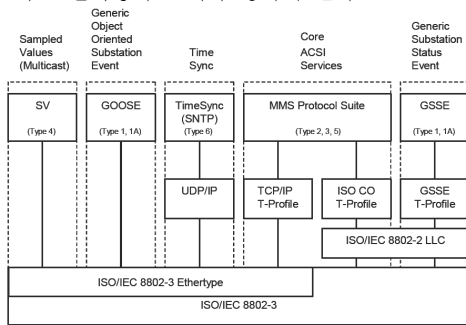
의 변전소 시스템보다 통신 속도가 늦음을 알 수 있다.



<그림 3> 시간 지연의 정의

3.3 네트워크 과부하

IEC 61850 기반의 변전소 자동화 시스템에서의 이더넷에서는 <그림 4>와 같이 MMS, Sampled Values, GOOSE 통신 등 수많은 신호가 하나의 이더넷 스위치를 통해 전송 되면서 네트워크에 과부하가 걸리게 되며, 간혹 패킷의 정보가 유실되는 경우가 존재 할 수 있다. 만약에 유실된 정보가 GOOSE 통신 신호라면 재전송 때문에 문제가 되지 않지만, 샘플 값 이라면 보정 문제가 필요하고 신뢰성에 문제가 생기게 된다.

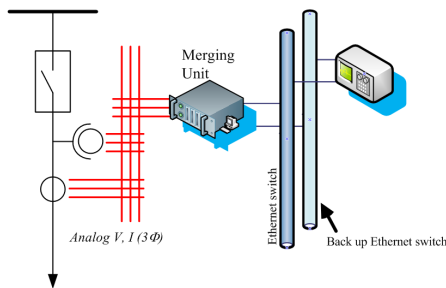


- Type 1 (Fast messages)
- Type 1A (Trip)
- Type 2 (Medium speed messages)
- Type 3 (Low speed messages)
- Type 4 (Raw data messages)
- Type 5 (File transfer functions)
- Type 6 (Time synchronisation messages)

<그림 4> IEC 61850 통신의 종류 및 수준

3.4 이중화 네트워크 사용

IEC 61850에서의 병합 장치를 구현 할 때 신뢰도를 높이기 위해 2개의 이더넷을 쓰면서 다른 하나의 이더넷을 보조 장치로 활용을 한다. 메인 이더넷이 고장이 발생하여 보조 이더넷이 백업 될 시에 <그림 4>의 Type4인 샘플 값의 <표 1>의 P3클래스의 32비트 샘플링시는 한 샘플 값의 데이터 집합을 보내야하는 시간인 3ms를 초과 하지 않도록 개발 해야 한다.

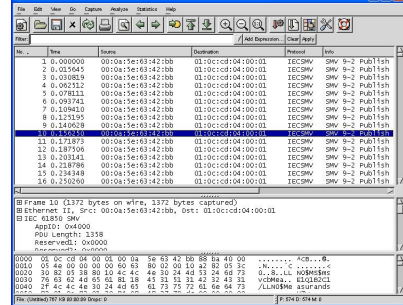


<그림 5> 이중화 네트워크

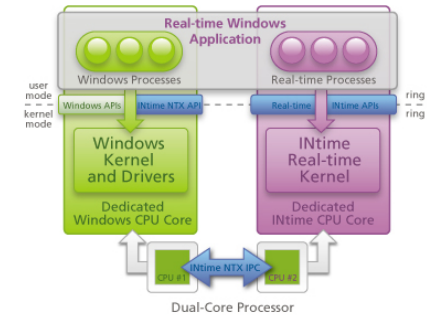
4. 사례연구

구현 한 병합장치의 운영체제는 windows를 사용하였고 개발 툴로는 SISCO사의 MMS EASE-lite와 National Instrument사의 PCI E 시리즈를 사용하였다. 병합장치에서 전송된 샘플 값이 이더넷 스위치를 통해 전송 되면서 <그림 6>과 같이 정확한 시간간격으로 전송 되지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 이와 같이 windows를 운영체제로 사용하여 <표 1>에서 요구되는 trip time을 구현하기가 힘든 이유는 windows 시스템의 경우는 인터럽트 프로그램을 일반적으로 커널 모드의 드라이버 프로그램으로서 기술해 고도의 프로그래밍을 요구하기 때문이다. 따라서

windows에서 테스크 스케줄러를 유저모드로 사용할 수 있는 <그림 7>과 같은 리얼타임 OS인 INtime을 이용하여 수 μ 단위의 제어를 할 수 있게 하였다. 또한 네트워크 시간지연 및 과부하 현상을 피하기 위해서 지속적인 하나의 이더넷 스위치에 가장 효율적인 최대 IED의 접속 개수에 관한 연구가 필요하다. 이중화 네트워크 사용시에 백업 되는 순간의 딜레이 현상의 해결책으로는 메인 이더넷의 버퍼를 하나 기다렸다가 보내고 보조 이더넷의 신호는 기다리지 않고 보내면 고장이 나서 백업이 될 시에 샘플 값 메시지가 지연 되지 않는 방법도 고려 할 수 있다.



<그림 6> 구현한 병합장치의 패킷 분석



<그림 7> 리얼타임 OS

5. 결 론

본 논문에서는 병합 장치를 구현하면서 실시간으로 샘플 값을 전송 하는 방법에 관하여 고려해야 할 전송 요구사항, 네트워크 시간 지연, 네트워크 과부하 현상 등의 문제점들에 대해 실시간 통신 방안을 설명 하였다. 전압 및 전류의 값을 측정하여 계전용 IED로 샘플 값 메시지를 전송하는 시간은 실시간으로 처리해야 하는 문제가 있기에 실시간에 관한 일정한 기준이 필요하다. 따라서 IEC 61850-5에서 정의한 P3클래스인 1920 Samples/s를 최소한 3[ms] 이내로 전송해야 하는 기준으로 구현 하여야 한다. 네트워크로 인한 시간 지연 및 과부하 현상 역시 3[ms] 이내의 요구사항을 만족하도록 구현하기 위해서 지속적인 개선이 요구되며, 하나의 이더넷 스위치에 가장 효율적인 최대 IED의 접속 개수에 관한 연구가 더 요구되어진다. 보조 이더넷의 사용 문제는 최소한 trip time보다 짧은 시간 마다 체크를 해서 메인 이더넷의 고장유무를 판단해야 한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었으며(차세대전력기술연구센터), 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음

[참 고 문 헌]

- [1] IEC61850-5 Communication networks and systems in substations, Part5: Communication requirements for functions and device models
- [2] IEC61850-1 Communication networks and systems in substations, Part1: Introduction and overview
- [3] IEC61850-8 Communication networks and systems in substations, Part8: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mappings to MMS(ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
- [4] Alexander Apostolov, "IEC 61850 distributed Analog values Applications in Substation Automation System", IEEE PES General Meeting, p.1155-1162, June 2005