

변전소의 보호·제어를 위한 디지털 시스템 개발

PART 2 - 광 통신망 개발

권 옥현*, 박 상환*, 김 명준*, 이 영일*, 박 력기*, 문 영수*, 윤 만철**, 김 일동**, 이 제현**
 *서울대학교 제어계측공학과, **한전기술연구원 계통연구실

Development of a Digital System for Protection and Control of a Substation
 Part 2 - Development of Fiber Optic Network

W.H.Kwon*, S.H.Park*, M.J.Kim*, Y.I.Lee*, H.K.Park*, Y.S.Moon*, M.C.Yoon**, I.D.Kim**, J.H.Lee**

*Dept. of Control and Instrumentation Eng. Seoul National University, **KEPCO RC

ABSTRACT

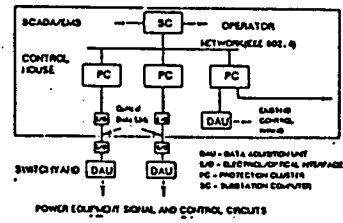
In this paper, the development of a fiber optic network for an integrated digital protection relay system is described. The structure of the developed network is determined to loosen the optic requirements and to have good extensibility while providing sufficient functions for protection and control for substations. The network has a hierarchical structure with two levels. The upper level handles data for monitoring and control of the system with star topology. The lower level manages the real time data for bus protection with one-to-one connections. Communication flows of each level are described. The HDLC is employed as the network protocol.

1. 개요

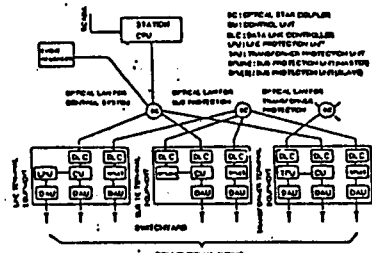
최근 들어 전력 수요가 급증함에 따라 변전소들 보호, 제어하는 시스템의 중요성이 더욱 커지고 있으며, 그 규모 역시 대형화 되고있다. 또한 이와 같이 규모가 큰 시스템은 많은 전력 계통 장비들과 이것들을 연결하는 케이블들을 필요로 한다. 게다가 전력 시스템의 고신뢰도를 위해 더욱 개선된 보호 알고리즘이 요구되는데 이러한 알고리즘들은 대개 서로 떨어져있는 몇몇 장치들 간의 정보를 필요로 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 디지털 보호 계전 시스템들이 개발되어왔다[1].

이러한 보호 계전 시스템들은 기본적인 보호, 제어, 감시 기능을 수행하기 위해 근거리 통신망을 구축하게 된다. 따라서 어떠한 형태의 통신망을 사용하느냐 하는 것이 보호 계전 시스템의 중요한 요소가 된다. 보호 계전 시스템에 사용되는 통신 시스템은 변전소의 불안정한 전기적 환경, 즉 전자기 간섭에 영향을 받지 않아야 하며, 실시간의 정보 교환을 위해서는 빠른 전송 속도를 가져야한다. 따라서 물리적인 매체로서는 전기적 노이즈에 강한 광 섬유가 많이 사용된다. 뿐만아니라 높은 신뢰성을 가져야 하며, 같은 성능하에서는 최대한 비용이 적게 들어야 한다[2,3].

현재까지 몇 가지 형태의 보호 계전 시스템들이 개발되어 왔는데 그 중 가장 먼저 제시된 것이 그림 1-(a)의 WESPAC 모델이다. 이 시스템은 데이터를 수집하는 장치와 보호 알고리즘을 수행하는 유니트 사이가 통신선으로 연결되어 있다. 따라서 이 통신선로에 손상을 입을 경우 보호기능



(a) WESPAC model



(b) TEPCO's DPAC model

그림 1. 기존의 보호 계전 시스템

을 제대로 수행하지 못하게 된다. 그림 1-(b)는 일본에서 개발된 TEPCO 모델이다. 이 시스템에서는 표준화된 통신 규약인 IEEE 802.4 토큰 패싱 버스가 사용된다. 이 TEPCO 모델은 데이터를 수집하는 부분과 보호기능을 수행하는 부분을 합하여 하나의 유니트로 구성하여 WESPAC 모델이 갖는 단점을 보완하였다. 그러나 제어 목적을 위한 통신망과 보호 목적을 위한 통신망이 이중으로 구성되어 있기 때문에 설치 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 시스템들이 갖는 단점을 보완하여 신뢰도가 높고, 가격이 저렴하면서도 변전소의 보호, 제어, 감시 기능을 충분히 수행할 수 있는 새로운 형태의 광 통신망을 제안한다. 이 통신망은 'IDPACS(Integrated Digital Protection And Control System)'라는 변전소 종합 보호 시스템에 구현되어있다. 개발된 통신망은 실시간 조건의 유무에 따라 'Level 1'과 'Level 2' 두 부분으로 나누어 지는데, TEPCO 모델과는 달리 계층적 구조로 되어 있어 통

신선도를 최소화 하였다. 또한 같은 성능을 가질 때 더 낮은 전송 속도로 구현이 가능하다. 전송 매체는 광 섬유를, 통신 규약은 HDLC를 사용하였다.

먼저 2절에서 전반적인 IDPACS의 구조와 통신망의 형태를 설명하고, 3절과 4절에서 각각 Level 1 통신과 Level 2 통신에 대해 설명한다. 그리고 5절에서 결론을 맺는다.

2. 통신망의 구조

IDPACS는 스테이션 유니트(SU), 선로 보호 유니트(LPU), 버스 보호 유니트(BPU), 변압기 보호 유니트(TPU) 등으로 이루어져있다. SU는 전체 시스템을 관리하는 부분으로서 실제 변전소의 배전반 안에서 사용자가 다루는 장치이다. 각 보호 유니트로부터 감시 데이터를 받아서, 사용자에게 현재의 상태를 알려주는 역할을 한다. 또한 사고가 발생할 시에는 사고 사실을 알려준은 물론 사고 데이터를 수집하여 저장, 기록한다. 각 보호 유니트들은 기본적으로 보호기능을 수행하고 자신의 상태와 수집된 전압, 전류 값 등을 수시로 SU로 보내어 관리하게끔 한다.

여기서 특기할만한 사항은 버스 보호 유니트의 경우 자신의 보호기능을 수행하기 위해 필요한 정보 중 일부를 직접 측정하지 않고, 다른 유니트에서 수집한 값을 통신을 통해 받아서 사용한다는 점이다. 이것은 버스의 특성상 같은 지점의 데이터를 버스 보호 유니트와 산하의 다른 유니트(예를 들어, 선로 보호 유니트나 변압기 보호 유니트)들이 함께 필요 하기 때문에 같은 데이터를 두번 수집하는 일을 막기 위한 것이다. 따라서 버스 보호를 위해 전송되는 데이터는 실시간 조건이 엄격하게 지켜져야 하며 높은 신뢰도를 가져야 한다.

IDPACS에서 통신을 통해 전송되어야 하는 데이터를 특성에 따라 분류해 보면 다음과 같다.

- ① SU에서 각 보호 유니트로 보내어지는 데이터
 - 감시 데이터 요구 (정기적 - 매 2초마다)
 - 사고 데이터 요구 (사고 발생시)
 - 상시 데이터 요구 (사용자 요구시)
 - 제어 명령 (사용자 요구시)
- ② 각 보호 유니트에서 SU로 보내어지는 데이터
 - 감시 데이터 (SU 요구시)
 - > 사고 발생 유무에 관한 정보포함
 - 사고 데이터 (SU 요구시)
 - 상시 데이터 (SU 요구시)
- ③ 각 보호 유니트에서 버스 보호 유니트로 보내어지는 데이터
 - 측정된 전류치 (정기적 - 매 1.38msec마다)

위의 분류에서 주목할 것은 실시간 조건의 유무이다. 실시간 조건이 있는가 없는가 하는 문제는 통신망의 구현에 큰 영향을 미치기 때문이다. 위에서 ①,② 데이터는 실시간 조건이 없거나, 있어도 큰 제약이 되지않는 정도인데 비해, ③번 데이터는 1.38msec마다 주고 받아야 한다. 그런

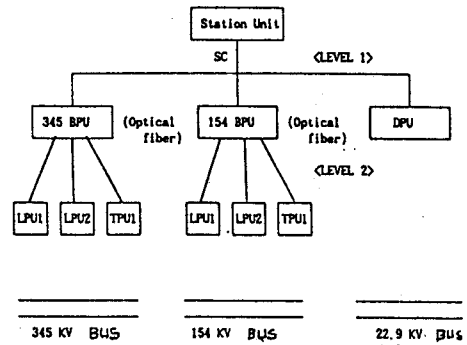


그림 2. IDPACS의 구조

데 ①,② 데이터를 위한 통신망과 ③번 데이터를 위한 통신망을 따로 구현할 경우 필요한 통신선로가 많아져서 비용이 증가한다. 따라서 위의 기능을 만족시키면서도 간단한 형태의 통신망이 필요하다.

이러한 조건들을 만족시키기 위해 본 논문에서 제안한 통신망은 Level 1과 Level 2의 계층적 구조를 갖고있다. Level 1은 SU와 버스 보호 유니트들 간에 형성되는데, ①, ② 데이터, 즉 SU에서 필요로 하는 감시 데이터와 SU에서 각 보호 유니트로 보내는 제어 명령등을 위한 통신망이다. 반면에 Level 2는 버스 보호에 쓰이는 실시간 데이터를 위한 것이다. 또한 Level 1에 직접 연결되지 않는 보호 유니트들의 감시 데이터와 제어 명령을 중계함으로써 이것을 위한 별도의 통신선로가 없어도 되게끔 하였다. 따라서 Level 2 통신망은 ①,②,③ 데이터를 모두 다루게 되며 대상 버스에 따라 각기 구현된다. 이러한 전체 통신망의 구조가 그림 2에 나타나 있다.

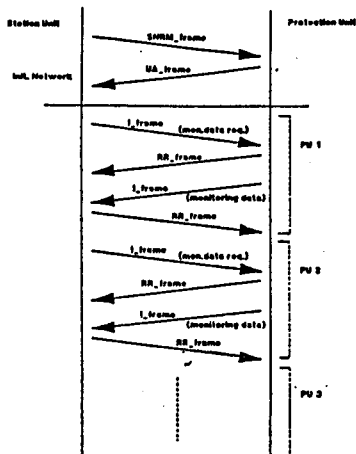
3. Level 1 통신

Level 1 통신망은 앞의 2절에서 설명했듯이 SU와 각 보호 유니트들 간에 구성되는 것으로서 주로 감시 데이터와 제어 데이터를 다루기 때문에 실시간 조건은 없다. 2절의 데이터 분류 중 ①,② 데이터를 위한 것이다. 통신망의 물리적인 특성은 아래와 같다.

LEVEL 1 :

전송매체 - Optical Fiber (50/125 μm)
 Topology - 16 x 16 star topology
 전송규약 - 100 kbps, HDLC NRM

Level 1 통신의 특징은 SU가 전체의 Master가 되고 나머지 연결되어있는 유니트들은 Slave로서 작용한다는 점이다. 이것은 Level 1의 경우 보호 유니트들 간의 통신은 불필요하기 때문이다. 즉 모든 통신은 SU가 가지는 미리 정해진 순서대로 행하여지며 다른 유니트들은 SU의 명령에 응답하는 형태이다. 또한 스타형의 구조를 갖기 때문에 확장성이 좋다고 볼 수 있다. 여기서 데이터들의 전송은 그림 3의 통신 흐름도에 따른다.



Normal Operation

그림 3. Level 1의 통신 흐름도

4. Level 2 통신

Level 2는 해당되는 버스에 대해 버스 보호 유니트와 선로 보호 유니트, 변압기 보호 유니트들 간에 일대일로 연결되는 통신망이다. 앞에서 설명했듯이 ③번 데이터를 실시간 조건에 맞추어 전송하면서 ①, ② 데이터를 중계한다. 이 통신망의 특성은 다음과 같다.

LEVEL 2 :

- 전송매체 - Optical Fiber (50/125 μ m)
- Topology - One to One connection
- 전송규약 - 1 Mbps, HDLC Full Duplex

Level 2 통신망의 특징은 일대일 접속의 형태를 갖는다는 점이다. 이것은 실시간 조건에 기인한다. TEPCO 모델처럼 스타형의 구조로 토론 패싱 버스를 사용할 경우 버스 보호 유니트와 연결되는 유니트의 갯수에 비례해서 전송속도가 높아져야 하기 때문이다. 따라서 같은 수의 유니트와 연결되는 상황에서 상대적으로 더 낮은 전송속도로 구현할 수 있다. 또한 여러 유니트와의 통신이 병렬로 이루어질 수 있기 때문에 유니트간의 데이터 수집 시점을 동기시키기 용이하다[5].

Level 2 통신망은 ①, ②, ③ 데이터를 모두 다루어야 하기 때문에 하나의 전송 프레임 내에 구역을 나누어 사용한다. 이것은 그림 4와 같다[4].

5. 결론

본 논문에서는 IDPACS를 위해 개발된 광통신망에 대해 설명하였다. 개발된 통신망은 Level 1과 Level 2, 두 개로 이루어진 계층적 구조를 갖고 있다. Level 1은 전체 시스템을 관리하는데 사용되며, SU와 보호 유니트들 간에 형성된다. Level 2는 버스 보호를 위한 실시간 통신망이며,

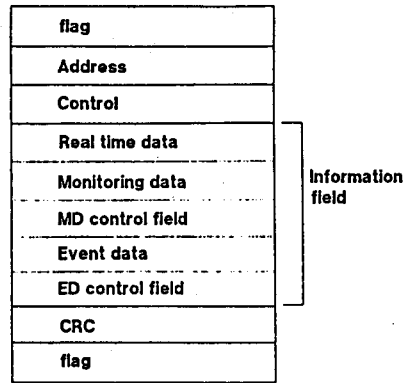


그림 4. Level 2의 프레임 구조

Level 1에 직접 연결되어 있지 않은 유니트들의 감시, 제어 데이터들을 SU로 중계한다. 보호 목적의 통신망과 감시, 제어 목적의 통신망을 이중으로 구성하지 않고 하나의 통신망으로 해결하여 비용의 절감을 꾀하였다. 또한 Level 2에 일대일 접속 방식을 채택하여 스타 형태에 비해 상대적으로 낮은 전송속도라도 실시간 조건을 만족시켰다.

다만 범용성이 다소 떨어지고 구조적으로 볼 때 Level 1과 Level 2를 이어주는 부분이 취약하다고 볼 수 있다. 따라서 이 문제에 대한 개선이 요구된다. 그러나 개발된 광통신망은 변전소의 보호, 제어 목적에 충분히 부합하면서도 적은 비용으로 구현이 가능하고 확장성도 좋은 형태라 볼 수 있다.

참고 문헌

- [1] J.S.Deliyannides, E.A.Udren, "Design Criteria for an Integrated Microprocessor-Based Substation Protection and Control System," *IEEE Tr. on Power Apparatus and Systems*, Vol.PAS-101, pp.1664-1673, 1982.
- [2] W.H.Kwon, B.J.Chung, J.W.Park, and G.W.Lee, "Real Time Fiber Optic Network for an Integrated Digital Protection and Control System," *IEEE Tr. on Power Apparatus and Systems*, 1991.
- [3] J.W.Park, "A Study on the Implementation of Real time Fiber Optic Network for Protective Relay System," *M.S.thesis, Seoul National University*, 1991.
- [4] Fred Halsall, *Data Communication, Computer Networks and OSI*, Addison Wesley.
- [5] M.J.Kim, "Development of Fiber Optic Network for an Integrated Digital Protection Relay System," *Proceeding of 92 ISL Winter Workshop*.