

배전자동화 시스템용 광네트워크 구성 및 운용방안에 관한 연구

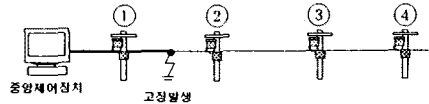
°김명수, 고상천, 김용팔
전력연구원

The Study on the Distribution Automation System using Optical Network

Myong-Soo Kim, Sang-Chon Ko, Yong-Pal Kim
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - In recent years, it becomes a worldwide trend that the power utilities focus their attention to the automation of their power plants and distribution systems, employing recent developed communication technologies. Following this trend, KEPCO has installed optical communication links along its power distribution lines and at the same time, has exhausted much efforts to implement its own Distribution Automation Systems(DAS) in possible early date. This paper presents some of initial design efforts toward KEPCO's DAS at KEPRI.

된다는 것이다. 이점은 수용가와 밀접하게 연결되어 있는 배전계통의 특성상 심각한 문제라고 할 수 있다. 배전자동화는 타전력설비 자동화에 비교하여 볼 때 그 시스템 특성상 단말기간 정보전송로가 외부에 노출되어 있는 특성으로 인하여 정보전송로의 신뢰도가 시스템 전체 운용 신뢰도에 상당히 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다<그림 1>. 이에 대한 대책으로 선로를 2중으로 구성하는 방안도 있지만 설치비용, 운영 및 효율성에서 문제가 따른다.



※ 1번 계계기를 제외한 모든 계계가 무용됨

<그림 1> 통신선 고장시 문제점(현재)

1. 서 론

현재 국내의 배전자동화시스템은 전화선(페어케이블), 배전선반송(PLC), CATV(HFC) 등을 사용하여, 배전자동화 및 원격검침을 구현하였다[1]. 페어케이블은 별도로 포설하였고, HFC는 기존 한전이 보유한 CATV 망을 이용하였다. 그러나, 현재, 한전은 종합자동화와 통신분야의 인프라를 구축하기 위한 광케이블을 배전선로를 따라 구축하고 있다. 이는 배전계통상에 직접포설되어있고, 이미 구축되어있으므로 배전자동화용 정보전송망으로써 가장 적합하다고 할 수 있겠다. 또한, 배전자동화의 광역시스템 구축 및 통합관리를 위해서는 광케이블을 기반으로 하는 전사업소의 통합망 운영이 절실하다. 본 논문에서는 광네트워크를 이용하고자 할 때에 배전자동화시스템의 데이터처리 및 운용 방안과 구성방안에 대하여 논의하였다.

배전자동화 시스템을 구축하기 위하여 요구되는 통신망은 충분한 대역폭, 확장성, 비용, 보안, 상호연동, 신뢰성 등의 조건을 갖추어야 한다[2]. 이 중에서 가장 중요한 요소는 비용 및 신뢰성이다. 배전계통의 고장시 신뢰성있는 통신확보는 매우 중요하다고 하겠다. 세계적으로 배전자동화시스템에서 현재 사용중인 통신매체로는 크게 배전선반송(PLC), 동축케이블(Cable TV), 무선(Radio), 광섬유(Fiber-Optics) 등이고 각각의 통신망은 장단점을 가지고 있으며 지역적 특성에 따라 선택, 사용되고 있지만, 위에 나열된 조건을 만족하는 통신망으로 광네트워크를 지목하고 있다[3][4][5]. 다음절에서 한전이 보유한 광네트워크를 배전자동화시스템의 통신망으로 사용할 때의 구성방안과 운용방안에 대하여 논하도록 하겠다.

2. 한국의 배전자동화 현황 및 문제점

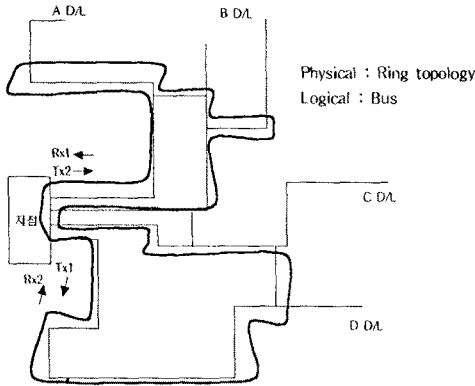
현재 개발된 국내 배전자동화시스템은 원격검침 및 개폐기원격제어 등이 가능하며, 한국전력공사 강동지점에 설치되어 운용되고 있다. 배전자동화(개폐기 원격감시 및 제어기능)를 수행하기 위하여 선로(D/L)단위로 전용통신선(Pair cable)을 별도로 포설하여 사용하고 있으며, 운용결과 시스템적으로 보완점이 발생하였다. 그중 가장 큰 사항은 통신선로의 한 부분이 끊어지거나 장애가 발생하면 그 후단에 연결되어 있는 모든 개폐기와 통신이 단절

3. 광선로의 구성 방안

3.1 선로구성

배전계통을 따라 포설되는 광케이블은 루프를 형성하기에 용이하다. 이 루프를 이용하여 물리적으로는 단일 선로이지만 신호를 양방향으로 전송 할 수있게 구성하므로써 하나의 선로가 마치 두 개의 선로로 구성(논리적으로 2중화)된 것처럼 사용 가능하다. 중앙제어장치(CS)의 통신부에서 Tx, Rx를 2중화하여 양방향으로 신호를 송수신

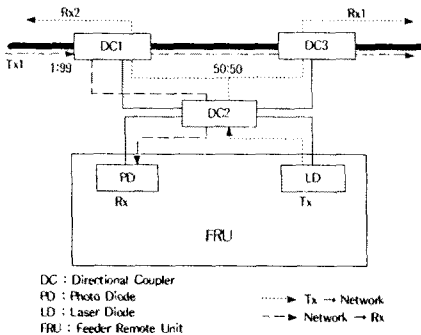
할 수 있도록 구성하여 선로고장에 대비한다. <그림 2>에 배전계통과 그에 따르는 루프구성도의 예를 나타낸다.



<그림 2> 광선로의 루프구성

3.2 기기구성

각 선로통신장치(Feeder Remote Unit :FRU)는 광선로와의 연결을 위하여 각각 Laser Diode(LD) -Tx, Photo Diode(PD)-Rx를 내장한다. 자동소자가 아닌 수동소자를 사용하여 멀티드롭형태의 수동접속형태를 이용한다[6]. 수동접속형태를 사용하므로써 각 노드에 문제가 발생하였을 때에도 바이패스가 가능하여 한 노드의 고장이 전체 네트워크에 영향을 미치지 않도록 구성한다. 전체 FRU 수용용량은 광네트워크의 손실특성(각 연결소자를 거치면서 생기는 손실)을 고려하여 규모에 따라 다중링으로 구성할 수 있다[7]. <그림 3>에 광선로와 FRU의 연결방안을 제시하였다. 방향성결합기1(Directional Coupler 1:DC1)에서 신호를 전송 받으면 그 신호는 DC2와 DC3로 1:99 비율로 전송된다. DC3은 신호를 바이패스시키고, DC2는 신호를 PD(Rx)로 보내준다. FRU는 프레임의 주소를 해독하여 자신의 주소가 아니면, 프레임을 폐기시키고, 자신의 주소이면, 해당 명령을 수행하고 LD(Tx)를 통하여 DC2로 보내준다. DC2는 받은 신호를 DC1과 DC3에 50:50의 비율로 보내어 각각 양방향으로 신호를 송신한다. 네트워크 설계시 수용가능 용량을 고려하여 출력레벨을 올리거나, 구간(ring)을 세분화하는 방법으로 적정신호레벨을 유지할 수 있다.



DC : Directional Coupler
 PD : Photo Diode
 LD : Laser Diode
 FRU : Feeder Remote Unit

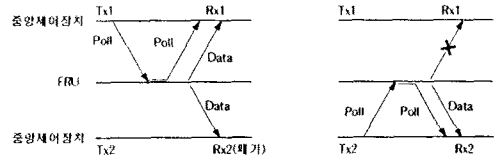
--- Tx → Network
 --- Network → Rx

<그림 3> 광선로와 FRU의 연결방안

4. 세부운용방안

4.1 데이터처리방법

평상시의 운용은 Tx1과 Rx1을 이용하여 통신을 주고받는다. Tx1을 통하여 특정개폐기의 상태 등을 계속하는 명령을 네트워크로 보내면 그 신호는 바이패스되어 Rx1으로 다시 들어오게 된다. 이것을 통하여 신호가 정확히 도착하였는지 여부를 판단한다. 해당개폐기는 ACK신호를 보낼 필요없이 상응하는 처리를 하여 링의 양방향(Rx1과 Rx2)으로 신호를 송신한다. 중앙제어장치는 Rx1을 통하여 신호를 수신하며, Rx2는 무시한다. 그러나, 일정시간이 지나도 Rx1으로 데이터 프레임이 도착하지 않으면 Tx2로 송신방향을 절체하여 데이터 송수신을 가능하게 한다. 자세한 선로고장 진단절차 및 운용방안을 4.2 절에서 다루기로 한다.



(a) 정상통신

(b) 고장시

<그림 4> 데이터 처리방법

어드레스 운용은 지역당 31개의 지점을 하나의 광역망으로 확장할 경우, 운용이 가능하도록 5비트로 구성하고, 각 지점당 신호레벨과 네트워크의 길이 등을 고려하여 7개의 구간으로 나누어 운용할 수 있도록 3비트로 하였으며 각 구간은 255개의 개폐기를 수용할 수 있도록 8비트의 길이를 갖는다. 어드레스는 각각 전부 1일 경우 동보통신을 할 수 있다. <표 1>에 주소부에 해당하는 부분을 나타내었다.

<표 1> 주소부 포맷

| Branch Address | Sector Address | FRU Address |
|----------------|----------------|-------------|
| 5bits | 3bits | 8bits |

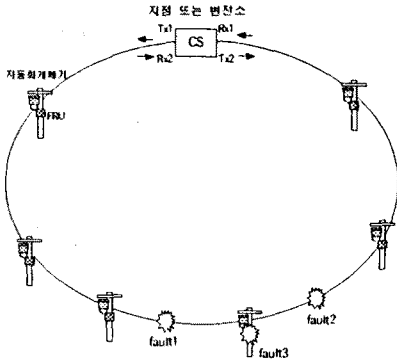
* Branch Address : 각 지점별 지점의 수
 * Sector Address : 각 지점별 루프(망)의 수(소규모는 하나의 링으로 구성)
 * FRU Address : 각 링별 FRU의 수

4.2 장애 발생

네트워크의 장애발생장소는 <그림 5>에 나타나듯이 FRU를 중심으로 3곳에서 발생할 수 있다. 고장 발생의 구간으로 보내는 Tx신호가 중앙제어장치내 통신처리장치의 대응 Rx로 유입되지 못할 경우, 통신처리장치는 이런 상황을 중앙제어장치로 통보하여 경보발생, 경로변경 등의 장애처리를 신속하고 적절하게 대응하게 하여야한다. Tx1을 주송신단(Main Transmitter)으로 설정하였다고 가정할 때, 고장발생의 첫 번째 장소는 해당 FRU 진단단에서 발생할 경우이며, 이때에는 Rx1으로 Tx1신호와 FRU의 응답 프레임 모두 수신하지 못한다. 두 번째는 해당 FRU의 후단에서 발생할 경우이며, Rx1은 첫 번째와 같은 상황이 된다. 세 번째는 FRU 내부에서 발생할 경우이며, Rx1은 Tx1의 신호만 수신하게 된다. <표 2>

에 이러한 발생경우를 서술하였다.

<표 2>에서 보듯이 FRU 내부고장을 제외하고는 Rx1이나 Rx2 어느 한곳에서는 FRU 응답 프레임을 수신할 수 있다.



<그림 5> 가능한 장애발생장소

<표 2> 고장발생지점에 따른 신호 수신

| 송신단 | 수신단 | 수신 신호 | Fault1 | Fault2 | Fault3 |
|-----|-----|------------|---------|---------|--------|
| Tx1 | Rx1 | Tx1 | × | × | ○ |
| | | FRU 응답 프레임 | × | ○ (Rx2) | × |
| Tx2 | Rx2 | Tx2 | × | × | ○ |
| | | FRU 응답 프레임 | ○ (Rx1) | × | × |

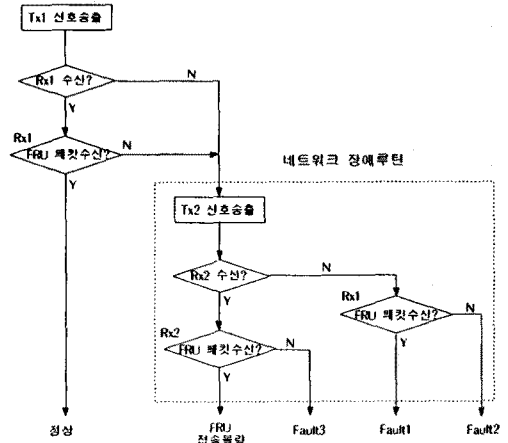
* ○ (Rx1) : Tx2에 해당하는 FRU 응답프레임을 Rx1에서 수신
 * ○ (Rx2) : Tx1에 해당하는 FRU 응답프레임을 Rx2에서 수신

4.3 네트워크 운용 방안

네트워크 운용에 있어 중요한 기능은 이상상태를 감지하여 장애구간을 찾고 신속하게 복구할 수 있는 기능이다. <그림 6>에 보이듯이 주 송신단을 결정한 후 한 방향으로만 송수신을 하게 된다. 본 논문에서는 Tx1과 Rx1을 주 송수신기로 설정하였으며 네트워크상에 장애를 경험하면 부 송수신기(Tx2, Rx2)로 기능을 넘기는 알고리즘을 채용한다. Tx1이 Poll 신호를 송출하였을 때, Rx1이 정확히 수신하였나를 검사한다.

Rx1이 신호를 수신하지 못하였다면, 네트워크 장애루틴으로 들어가게 되며, Tx2에서 Poll 신호를 네트워크로 보낸다. Rx2가 이 신호를 수신하고 FRU 패킷도 수신하였다면, 광케이블 특성상, 신호에 장애가 있는 것이 아니라 FRU 접속부분이나 명령처리 과정에서 일시 불량일 생긴 것이므로 FRU 접속불량메세지를 표시하고, 주 송수신기로 기능을 철체한다. 그러나, FRU 패킷을 수신하지 못하였다면 FRU 내부고장으로 간주한다. 또한, Rx2에서는 Poll 신호를 감지 못하고, Rx1에서 FRU 패킷을 수신하였다면, Fault1에 해당하고, Rx1도 아무신호도 받지 못한다면 Fault3에 해당한다.

일단 장애의 위치를 알면 각각의 모드(fault1,2,3)로 전환하고, 장애복구가 되기 전까지 각 모드로 네트워크를 운용한다.



<그림 6> 네트워크 운용처리 절차

5. 결 론

전력회사에 있어서 정보통신네트워크 이용방안은 회사 증장기 계획에 부합하여 최대활용을 목표로 신중하게 진행해야 한다. 한편의 경우, 배전선로에 포설되어있는 광네트워크를 이용한 배전자동화시스템 구축방안은 전력회사의 정보통신네트워크를 적극 활용한 방안이라고 할 수 있다. 본 논문에서 제시된 배전자동화용 광네트워크 운용방안은 네트워크상에 어떠한 장애도 즉시 찾아낼 수 있으며, 장애에 따른 정보통신네트워크의 기능정지를 미연에 막을 수 있다. 신뢰성을 중요시하는 배전자동화용 통신선로로써 광통신망을 사용하지 않고, 다른 네트워크를 이용할 때 생길 수 있는 장애의 파급효과를 고려하면, 비용면에서도 월등히 좋다고 할 수 있다. 앞으로 배전자동화용 광네트워크를 이용하여 다양한 서비스가 가능한 네트워크 운영에 관하여 연구하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 하복남 외 4명, "국산 배전자동화시스템 실계통 실증연구('94~'97)"최종보고서, 전력연구원, 1997.
- [2] 김명수 외 2명, "ATM 망을 이용한 배전자동화시스템구성방안연구", '97대한전기학회 하계학술대회, Vol. G, 1997.
- [3] Terry Devaney, "Successful Communication Techniques for Distribution Systems", DA/DSM '95 Asia, 1995.
- [4] Jeffrey D. Steels, "Using Hybrid Fiber-Coax Networks to Support Utility Telecommunications Strategies", DA/DSM '97 USA, 1997.
- [5] OHM japan, "配電自動化システムの新しい展開", OHM magazine 6월호, 1997.
- [6] Govind P.Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", wiley, 1993.
- [7] Paul E. Green, Jr., "Fiber Optic Networks", Prentice-Hall, 1993.