

전력자동화서비스를 위한 광네트워크 설계 및 모델개발

김명수*, 현덕화, 조선구
한진 전력연구원

The Development of the Optical Network for the Automation Systems in Electric Power Companies

MyongSoo Kim*, DuckHwa Hyun, SeonKu Cho
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - There are many applicable services such as remote metering, load control, distribution line automation, Pole transformer Monitoring having their own networks in the electric power company.

The application of the optical network technology as the back-born network to the Automa

tion Systems in KEPCO is potentially beneficial in reliability, speed, and expandability. The 1-core and 2-core optical modems were developed and used by the Distribution Automation System. But, They had some disadvantages and advantages. So, We designed the new optical modems applied each advantages. This paper presents some of design efforts and test results for the multi-channel optical modem at KEPRI.

1. 서 론

전력공급신뢰도에 대한 수용가의 요구수준은 점점 높아지고 있고, 이에 따라 자동화시스템의 신뢰성도 더욱 더 높아지고 있다. 전력회사에서는 전력의 안정적 공급을 위하여 많은 노력과 투자를 하고 있고, 자동화시스템의 신뢰성은 전력의 안정적 공급과 밀접한 관계가 있으므로 자동화시스템에 고장없는(Fault-Tolerant) 통신선로를 채용하는 것은 당연하다고 할 수 있다. 자동화시스템용 통신선로로써 광네트워크가 가장 신뢰성이 있는 것으로 알려졌지만, 구체적인 운용방법 및 정량적 설계는 최근에야 제시되었다. 1999년 전력연구원에서 하나의 광코어를 이용한 배전자동화시스템의 구체적인 구성방안 및 운용시에 사용 가능한 알고리즘 등을 제시하여 정량적인 분석을 하였고, 그 결과, 하나의 광코어를 이용한 배전자동화시스템을 고장실증시험장에 구축하여 사용중에 있다[1]. 또한, 1999년 한전의 2개 사업소에서 2코어를 이용한 광통신네트워크를 구축하여 2000년에 배전자동화시스템에 적용하여 사용중에 있다. 본 논문에서는 1코어 및 2코어를 이용한 광통신네트워크의 장단점 분석 및 이들의 장점만을 적용한 새로운 개념의 다채널 광모뎀의 설계에 대하여 설명하고자 한다.

2. 1코어와 2코어 광통신방식 비교

1 코어를 이용한 배전자동화용 광통신망 운용방안은 네트워크 상에서 발생할 수 있는 다양한 고장조건을 즉시 구분할 수 있으며, 광통신망 장애에 따른 통신고장을 미연에 막을 수 있어서, 2코어를 이용한 광통신네트워크

에 비하여 매우 경제적인 네트워크를 구성가능하다. 광통신방식은 신뢰성이 우수하여 배전자동화시스템과 같은 신뢰성을 요구하는 자동화시스템에 적합한 통신방식이다. 광통신방식은 1999년 국내에서 처음으로 적용하기 시작하였는데, 2코어를 이용한 방식과 1코어를 이용한 방식이 각각 진행되었다. 1코어를 이용한 자동화용 광네트워크는 특허등록한 상태이다[2].

2.1 2코어 광통신방식

현재 배전자동화시스템에 사용되는 광통신방식은 정보통신망의 일반규격을 따르는 것으로 구현이 쉬운 장점이 있다. 2코어를 사용한 광통신방식은 DS1E급(2,048Mbps) 광신호를 30채널의 64kbps로 나누어 전송하는 방식이다. 각각의 채널은 중앙장치와 1:1로 연결되어 30개의 연결선이 필요하다. 또한, 중앙장치로 1200bps의 속도로 전송하기 위한 SIU(Serial Interface Unit)가 필요하고, 하나의 SIU는 15개의 포트를 가지고 있어서, 24개의 단말이 설치되었다면 2개의 SIU가 필요하게 된다.

광코어 2개로 30개의 단말을 수용할 수 있으므로, 30개가 넘어가면 광코어 2개가 더 필요하게 된다. 이중화를 위하여 2코어를 사용하며, 사용방식은 전형적인 UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)방식을 사용한다. 망운용은 각각의 단말모뎀에 ADM(Add Drop Multiplexer) 기능이 있어서, 자신에게 들어오는 신호를 분석하여 자기 Time Slot에 해당하는 신호를 추출한 후, 다음 노드로 Working Path를 따라 전송한다. 그러므로, 선로고장뿐만 아니라, 광모뎀에 고장이 발생하여도 링의 절체가 이루어진다.

30개의 채널이 독립으로 운용이 가능한 장점이 있지만, 대부분 실제 통신은 폴링방식을 사용하므로, 30개의 채널중 언제나 하나의 채널에만 데이터가 실리게 된다. 단말장치를 더 늘리고자 하면, 타임슬롯 조정과 중앙광단말장치(COT:Central Optical Terminal)의 전체 단말장치 개수 조정을 하여야 한다[3]. 그림1에 2코어를 이용한 전형적인 광통신네트워크의 전체구성도를 도시하였다.

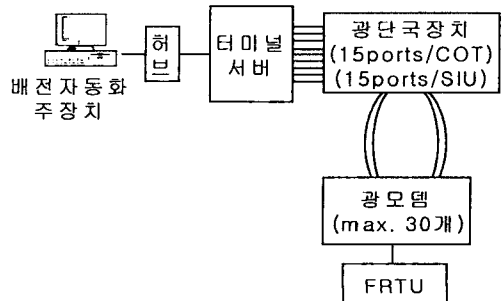


그림 1 2코어 광통신네트워크의 전체 구성도

2.2 1코아 광통신방식

전력연구원에서 개발하여 고장실증시험장에 설치한 1코아 광통신방식은 매우 간단하면서도 신뢰성있는 구조로, 중앙모뎀에서는 전기신호를 광신호로 바꾸어 전체 네트워크에 전송하는 기능을 가지고 있으며, 한쪽네트워크로 전송이 안되면 반대쪽으로 전송이 가능한 구조를 가지고 있다. 단말쪽의 광모뎀은 네트워크로 유입되는 신호를 탭핑하여 자신쪽으로 1%, 네트워크쪽으로 99%를 전송하는 방식으로 수동소자를 사용하여 모뎀에서 고장이 발생하여도 전체 네트워크에는 영향을 주지않도록 설계되었다. 단말쪽 모뎀은 전송할 신호가 있으면 양방향으로 전송하며, 중앙모뎀에서는 어느 한쪽방향으로 신호가 전송되지만 하면 신호를 받아 중앙장치로 전송가능하게 된다. 또한, 2코아 광통신방식에 비해, 수용가능개폐기의 제한이 없으며, 터미널 서버 및 SIU 등의 장비가 필요없는 장점이 있다. 그러나, 신호 감쇄에 따라 광네트워크의 거리가 길어지면, 신호수신이 원활하지 못한 단점(10km/200대)과 단일채널을 공유해야 하는 문제점이 있다[4]. 그림 2에 광모뎀과 FRU의 연결도를 나타내었다.

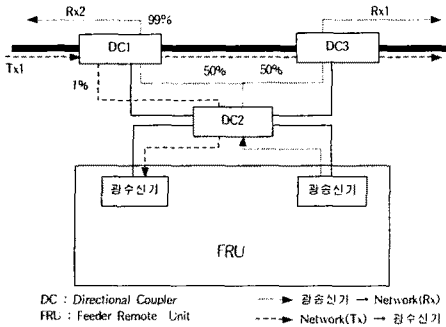


그림 2 1코아 광모뎀과 FRU의 연결도

2.3 비교

현재 사용되는 2코아 광통신방식은 기존의 초고속 정보통신네트워크의 광통신방식과 유사하게 구성하여 실제 자동화통신네트워크로써는 큰 장점이 없다. 필요한 구성장비도 많이 생기게 되고, 채널을 구분하여 전송하는데 따른 장점도 없다. 또한, 가장 중요한 것은 모뎀의 고장으로 인하여 전체네트워크에 고장이 파급된다는 점이다. 이는 자동화시스템의 통신망으로는 매우 치명적인 약점이다. 광코아는 아직까지 비싼 통신매체중에 하나인데, 이를 이용하여 30대의 단말장치밖에 연결하지 못한다면 경제적으로 매우 손실을 가져다 주는 결과가 된다. 만약 31개의 단말장치를 연결할 경우 광통신 코아 4개를 이용하여야 하므로 매우 비효율적인 구성이라고 할 수 있다. 이에 반해 1코아를 이용한 방식은 단말장치의 숫자에 제한이 없으며(일정거리), 다른 부대장비가 필요없는 간단한 구조로 이중화가 가능하다. 하지만, 1코아 방식은 채널이 단일 채널이라 단일 서비스만 가능하여, 다양한 서비스에 대응하지 못하는 단점이 있다. 이는 하나의 코아를 다수의 단말이 공유하는 구조로써, 별도의 독립된 채널의 구성이 용이하지 않은 단점이 있고, 수동형 소자의 적용과 한정된 송신출력으로 인하여 거리제한이 따른다. 이를 해결하기 위해 신호증폭기를 중간에 설치하면 되지만, 능동형 소자의 채용에 따른 문제점을 극복해야만 한다. 2코아 방식은 코아당 설치대수의 제한, 모뎀고장으로 인한 네트워크고장의 파급, 구형 및 유지보수의 어려움 등이 단점으로 부각되며, 1코아 방식은 거리제한 및 채널의 공유가 단점으로 지적된다.

3. 다양한 전력자동화서비스를 위한 광네트워크

각각의 광네트워크가 단점을 가지고 있어, 1코아 및 2코아 광네트워크의 장점만을 채용하여 자동화용 다채널 광모뎀을 설계하고 아래에 소개하고자 한다. 전체 구성을 위하여 3종류의 새로운 모뎀이 필요하며, 기존의 1코아 모뎀은 Multi-Drop(MD) 모뎀으로 명명하고, 하나의 응용서비스(배전자동화시스템 등)를 위한 가입자망 역할을 수행한다. 설계한 첫 번째 모뎀은 Master Modem 이며, 중앙제어장치와 연결되어 광신호를 전기신호로 바꿔주는 역할과 전체 광네트워크를 총괄하며 각각의 모뎀에 대한 관리기능을 수행한다. 두 번째 모뎀은 Point to Point(PtP) 모뎀으로 사용파장은 1550nm와 1310nm를 1 코아에서 동시에 사용할 수 있다. 한 방향으로만 통신이 가능하며, 전원공급의 문제 발생시, 즉시 중앙모뎀으로 고장신호를 송신한다. 세 번째 모뎀은 Mux 모뎀으로, 발단의 MD 모뎀이 있을 경우에 사용하는 모뎀이다. Master 모뎀으로 부터의 명령을 수행하여 MD 광모뎀이 수행하여야하는 명령이면 연결되어 있는 하위 링으로 신호를 송신하는 기능을 한다. 그림 3에 다채널 광모뎀을 이용한 전체 네트워크의 구성도를 도시하였다.

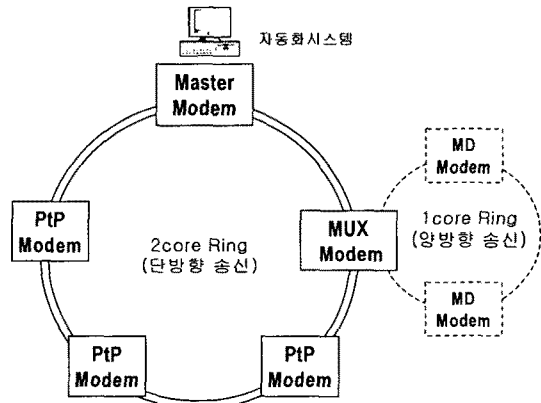


그림 3 다채널 광네트워크 전체 구성도

3.1 마스터 모뎀

마스터 모뎀은 전체 다채널 광네트워크를 총괄하는 모뎀으로 중앙장치의 명령을 광신호로 전송하는 모뎀으로 중앙장치와 RS-232C로 접속한다. 그림 4에 마스터 모뎀의 구성도를 도시하였다.

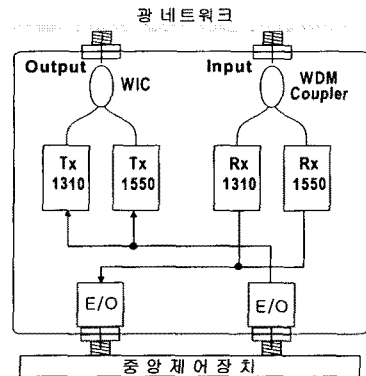


그림 4 마스터모뎀 구성도

마스터모뎀에는 신호의 분배를 위하여 두개의 커플러가 사용되는데, 하나는 두개의 파장을 구분해 줄 수 있는 WDM 커플러이며, 다른 하나는 WIC이다. WIC는 Wave Length Independent Coupler이며, 파장에 관계없이 정해진 비율로 빛의 세기를 분배하는 커플러이다. 중앙제어장치로부터 전송되는 전기신호를 광신호로 변경하여 광네트워크로 전송하고, 광네트워크에서 수신되는 광신호를 전기신호로 바꾸어 중앙제어장치로 전송하는 기능을 수행한다. 마스터 모뎀은 광네트워크의 모든 모뎀과 주기적으로 신호를 송수신하여 각각의 모뎀 상태를 모니터링하는 기능을 수행하여, 문제 발생시, 이를 중앙제어장치로 통보하는 기능을 내장하고 있다.

3.2 PTP 모뎀

PTP 광모뎀은 2코어 네트워크에서 사용되는 광모뎀으로 FRU와 연결가능하며, 일반적인 2코어 광모뎀의 구성도와 비슷하다. 따라서, 2코어링에서의 문제점을 그대로 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 방안은 3.4절에서 다루기로 한다. 그림 5에 PTP모뎀의 구성도를 도시하였다.

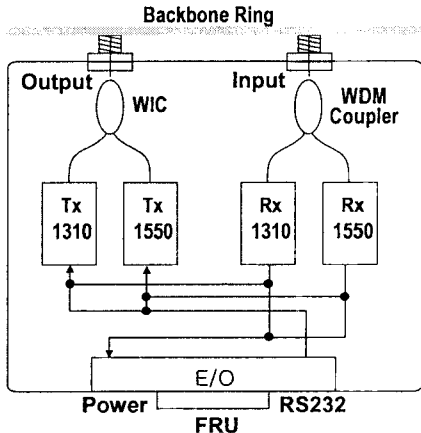


그림 5 PTP 모뎀 구성도

3.3 MUX 모뎀(채널 분리 모뎀)

MUX 광모뎀은 기존의 1코어 광모뎀의 신호를 채널 분리하여, 백본망의 Switching Hub로써의 기능을 수행하며, 다채널 구성이 가능한 모뎀으로 설계하였다. 그림 5에 MUX 모뎀의 구성도를 도시하였다.

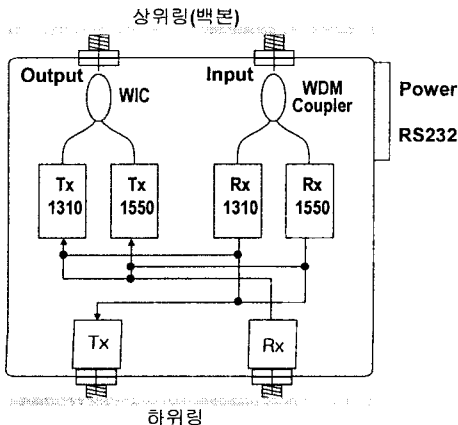


그림 6 MUX 모뎀 구성도

다채널 광모뎀은 유입되는 신호를 분석하여 하위링의 주소에 해당하는 신호이면 아랫단으로 신호를 통과시키고, 하위링의 주소가 아니라면 바이패스(Bypass) 시키는 기능을 한다. 이번에 설계한 모뎀은 2개 채널(1310, 1550nm)을 분리하여 사용하도록 설계하였지만, 현재의 각 부품의 기술수준으로는 1-core에서 8채널까지 구현이 가능하다.

3.4 문제점 및 해결방안

현재 설계된 모뎀들은 기존 개발하였던 수동형 모뎀이 아니라 능동형모뎀이기 때문에, 이에 따르는 문제점을 가지고 있어 이를 해결해야만 한다.

각각의 모뎀은 자기진단기능이 있어서 전원공급의 문제 등 문제 발생시 마스터 모뎀으로 자신의 상태를 송신한다. 또한, 광섬유의 1-Core당 2개 이상의 독립된 Channel을 가질 수 있는 광모뎀이며, 모뎀 및 망관리를 위해 고유의 인식번호를 가진다. 각각의 인식번호를 통하여 모뎀의 고장시, 고장개소 및 고장원인을 정확히 알아 내어 신속한 대응이 가능해진다. 인식번호(고유번호)는 모뎀에 설치된 dip switch를 이용하여 변경이 가능하도록 설계되었다.

기존의 모뎀들은 FRU의 전원을 받아 사용하므로, 만약 FRU의 전원이 상실되었을 경우, 모뎀으로서 기능을 수행하지 못하는 문제점이 있었다. 이에따라, 전체 통신이 불가능하여 어느구간의 문제인지를 알 수 있는 방법이 없었다. 따라서, 별도의 충전지를 모뎀에 장착하여 전원상태를 모니터링할 수 있도록 설계하였다. 이로인해, FRU의 전원상실후에도, 모뎀간의 통신을 통하여 정확한 상태 정보를 송수신이 가능하게 된다.

또한, 신호 수신상태 및 발신상태를 항상 모니터링 하여 예방보수를 수행할 수 있다.

2-Core를 사용한 백본 링은 한 광섬유에서 장애 발생시 다른 광섬유를 이용하여 통신을 지속할 수 있다.

1-Core를 사용한 하위단의 링은 전력서비스마다 하나씩 수용하여 독립적으로 사용가능하다.

4. 결 론

자동화시스템에 적용되는 통신네트워크 중, 광네트워크는 신뢰성이 높은 통신매체로 점차 경제성에서 우위를 점하고 있는 실정이다. 지금까지는 자동화시스템 자체의 신뢰성 및 기능향상에 중점을 두었지만, 점차 자동화시스템이 안정화됨으로써, 통신네트워크에 대한 연구가 많이 진행되고 있는 실정이다. 자동화시스템의 안정성 및 신뢰성을 좌우하는 중요한 요소중 하나가 통신네트워크이므로 통신네트워크의 신뢰성이 중요한 연구과제로 부각되고 있다. 이번에 설계된 광네트워크 및 모뎀은 2002년 6월에 개발이 완료될 예정이고, 7월중에 한전이 소유하고 있는 고창배전실증시현장에 설치하여 안정성 및 신뢰성 테스트를 실시할 예정이다. 다양한 시험을 통하여 문제점을 해결해 나갈 예정이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김명수 외, "신 배전자동화시스템 개발연구", 전력연구원 최종보고서, 2000. 8
- [2] 김명수 외, "단일코어를 이용한 광통신망 이중화와 고장감시방법 및 그장치", 전력연구원, 1003339540000(특허등록번호), 2002. 4
- [3] 한전 중앙교육원 배전교육팀, "배전자동화 실무", 한전중앙교육원 교재, pp41-52, 2001. 4
- [4] 김명수, "배전자동화시스템의 광네트워크 구성 및 운용방안", 대한전기학회 논문지, 47권 9호, pp1520-1526, 1998. 9