

《主 題》

원방감시제어(SCADA)System에 이용되는 정보통신시설

장 득 용
(새일정보통신주식회사)

■ 차 례 ■

I. 서론	IV. SCADA System에 사용되는 정보 통신설비의 종류와 특성
II. SCADA System의 구성	V. SCADA에 운영되는 정보 전송로
III. SCADA System에서 사용되는 전송로 구성	VI. 결론

I. 서 론

우리나라가 본격적인 개발도상국으로 진입하는 70년대 초반부터 급증하는 전력수요를 충족하기 위한 전력설비 건설이 지속됨에 따라 전력계통의 복잡화, 대형화로 이에대한 효율적인 운전이 커다란 과제로 부각되었다.

또한 사회의 원동력이 되는 전력은 국민생활의 질적 향상 및 정보화 사회가 도래됨에 따라 전기의 품질향상에 보다 큰 필요성이 대두되었으며 이는 인간의 판단에 의한 종래의 전력계통 운영방법에 한계를 드러내게 되었다.

이에 따라 전력회사에서는 급속히 발전하는 Computer 관련기술과 정보통신기술을 이용하여 능률적인 전력계통운전을 검토하게 되었으며 이것이 우리나라 SCADA System에 효시가 되었다. 그후로 SCADA System은 상, 하수처리, GAS, 정유, 교통통제, 농, 공업용수 처리분야 등에 본격적으로 도입하기 시작하여 현재는 거의 모든 산업설비에 적용되고 있다.

국내에서 사용되는 SCADA System 중에서 전력계통에 적용되는 System이 용량이나 계통적으로 가장 크고 복잡하며, 15년 이상의 경험을 갖고 있어 운영이나 기술적 측면에서도 상당수준에 올라와 있다.

이에따라 본고에서는 전력계통에 이용되는 SCAD System을 중심으로 SCADA System의 개요를 설명하

고, 이제까지의 운전경험을 바탕으로 SCADA System에서 Master, RTU도 중요하지만 이들을 연계시키는 Network구성이 전 System의 성패를 가름한다고 판단되어 여기에 적용되고 있는 정보통신설비에 관하여 언급하고자 한다.

II. SCADA System의 구성

1. 전력계통의 구조

전기를 생산하는 발전소는 발전용수 및 연료공급 등이 쉽게 공급받을 수 있는 지역에 건설되고 있다. 이러한 입지적 여건을 감안하여 건설되는 발전소는 대부분 수용가에서 멀리 떨어진 지역에 건설되어 지므로 수용가까지 공급하려면 전압강하등 여러가지 제약조건이 따른다. 이를 극복하기 위하여 1차발전소에서 승압하여 수용가 밀집지역에 건설되어지는 배전용 변전소까지 보낸 후 배전용 변전소에서는 고압수용가, 특고압수용가, 일반수용가 등 각각의 여건에 알맞은 전압으로 강압시켜 수용가까지 전기를 공급하게 된다.

<그림 1>은 전력공급의 과정을 간단하게 표시하였다.

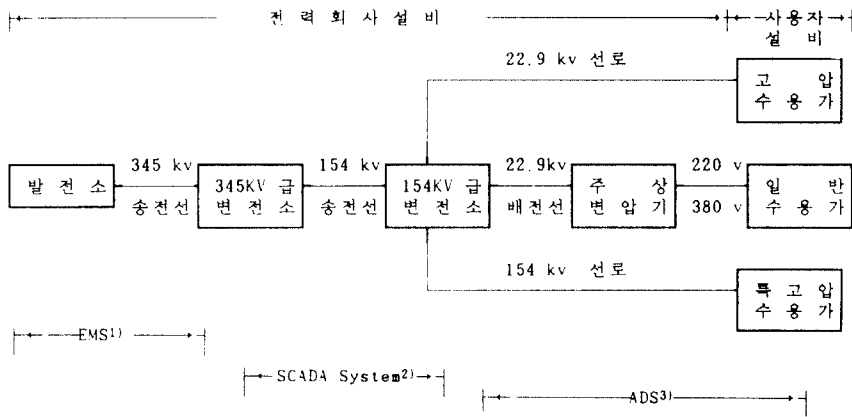


그림 1. 전력계통의 일반적 구조

2. 전력계통 자동화System의 계층적 구조

전력계통 자동화설비는 EMS, SCADA, ADS등 크게 세가지로 나눌 수 있는데 이는 계층적 제어구조

(Hierarchical control structure)를 갖고 있으며 상호 전력계통정보를 연계할 수 있도록 Network를 구성하고 있는데 그 개요는 <그림 2>와 같다.

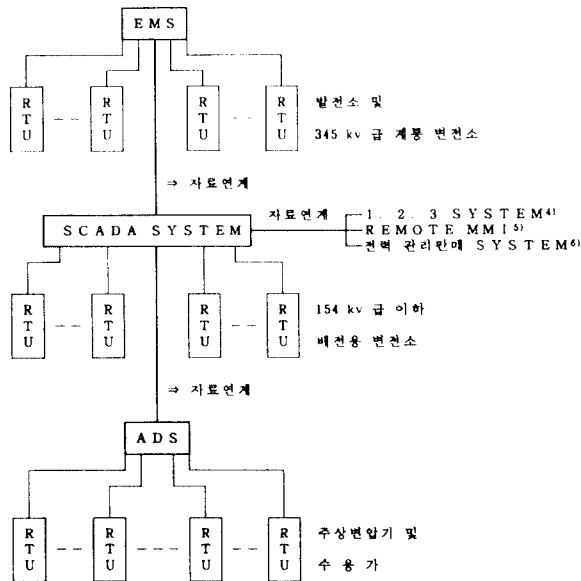


그림 2. 전력계통 자동화 설비의 계층적 구조

- 1: Energy management system
- 2: Supervisory Control And Data acquisition System
- 3: Automatic Distribution System
- 4: 전기 종합안내 System
- 5: 주상치의 MMI와 같은 기능을 갖는 MMI(Man/Machin Interface)
- 6: 전력의 수요예측을 통하여 원활한 전력공급을 하기 위한 System

이들 System의 현황을 살펴보면 EMS설비는 1979년 Leads & Northrup사의 System이 설치되었으나 1988년 용량증설및 노후화로 인하여 TOSHIBA사의 대형 산업제어용 컴퓨터로 교체되어 지금까지 운용되고 있으며, SCADA System은 1981년 서울지역에 미국HARRIS사의 M7500 System 도입을 시작으로 전국적으로 10개 지역에 SCADA System이 설치되어 운영중이다. 전국에 설치운영되고 있는 전력계통 자동화 설비현황을 <표 1>에 나타내었다.

살펴보면 여러곳에 분산되어 있는 변전소를 관할 지역제어소(Control Center)에서 Real time으로 집중감시, 제어함으로써 양질의 전력급, 전력계통 운용의 효율화, 전력공급 신뢰도향상 및 변전소 무인화운전을 통한 경영효율화에 기여하고 있다. 감시(Supervisory) 대상은 변전소에 설치되어 있는 각종 차단기, 스위치류와 방호방제설비이며, 제어(control)대상은 각종 차단기 및 스위치류들이며 측정(Data acquisition)대상은 모선의 전압, 주변압기의 2차측 전압, 전류, 유, 무

표 1. 전력설비 운전자동화 설비 운용현황

'93. 12. 31.

설치지역	모델명	MASTER(식)	RTU 장치(대)	제조사	비고
전국	TOSBAC	1	82	TOSHIBA (일본)	EMS용
수도권 I	XA/21	1	118	HARRIS (미국)	한강 이북지역
수도권 II	M-9200	1	29	HARRIS (미국)	한강 이남지역
수원	XA/21	1	33	HARRIS (미국)	제작중
제천	M-7500	1	19	HARRIS (미국)	
대전	M-9200	1	44	HARRIS (미국)	
광주	M-9200	1	37	HARRIS (미국)	
대구	M-9200	1	38	HARRIS (미국)	
부산	M-7500	1	34	HARRIS (미국)	
창원	TADCOM	1	22	금성사 (한국)	소규모 시스템
제주	TDACOM	1	14	금성사 (한국)	"
합계		11	470		

ADA설비는 현재 경기지역에서 시험운전중으로 전력회사에서는 CATV전송망사업 참여가 확정되면서 기존 배전용 전주에 시설되는 CATV전송망을 활용, ADS System을 확대운영할 방침으로 연구중에 있으며, <그림 2>는 전력계통 자동화설비의 계층적구조를 보여주고 있다.

3. SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) System이란?

SCADA System의 적용대상설비는 전력설비, 송유설비, 상하수도설비, 가스공급설비, 도로교통설비 등으로 다양하며, 광범위한 지역에 분포된 설비를 서로 유기적으로 연결하므로 원방 감시 및 원격제어가 필요한 모든 산업설비에 적용이 가능하다.

전력설비에 이용되는 SCADA System의 적용예를

효전력, TAP Position, 변압기 권선온도, 전선로의 전류등이고, 이의 허용 오차는 ±0.2%(0.2급계기) 이내로 제한하고 있다.

4. SCADA System 구성

SCADA System의 구성은 크게 Master station(중앙장치 또는 제어소장치)과 RTU(원격소장치: Remote terminal unit)로 구성되며 Master와 RTU간은 전송로로 On-Line 연결된다.

Master station은 System 관리부, 자료취득 처리부, 자료연계부,MMI부로 나뉘고 각부분은 LAN상의 NODE개념으로 결합되어 있으며, 각 NODE는 별도의 Processor를 구비하여 완전한 개방성을 가짐으로써 System구성, 교체 및 성능개선에 유연하고 향후 System 확장성에 충분한 여유를 가질 수 있는 Open sys-

tem구조를 채택하고 있다.

BACK BONE상의 NODE형태로 상호연결되어 있는 각 기능별 장치는 System의 안정성을 위하여 Dual system으로 구성되어있고,기능처리는 각 NODE별로 분산처리되는 구조로서 이를 위하여 전단처리기능(FEP)을 갖추고 있다.

System의 기본 구성도를 <그림 3>에 나타내었다.

여기에 이용되는 통신방법과 정보통신시설에 관하여 설명 하고자한다.

1. Master와 RTU간의 통신

Master station과 RTU간의 Data통신은 중앙처리장치 ↔ DAC Node ↔ RCC (Remote communication controller) ↔ Modem ↔ 전송로 ↔ Modem ↔ RTU로 이루어

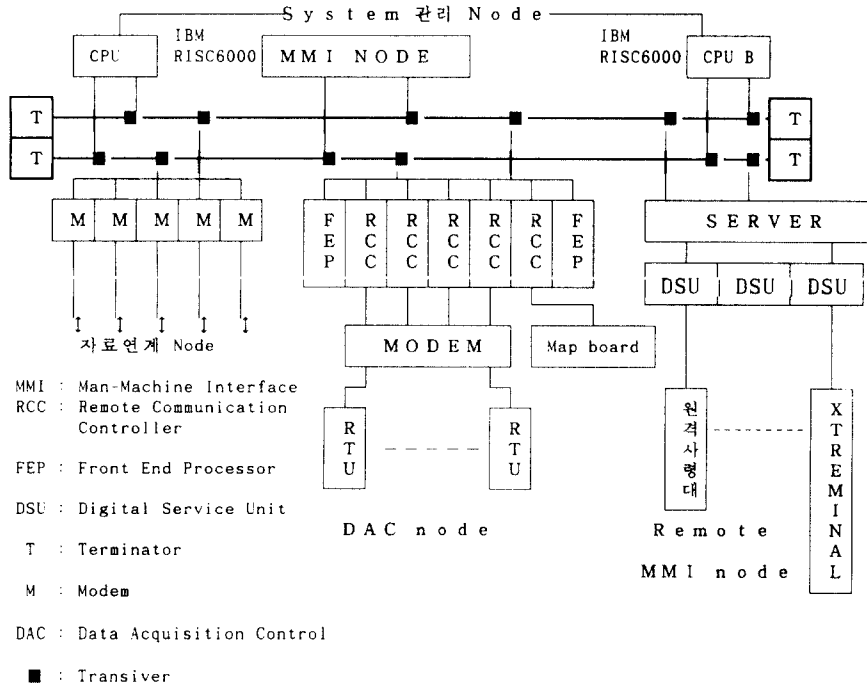


그림 3. SCADA System 기본 구성도

III. SCADA System에서 사용되는 전송로 구성

SCADA System은 '93년부터 시행중인 변전소 부인운전을 담당하고 있는 중요한 설비로 안정적 운용을 위한 System신뢰도가 가장 중요한 요소이다. 따라서 Master측은 모든 장치가 Dual화 되어있어 System장애로 인한 전력계통 운전업무의 중단이 없도록 하였으나 RTU측은 전송로 장애가 System 신뢰를 좌우하기 때문에 양질의 정보통신시설이 필요하게 되었다.

SCADA System에서 정보통신시설이 이용되는 부분은 크게 Master와 RTU, Master와 Remote MMI, 타 System과의 자료연계 등으로 나눌 수 있다.

어진다.

전송로는 Cable, 전력선반송, 케이블반송, 최근 많이 설치되고 있는 Digital M/W, 광전송로 등이 대부분을 차지하고 있다.

가. 전송로의 구성

전송로는 신뢰도를 극대화시키기 위하여 주회선과 예비회선으로 구성되며 주회선은 안정적이고 유도장애 등 외부영향을 안받는 광, Digital M/W등으로 구성되고 예비회선은 전력선반송, 케이블등 전송매체를 사용하거나, Route를 달리하는 전송회선이 사용되고 있다.

주, 예비회선의 절체는 Master station에서 Polling시 RTU에서 응답이 3회이상 없으면 자동으로 Master에서 Modem을 포함하여 예비회선으로 절체한다. 절체

후 주회선이 복구되면 예비회선에서 주회선으로 절체된다.

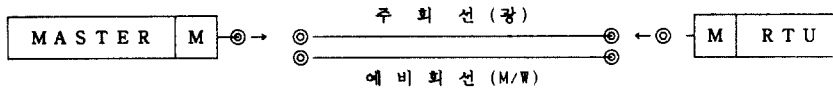
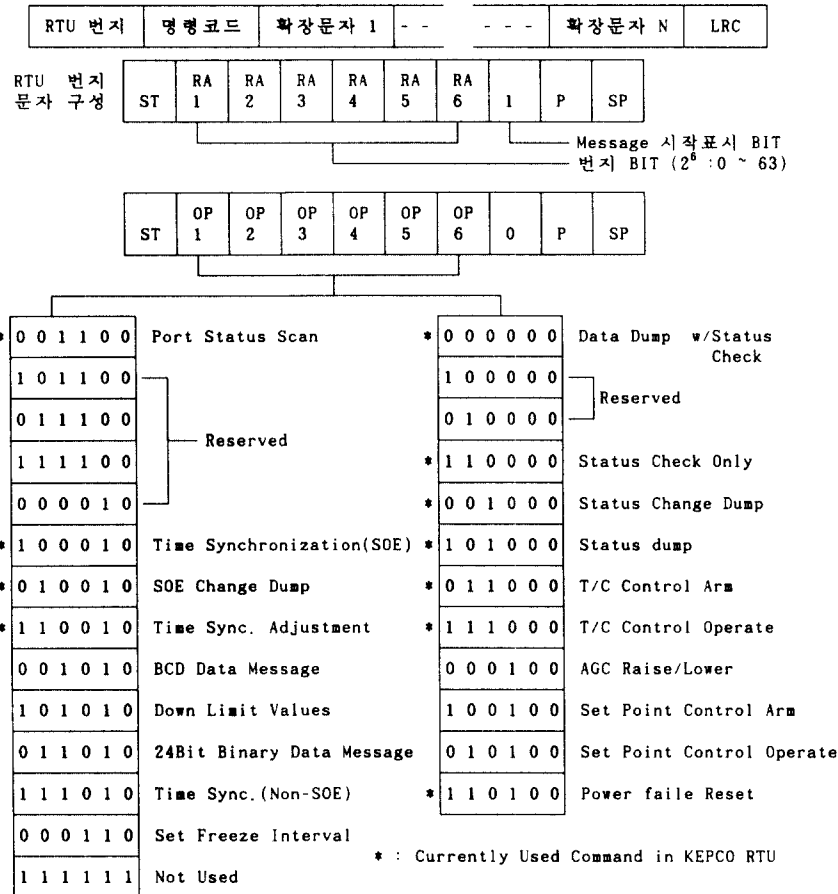


그림 4. 통신선로 구성방법

나. 통신절차

주제어소 장치와 RTU장치간은 일정한 형식을 갖는 Data통신이 이루어지는데 이의 형식은 HARRIS 5000

또는 HARRIS 6000 Protocol이며 기본형식은 <그림 5, 6>과 같다.



확장문자(1 - N) : 명령Code용 확장문자로서 필요한 경우 적용되며 Bit 7은 항상 0이 된다.

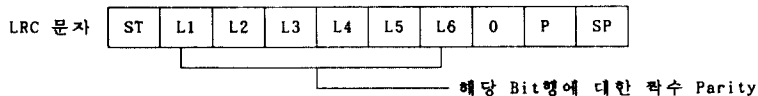


그림 5. Master to RTU 명령 Data 형식

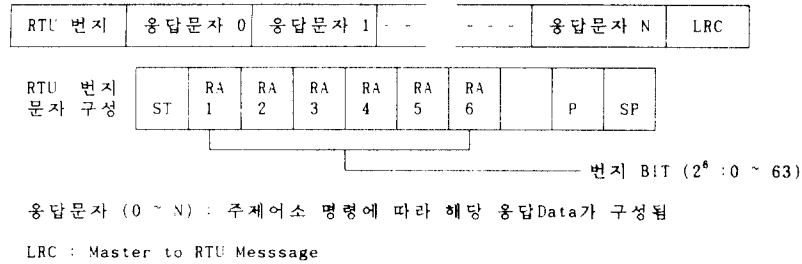


그림 6. RTU to Master 응답 Data 형식

2. Master와 Remote MMI

가. Remote MMI란?

SCADA System에서 RTU로 부터 수집되어온 정보를 전력계통 운전을 담당하는 운전원에게 그림 및 문자정보로 표시하여 주는 장치를 MMI라고 하는데, 계통운전을 효율적으로 하기 위하여 이 MMI를 공간적으로 SCADA 주장치와 분리된 위기리 장소에 별도로 시설될 경우 이를 Remote MMI라고한다.

나. 전송로의 구성

Remote MMI에 필요한 Data는 변전소의 One-line Diagram과 같은 Static정보와 RTU에서 전송되어지는 Dynamic 정보가 필요하다.

비교적 Data량이 많은 관계로 인하여 이의 전송로로는 동축케이블, 광전송로, Digital M/W 등 고속 대용량의 전송로가 사용된다.

3. 타 시스템과의 자료연계

SCADA System에서 수집한 전력계통 운전정보는 이들 정보를 활용하고자하는 타System과 Network를 구성하여 정보를 공유함으로써 설비의 효율을 극대화하기 위한 것으로 전력종합 민원안내 System인 1. 2. 3. System, 전력판매를 효율적으로 관리하는 전력관리판매 System, EMS등과 자료연계를 위한 Network를 구성하고 있다.

가. 1. 2. 3 System

1. 2. 3 System은 전력종합민원안내 System으로 휴전안내, 전기고장접수, 기타 전력회사에 관한 정보를 종합적으로 안내하여주는 기능을 담당하는데 SCADA System으로부터 변전소 배전선로의 ON, OFF정보를 제공받고 있다.

나. 전력관리판매 System

전력관리판매 System은 전력의 세에비율 시대에 대비하여 전력의 생산 및 소비를 예측 함으로써 전력수급을 원활하도록 하기위한 System 으로 예측에 필요한 기본 Data를 SCADA System으로부터 받고있다.

다. EMS

EMS의 중앙장치는 주로 변전소와 345kv급의 계통 변전소를 주 원방감시제어 대상으로 하고 있으므로 전국적인 전력계통운용에 필요한 자료를 각 지역별로 설치되어진 SCADA System으로부터 수집하고 있다.

라. 전송로 구성 및 통신방법

접속규격은 HDLC 및 CCITT X.25로서 Packer방을 이용하여 효율을 극대화하고 있으며 교환되는 정보량에 따라 1200 BPS ~ 56 KBPS까지 사용되고 있다.

IV. SCADA System에 사용되는 정보통신설비의 종류와 특성

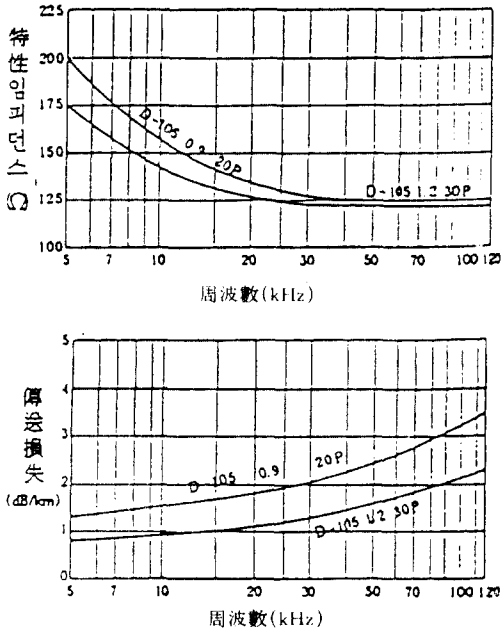
1. 정보통신설비의 종류

가. 통신케이블

전력회사에서 이용되는 통신케이블은 22.9kv의 배선선로 지지용 전주를 지지물로 이용하여 설치되어 있는 가공용 내압케이블과 지중전력구를 공동으로 이용하는 지중 통신케이블이 주로 사용되고 있다.

이들의 공통점은 전력선과 나란히 하고 있어 유도에 의한 장애를 일으킬 수 있다는 것이다. 이 유도장애를 최소화하기 위하여 피복의 재료를 특수처리하며 외피와 케이블층 사이에 알미늄등의 차폐층을 두고 있다. 이들은 주로 20Km미만의 근거리애 인접해 있는 사업소간 통신에 사용되고 있으며 2400 BPS이

하의 저속Data 통신용에 사용된다.



D-105는 電力用規格 番號(日本の例)

그림 7. 통신케이블 표준적인 전송특성

나. 반송설비

반송설비란 음성이나 Data를 반송(Carrier)신호에 실어 먼거리 까지 통신을 원활히 하고 전송로를 절약하기 위하여 신호를 다중화시켜 송, 수신하는 통신설비이다. 전력회사의 반송설비는 케이블반송과 전력선 반송으로 나누어지며 케이블반송 장치는 케이블을 전송로로 사용하고, 전력선 반송장치는 전력선을 전송로로 사용한다.

전력선 반송장치는 전국에 걸쳐 망형태로 구성되어 있는 송전선을 정보전송로로 이용하므로 몇가지 장점을 가지고 있다. 첫째로 통신선로를 따로 설치할 필요가 없고, 둘째로 송전선은 천재지변이나 기타 재해등에 일반 케이블 전송로 보다 강하다는 점이다. 그러나 고압의 60Hz의 전기가 흐르는 전력선에 음성이나 Data신호를 결합시키고 분리해 내기위한 옥외장치(Wave trap, coupling capacitor, coupling filter)등을 설치해야 하는 단점이 있다. Analog 전송장비의 음성대역 주파수 스펙트럼을 <그림 8>에 보인다.

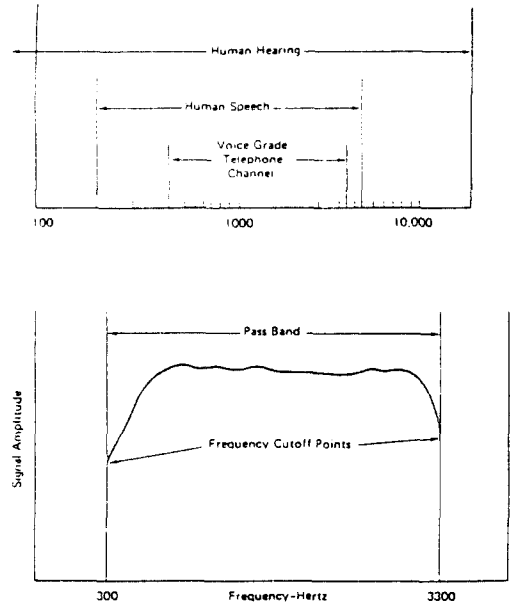


그림 8. 음성대역 주파수 스펙트럼

다. 광통신 설비

광섬유가 가지는 각종 우수한 특성을 이용하여 최근 다방면에서 광기술 응용 시스템의 실용화가 추진되고 있는데 특히 발, 변전소나 송, 배전선로 등이 많아 전자기적으로 통신에 불리한 조건을 갖는 전력회사에서는 광섬유가 갖는 여러가지 특징 중에서도 무유도 특성이 장점으로 부각되어 적극적으로 도입되고 있다. 전력회사에서 사용하는 광통신 전송로는 전력공급을 위하여 설치되어 있는 송, 배전선로를 지지물로 이용하면 별도의 지지물이나 관로 구성이 필요 없이 건설비용을 대폭 줄일수 있는 장점이 있다.

1980년초 전력회사에서는 국내최초로 국산 광케이블에 의한 현장 시험적용에 성공한 이래 송전선을 이용한 광섬유 복합가공지선, 전력선 권부형 광케이블등을 '92년말 현재 3천여Km에 달하는 광통신 전송로를 보유하고 있으며 앞으로 전력회사의 전 사업소간 정보 통신망을 광통신 시스템으로 구축할 계획을 갖고있다. 광통신 전송로의 또다른 장점은 다른 전송로에 비하여 고속 대용량의 회선을 구성 할 수 있어서 종합정보 통신망의 근간으로 사용하기에는 최적의 전송로이다. 아래 <그림 9>에는 전력회사에서 주로 사용하고있는 광케이블의 손실특성을 보여준다.

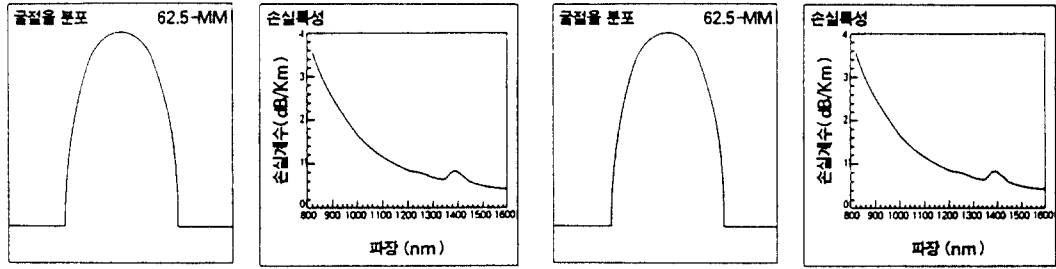


그림 9. 광케이블의 전송특성

라. Digital M/W

Digital M/W의 신호 전달과정을 보면 기존 M/W의 MUX부분을 PCM 다중화장치로 음성 또는 Data신호를 Digital화 하여 고속 RF Modem에서 D/A 변환을 거쳐 RF 단으로 신호가 전송되어지며 이 신호를 받은 RF단에서는 사용주파수(8, 13, 18, 23 GHz)로 변환

한 후 ANT에서 상대방으로 전달된다. 상대방에서 수신된 신호는 위의 역순으로 신호전달이 이루어 진다.

이 장비는 아래<그림 10, 11, 12.>에서 보듯이 여러 가지 방법으로 용도에 따라 System구성이 용이하고 고속 대용량의 Data를 전송할 수 있어 최근 도서지방 및 큰거리 사업소간 전송으로 많이 설치되고 있다.

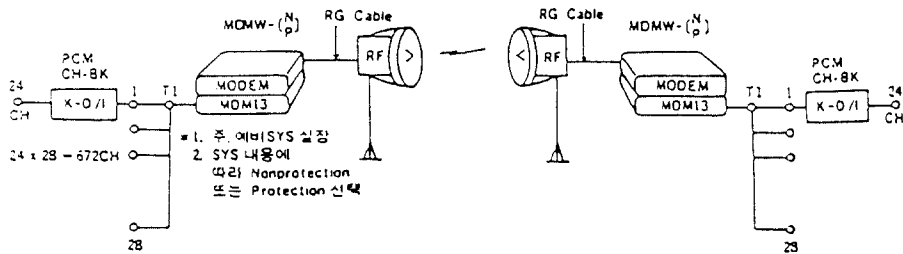


그림 10. Digital M/W 접속 운용

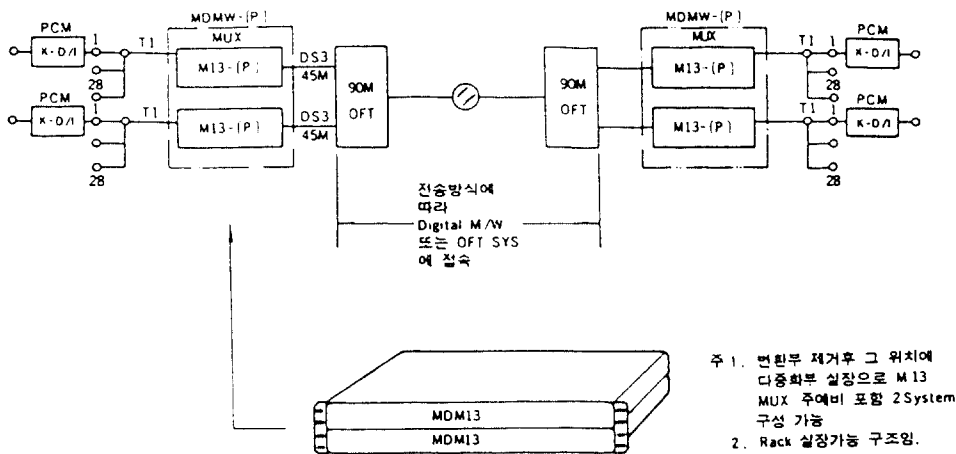
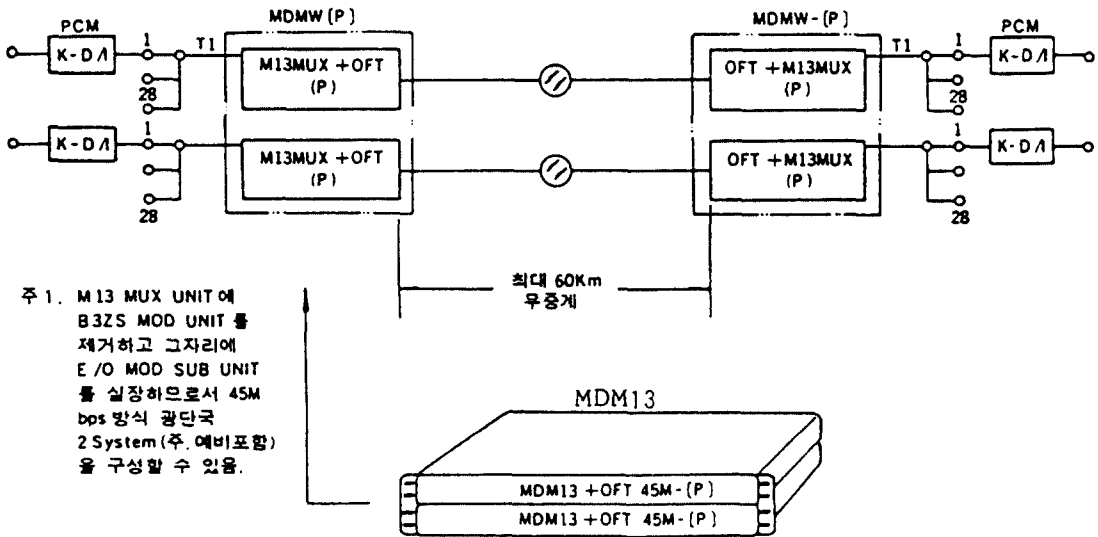


그림 11. Digital 다중화장치로 운용시

- 주 1. 변환부 제거후 그 위치에 다중화부 실장으로 M13 MUX 주에비 포함 2System 구성 가능
- 2. Rack 실장가능 구조임.



주 1. M13 MUX UNIT에 B3ZS MOD UNIT를 제거하고 그자리에 E/O MOD SUB UNIT를 실장하므로써 45M bps 방식 광단국 2 System (주. 예비포함)을 구성할 수 있음.

그림 12. Digital 광 다중화장치로 운영시

2. 전송 매체별 특성

<표 2>에 전송매체별 특성을 전송속도, 전송가능거리별로 나타냈다.

표 2. 전송 매체별 전송특성

매체명	특 성	Total Data Rate	Band Width	Repeater Spacing	
				Analog	Digital
패이 케이블 (Twisted Pair)	<ul style="list-style-type: none"> 음성 전송용으로 전화망의 근간 소용량의 실선방식으로 회선당 시설 비용 많이 소요 신호 감쇄가 많고 환경영향 심함 	1 Mbps	250 KHz	5~6 KM	2~3 KM (PCM)
동축 케이블 (Coaxial Cable)	<ul style="list-style-type: none"> 상거리 전화 및 화상전송, 근거리 네트워크용 지중설치시 시설 공사비 많이 소요 손실이 높아 중계 간격이 좁아 중계기 많이 소요 케이블 고가 외부 환경 영향 가능성 	500 Mbps	350 KHz	수십 Km (FDM)	1 KM

디지털 마이크로 웨이브 (Digital Micro Wave)	<ul style="list-style-type: none"> 적선 가지거리통신 전송 주파수 할당 제약 가지거리 통신에 따른 지형지물 환경 영향 절대적 투자비용 많이 소요 높은 데이터 전송율 	25 Mhz 1 Gbps	1 GHz	가지거리
광섬유 케이블 (Optical Fiber Cable)	<ul style="list-style-type: none"> 대용량, 고품질, 디지털의 최신 전송 방식 전기적 절연성이 좋아 전자적 영향이 없음 적출실 광대역성으로 장거리 다중전송 가능 주파수 할당 제약 없음 신호 지연이 적어 다단 중계 적합 	1 Gbps	1 GHz	10~100 KM

V. SCADA System에 운영되는 정보전송로

1. 정보통신회선 관리현황

전력회사에서 이용되는 정보통신 회선의 총 용량은 19,072회선이며 이는 관리회선과 운용회선으로 나

너지며 관리회선이란 단말기와 단말기간의 계통적 정보통신회선을 말하고 운용회선은 정보통신회선을 구성하기 위한 실제적인 설비와 설비간의 정보통신회선을 말한다.

이들 정보통신 회선의 용도로는 일반업무, 전산업무, 전용업무, 급전업무, 급전데이터, 통신용으로 구분할 수 있으며 이들 회선의 운용내역을 표 3에 나타냈다.

표 3. 업무별 정보통신 운용내역 '93. 12. 31

구 분	대본사회선	사업소회선	합 계
일반업무	906	2,846	3,752
전산업무	194	1,159	1,353
전용업무	205	168	373
급전 데이터	163	509	672
통신용	4	35	39
합계	1,637	5,809	7,446

※ 관리회선만 나타냈음.

2. 전력설비 운전자동화용 회선의 전송로 현황

전력회사에서 운용되고 있는 전송로는 앞장에서 살펴 보았듯이 광케이블, 전력선반송, 케이블, 외에 케이블반송, Microwave등이 있으며 이들 전송로를 이용하여 모든 회선이 운용 되고있다. 그중에서 전력설비 운전자동화용으로 사용되고 있는 전송로를 알아 보면 대본사용으로는 Digital 전송로인 광케이블을 주로 사용하고 있고 사업소에서 사용되고 있는 전송로는 광케이블과 전력선반송, 케이블등이 주로 이용되고 있다. 이는 전력회사의 정보통신망이 간선용으로는 Digital화가 이루어 졌으나 지선망인 사업소간 전송로는 전력선반송등 Analog 방식이 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 아래 표 4는 전력설비 운전자동화용 전송로 운용현황을 나타낸다. <표 4>에서 보면 EMS 와 SCADA용 전송로로 예비로 많은 회선을 두고 있는데 이는 전력설비의 중요성을 감안한 배려라고 하겠다.

VI. 결 론

지금까지 전력회사의 전력계통 운전자동화 설비 및 관련 설비와 이를 효율적으로 연계하고 운영하기 위한 정보통신설비의 개요에 대하여 설명하였다.

표 4. 전력설비 운전자동화 전송로 운용현황

'93. 12. 31 기준

용 도 구 분	EMS	EMS 예비	SCADA	SCADA 예비	비 고
간선용 광케이블	98	105	6	2	
간선용 M/W	4	8	0	0	
간선용 CCT	4	5	0	0	
간선용 PLC	8	8	0	0	
간선용 CBL	6	7	0	0	
간선 전송로계	120	133	6	2	
지선용 광케이블	0	0	313	75	
지선용 M/W	0	0	14	10	
지선용 CCT	0	1	84	18	
지선용 PLC	0	1	115	12	
지선용 CBL	0	0	232	0	
지선 전송로계	0	2	758	115	
전송로 합계	120	135	764	117	

전력회사에서 10여년간 SCADA System을 운영하여 온 결과 SCADA의 성능은 전송로에서 좌우됨을 인식하고 전기통신법등 어려운 여건 속에서 OPGW, Digital M/W 등 Digital network 구축에 많은 투자를 하여 왔음에도 불구하고 위의 <표 4>에서 보듯이 아직은 크게 부족한 실정이다. 따라서 보다 높은 신뢰도의 전력을 공급하고자, FAULT-FREE System을 지향하는 전력회사에서는 전력계통 운전자동화 System의 완성을 위하여는 전력회사의 정보통신설비 시설에 보다 많은 관심과 연구가 선행되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 한국전력공사 기술연구원 "배전자동화를 위한 원방감시제어 연구"(1985.05)
2. 한국전력공사, "전자통신업무편람"(1987)
3. 한국전력공사 제전전력관리처 "원방감시 제어일반"(1992.07)
4. 한국전력공사 서울연수원 "SCADA 원격소 장치"(1993.07)
5. 한국전력공사, "92 정보통신설비 운영실적분석"(1993.06)
6. 이 덕우역, "원방감시제어시스템," 도서출판 세화.

(1984)

6. 정 진욱, 변 옥환 공저, "데이터통신과컴퓨터 네트워크" Ohm사, (1987)
7. 김 대영, "자가통신 제도의 발전 방향에 관한연구" (1992. 03)



장 득 응

-
- 1955년 2월 8일생
 - 1979년 2월 : 한국항공대학 통신공학과 졸업
 - 1979년 6월 : 한국전력공사 입사
 - 1983년 3월 : HARRIS CDC & Control Data Co. 연수
 - 1993년 6월 ~ 현재 : 세일정보통신(주) 자동화 사업
부장

※주 관심분야 : Computer 통신 및 자동제어분야