



電力用 通信系統에 光通信 設備 導入을 위한 現場 實用化 試驗

辛建學*, 河龍璿**

韓國電力通信計劃課長*, 金星電氣(株) 技術研究所 所長**

I. 序 論

光纖維를 傳送路로 이용한 通信方式의 實用化의 필요성은 光通信 system이 갖고 있는 廣帶域 通信의 특성을 이용하여 종래의 無線多重通信設備, 有線多重 通信設備를 대체할 수 있는 새로운 通信方式일 뿐 아니라 光纖維가 갖고 있는 輕量性和 現用 通信線路의 主材料인 銅의 매장량이 한정인데 반하여 光纖維의 主材料인 石英은 地球上에 풍부하게 매장되어 있다는 점등을 감안하면 光通信 方式이 앞으로의 通信方式으로 각광을 받을 것은 명확한 사실이며 또한 크게 기대되고 있는 실정이다.

특히 電力會社의 통신선로는 電力線과 並行하여 대부분 설치하므로써 電力系統에 의하여 發生하는 電磁誘導雜音을 피할 수 없다. 이 電磁誘導雜音에 의한 通信의 不便을 해소하기 위하여 電力會社의 通信 方式으로 光纖維의 電磁誘導雜音에 대한 無誘導性을 이용한 光通信 方式의 채택에 관한 연구 검토가 실시되고 있는 것이다.

이에 本試驗은 國內 技術로 試作된 光通信 系統 설비를 電力會社의 통신系統의 實用化 試驗에 채택하여 實用化 可能性 여부를 확인하기 위한 시험을 실시하여 電力會社 通信系統에 光通信 系統을 施設 運用할 수 있는 결과를 얻은 것에 큰 의의가 있다.

II. 實用化 試驗의 目的

본 시험은 電力系統의 通信方式에 P.C.M. 音聲信號 傳送에 적합한 光通信 方式을 실용화 하기 위한 수단 의 일환으로 試作品을 실제의 電力會社의 通信系統에 설치, 시험하므로써 그 實用性을 검증하는데 목적이 있으며 그 내용은 다음과 같다.

• P.C.M. 光感度變調(P.C.M-I.M.) 방식에 의한 光 送受信端局裝置의 장기간 계속 동작시 그 安定性 및

信賴性的 검증

- 光通信 系統과 그 인접 다른 銅線케이블과의 상호간 섭 및 光通信 시스템이 인접된 高壓電力線으로부터 받는 간섭 여부
- 光fiber cable의 포설 및 接續工法의 開發 및 검토
- 光fiber cable에 있어서의 光傳送 特性的 安定性 여부 검토
- 光通信 系統 使用 환경조건 파악
- 光通信 系統과 在來通信回線과의 中繼特性的 검증

표 1. 各 기관의 시험 업무 분담 내용

기관명	분담 업무 내용
한국전력	1. 실용화 시험 제통선정 2. 실제회선 수용 결정 3. 시스템 측정 협조 4. 시스템 운용(수용회선) 5. 종합 data 검토
금성전기	1. 시험방침 및 실시계획 작성 2. 시스템 설계 3. 단국장치 제작 (1)PCM-24B (2)M ₁₂ multiplex (3)광단국 장치 (4)광 connector 4. 시험 (1)주기 data 측정 (2)Data 검토 및 보고서 작성
K I S T	1. 광 fiber 제조 2. 광 fiber 접속 3. 광 fiber cable 특성 측정
금성전선 대한전선	1. 광 fiber 제조 2. 광섬유 케이블 제작 3. 광섬유 케이블 포설 4. 광섬유 케이블 접속

Ⅲ. 試驗의 업무분담 및 일정

이 實用化 試驗은 韓電, KIST, 金星電氣, 金星電線, 大韓電線 등 5個 機關에서 공동으로 실시하였다.

1. 試驗의 분담

각기관의 시험업무 분담내용은 표 1 과 같다.

2. 實用化 試驗日程

1979年 9月 實用化 試驗對象系統을 결정하여 이를 금성전기(주)에 통보하였으며 試驗對象系統에 대한 사전 검토가 실시되었다.

實用化 試驗은 1980年 2月부터 1981年 2月까지 1년 간 실시되었고 초기 설치시에 제시험, 측정을 하였으며 월별 data 측정이 정기적으로 실시되었다. 초기 측정 data 및 월별 측정 data에 대하여는 후술하겠다.

Ⅳ. 現場 實用化 試驗

1. 시험 시스템 개요

光通信 P.C.M. 시스템의 일반적인 block도는 그림 1 과 같다.

일반적으로 analog 신호로 광통신 방식을 직접 변조하면 구동전류-광출력 특성의 非道線性 때문에 信號 distortion이 생기므로 高品質의 傳送特性을 얻기 위하여는 pulse 信號로 發光素子를 驅動 變調하는 방법을 채택하여야 한다.

音聲信號나 F.D.M. 信號로 光通信 方式을 변조하기 위해서는 pulse Interval modulation 方式등을 이용하여 analog 信號를 pulse 信號로 바꾸어야 한다.¹⁾

P.C.M. 방식은 出力信號가 pulse 이므로 光 通信 방식에 이용할 때에는 유리하게 信號를 전송할 수 있다.

본 시험 시스템은 P.C.M. 信號 전송용으로 구성되어 있고, 따라서 간단하게 送信部에서는 P.C.M. 信號로 發光素子인 LED를 구동시켜서, 電氣→光으로 변환을 하고, 受信部에서는 光→電氣로 변환되어서 增幅, 再

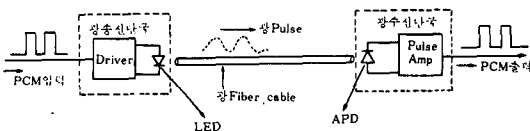


그림 1. 광통신 PCM 시스템

生후 入力 PCM 信號와 같은 出力 PCM 信號를 얻을 수 있다.

2. 試驗의 概要

1) 試驗區間

시험구간으로 선정된 계통은 부산지점과 남부산 변전소간 약 1.2km의 구간이다. 이 구간은 기존 통신 케이블이 시설되어 있고 이중 일부의 통신 케이블은 부산지점의 마이크로웨이브의 Mux.와 남부산 변전소의 UHF의 Mux(현재 철거됨)간에 4선 중계용 선로로 쓰이고 있었다. 그리고 동일구간에 光通信 케이블을 시설하여 종래의 통신 케이블과의 特性比較를 하므로서 光通信 方式의 유리한 점을 立證하는데 시험의 주안점을 두었다. 시험계통의 route의 구성 개요는 그림 2와 같다.

2) 시험대상

- 광송수신 레벨 측정
- 광 cable 손실 및 접속손실 측정
- System bit error rate 측정
- 통화로 전송특성 측정
- 광 fiber의 고장점 유무 측정
- 장기간 사용에 따른 환경변화의 aging 시험

3. 시험설비의 개요

1) 시험설비 구성내역

설비명	수량	비고
PCM-24B 단국장치	2 sys.	부산지점: 1 sys. 남부산변전소: 1 sys.
M ₁₁ 다중화 단국장치	2 "	부산지점: 1 sys. 남부산변전소: 1 sys. 1.544Mb/s→6.312Mb/s (24CH→96CH 변환)
PCM96-광변환부	2 "	부산지점: 1 sys. (광단국) 남부산변전소: 1 sys.
-48V DC power supply	2 대	부산지점: 1 대 남부산변전소: 1 대
4 core 광섬유 케이블	1.2km	
Splicing box	4 개	
Single fiber connector	4 개 (現用)	부산지점: 2 개 남부산변전소: 2 개
plug	4 개 (예비)	부산지점: 2 개 남부산변전소: 2 개

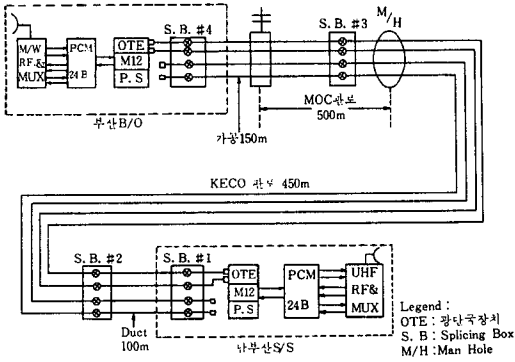


그림 2. 시험계통 route도

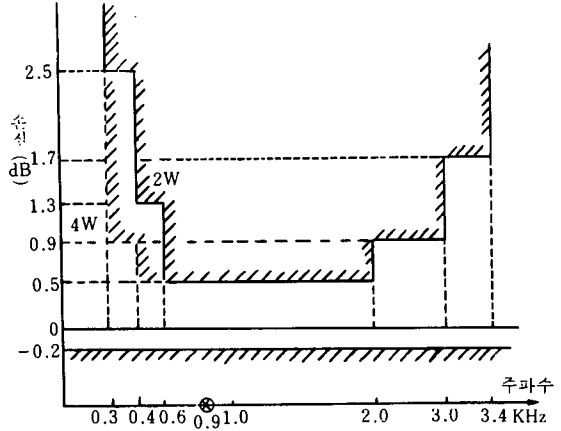


그림 3. 전송손실 주파수 특성

2) PCM - 24B 단국장치

① 개요

PCM - 24B는 24통화로 時分割多重펄스符號變換端局 裝置로서 통화로반, 부호화반, 복호화반, 送信 pulse 발생 반, 수신pulse 발생반, 감시반, 전원반등으로 구성되어 있으며 PCM 多重 변환장치와 조합하여 有無線 PCM 方式 통화로 변환장치에 사용한다.

② 性能

- Modulation: Binary digit pulse code modulation
- 1 system 통화호수: 24CH
- Sampling 주파수: 8 KHz
- Clock 주파수: 1.544MHz
- 음성단말조건: 2 wire 또는 4 wire
- 전원: DC - 48V 또는 -24V
- 신호방식: SS, SR 리드방식
- 入出力 레벨: 2 wire

入力표준: -0.5dBm (+11dBm ~ -4.5dBm)

出力표준: -8.5dBm (+0.5dBm ~ -15dBm)

4 Wire,

入力표준: -4 dBm (+7.5dBm ~ -8 dBm)

出力표준: -4.5dBm (+4 dBm ~ -11.5dBm)

- 음성 주파수 대역: 0.3KHz ~ 3.4KHz
- 전송손실 주파수 특성: 그림 3 참조 (900Hz 기준)
- 신호대 양자화 잡음비: 그림 4 참조 (900Hz 기준)
- 신호대 무통화시 잡음비: 표준 level에서 69.5dB 이상
- 누화감쇄량: 표준level에서 65dB 이상 (900Hz · 표준 level)
- 전송손실 level 특성: 그림 5 참조 (900Hz 표준 level)
- 주위온도: 20°C ± 15°C

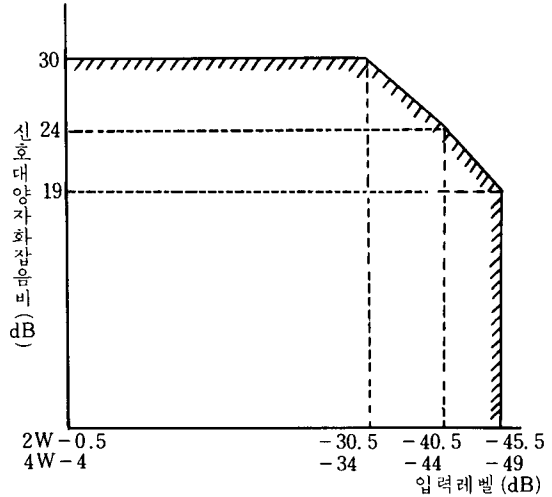


그림 4. 신호대 양자화 잡음비

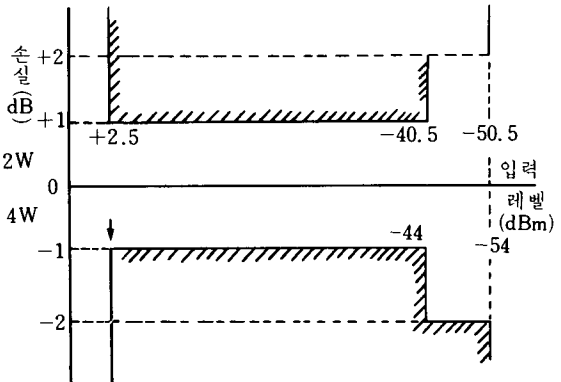


그림 5. 전송손실 level 특성

3) M₁₂ 다중화 단국장치

① 개요

1.544MB/S의 PCM-24B의 24회선인 T₁ system의 PCM 音聲[네트워크]를 次上級인 6.312 MB/S의 PCM-96CH의 T₂ system과 相互 접속하기 위한 中級 PCM 多重化 裝置이며 그 block도는 그림 6 과 같다.

- 송신 level : 2.1V ± 10%
- 수신 level : 0.3~2.3V
- 신호 level : 0.2dBm~7.3dBm (3152MHz에서)

4) 光端局 裝置

① 개요

現場 試驗에 사용된 장치는 6.312Mb/s의 전송속도를

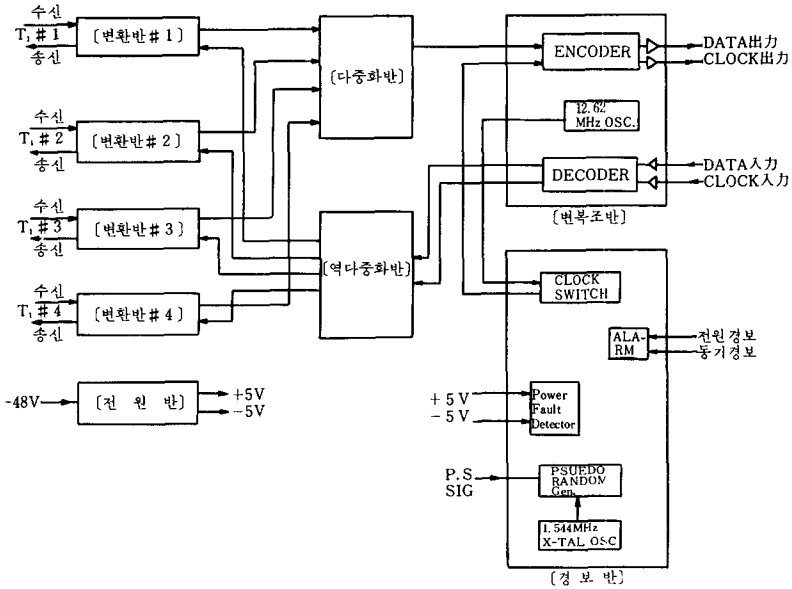


그림 6. PCM M₁₂ 다중화 장치 block도

② 성능

i) DS₁ Interface

- Data rate: 1.544Mb/s ± 130ppm 비동기
- 符號方式: 복극성 50% AMI
- 선로임피던스: 110Ω ± 5% (평형)
- 송신 level: 6.0V ± 10%
- 수신 level: 2.0V ~ 3.3V
- 펄스진폭: ± 3V ± 10%
- 신호 level: 12dBm~19dBm (772KHz에서)

ii) DS₂ Interface

- Data rate: 6.312Mb/s ± 30ppm 비동기
- 부호방식: 복극성 AMI
- 선로임피던스: 75Ω (불평형)

갖는 96배 線用 장치로서 發光素子는 LED를, 受光素子로는 APD를 사용하였다. Block도는 그림 7 과 같다.

② 성능개요

- 光波長: 0.82~0.85μm
- 광변조 방식: PCM-IM
- PCM interface: Scrambled N. R. Z (duty 50%)
- 發光素子: LED
- 光出力: -15dBm peake (pigtail 出力)
- 受光素子: APD
- 光受信感度: -53.0dBm
- Bit error rate: 1 × 10⁻⁹ 이하
- 동작온도: 0°C ~ +40°C
- 습도: 95% 이하

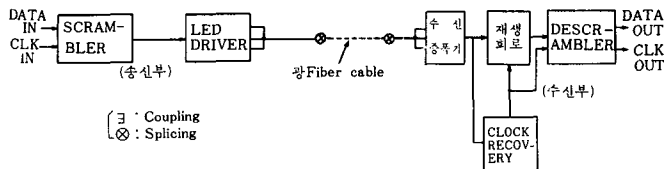


그림 7. 광단국 장치 block도

본 현장 시험용 광단국 장치 發光素로 사용한 LED는 LD에 비하여 spectrum幅이 크며 出力이 낮고 光 fiber와의 結合效率이 낮으며 變調帶域幅이 좁은 등 短點이 많다.¹⁾ 그러나 현재로서는 LED의 수명이 LD에 비하여 길며 電流-光出力의 直線性이 良好하므로 우선 현장 시험용 光端局 裝置의 發光素로 LED를 채택하였다. 그러나 장차 우리 회사의 통신계통에 실용화 하기 위해서는 LED의 여러 가지 결점을 보완할 수 있는 방안이 검토되어야 하며 특히 實際 長距離 通信系統에 사용시 LED의 spectrum폭이 LD에 비하여 크므로 spectrum폭의 확산에 의한 잡음 및 지연시간차등이 良質의 通信에 영향을 줄 것이라고 예상된다. 그러므로 LD의 수명(life time)이 점진적으로 연장되는 경향이므로 長距離 通信系統에 사용시에는 發光素로 LD를 사용하여야 할 것이다. 현재로는 LD의 수명이 室溫에서 시험적으로 10⁴시간 정도의 것이 발표되고 있다.²⁾ 實用化 試驗에 사용된 光端局 裝置의 發光素으로는 한 단국장치에는 Sumitomo社의 LED를 다른 단국장치에는 RCA社의 model (C30902) LED를 사용하였고 受光素으로는 RCA社의 model (30902) APD를 사용하였다.

5) 光纖維 케이블

①개 요

本 實用化 試驗에 사용된 광섬유 케이블은 multimode step index형으로서 國內에서 최초로 開發한 것으로 큰 의의가 있으며 KIST, 금성전선, 대한전선에서 공동으로 제조한 광섬유를 금성전선, 대한전선에서 cable化한 國內 最初의 製品이다.

② 光纖維의 구조 및 특성

i) 구조

Core 직경: 60 μ m (공칭치), silica (심선수 4개)
 Clad 직경: 125 μ m (공칭치), "
 Coating 직경: 250 μ m (공칭치) " silicon

ii) 특 성

감쇄량: 8 dB/km (파장 0.85 μ m에서 평균)

대역폭: 50MHz · km

N · A: 0.17

인장강도: 5 GN/m²

허용곡률반경: 5 m

③ 光纖維 케이블의 機械的 特性 및 구조

i) 기계적 특성

引張力: 400 kg

곡률반경: 30 cm

壓力: 120 kg/cm

重 量: 350 kg/km 이하

ii) 광섬유 케이블의 구조

항 목	규 격	재 료	비 고
광섬유형식	Multimode		
	Step index형		
광섬유심선수	4 개		
Tension member의 굵기	강선 2.0mm	아연도강연선	
	피복 2.8mm	PVC	
광섬유의 굵기	Core 60 μ m	Silica	
	Clad 125 μ m	"	
	Coating 250 μ m	Silicon	
Tubing	내경 1.0m	nylon혹은	
	외경 1.52m	고밀도	
		폴리에치렌	
케이블 心徑	6.0mm		
1차 피복두께	2.0mm	폴리에치렌	
2차 피복두께	2.0mm	"	
2차 피복외경	10.0mm		
케이블최대외경	23.0mm		
표 준 조 장	1000 m		

現場 試驗에 사용한 optical fiber cable의 구성도는 그림 8 (a), (b)와 같다.

iii) 현장 시험용 광섬유 케이블의 접속

광섬유 케이블의 접속은 광fiber의 접속과 外被 접속으로 나눈다. 광fiber의 접속은 접속할 fiber의 端面을

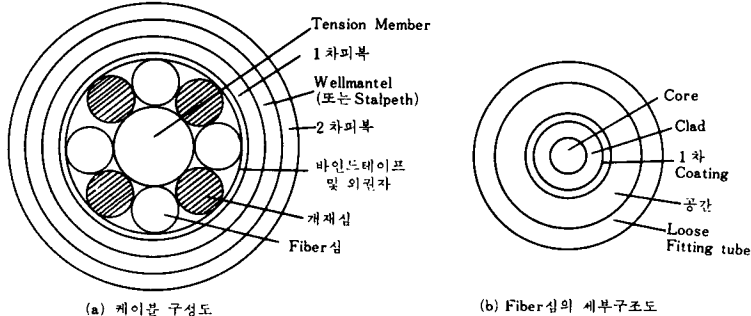


그림 8. Optical fiber cable 구성도

상호 熱溶融하여 접속하는 融着接續法和 光fiber를 서로 잇대어서 fiber core의 굴절율에 가까운 굴절율을 갖고 있는 接着材를 注入하여 고정시키는 方法이 지금 까지 주로 연구되고 있다. 前者는 Arc 放電을 이용하는 方法, CO₂ laser를 이용하는 方法 등이 있고 後者에는 V 溝接續法등이 있다. 이 本 現場試驗에는 Arc 放電을 이용한 融着接續方法을 이용하였다.

Fiber(심선)의 接續工法은

- 2차 coating을 70mm 정도 stripping하고
- 1차 coating을 60mm 정도 stripping한다.
- Stripping된 심선의 길이가 25mm 정도되게 절단한다.
- 준비된 심선을 용착 접속기에 삽입한다.
- 접착기의 위치를 fiber에 기준하여 잘 조정하여 접속에 적당한 조건을 택한다.
- 용착 접속된 심선을 접속기에서 꺼내서 접속 보호관을 끼운다.
- 이때 접속 보호관 내부에는 1차 coating 재질인 silicon resin을 채워야 한다.
- 접속보호관의 윗 뚜껑을 덮는다. (윗 뚜껑 내부에도 silicon resin 충전)
- 보호관을 용착 접속기의 경화부에 넣어 silicon resin을 경화시킨다.
- 이를 aluminium plate에 고정시킨다.

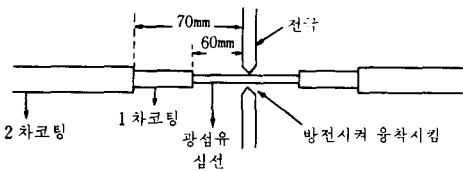


그림 9. 광 fiber(심선)의 용착 접속법 개요

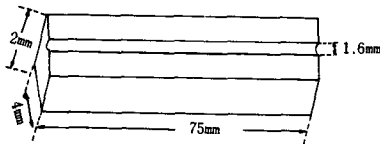


그림 10. 시험에 사용한 심선 접속 보호관

V. Data의 측정

1. 시험계통 설치당시의 Data

편의상 부산지점의 설치장소를 ㉠국, 남부산 변전소의 설치장소를 ㉡국으로 부르기로 하고 각국의 LED와

APD의 model은 아래와 같다.

㉠국의 광원 : Sumitomo LED model-OTX ㉠

㉠국의 광검출기 : RCA APD(C30902)-ORX ㉠

㉡국의 광원 : RCA LED(C30119)-OTX ㉡

㉡국의 광검출기 : RCA APD(C30902)-ORX ㉡

시스템 설치시 주요 측정 항목의 data들은 다음과 같다.

1) LED Pigtail Output Power

① 측정방법



※ OTX : 光端局 장치의 送信部

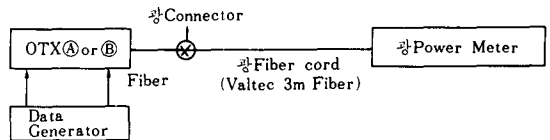
② Data

항 목	측 정 치	비 고
OTX ㉠ Pigtail out	-7 dBm	
OTX ㉡ Pigtail out	-20.8 dBm	

㉠국은 원래 pigtail이 제작되어 있는 Sumitomo사의 LED module을 사용하여 光power면에서는 크나 이 module은 pigtail로 사용한 fiber의 core dia가 150μm N.A가 0.25로 현장 시험에 사용한 3m fiber cord인 Valtec社 제품의 core dia 50μm보다 core dia가 3배나 크므로 connector 접속시에 큰 손실을 얻게 되었다.

2) 광 Connector 손실 측정

① 측정방법



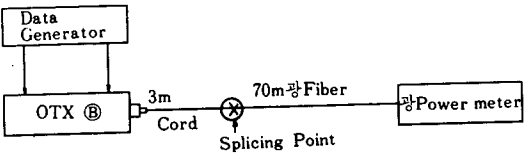
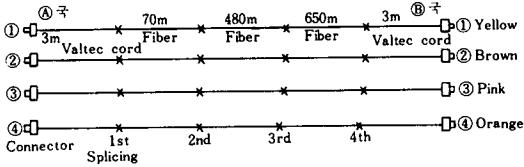
② Data

항 목	LED pigtail out put power	3m cord color	3m cord out put power	connec-tor loss
OTX ㉠ (Sumito-moled)	-7 dBm	① Yellow	-18.3dBm	※ 註
		② Brown	-19.5 "	"
		③ Pink	-19.7 "	"
		④ Orange	-18.0 "	"
OTX ㉡ (RCA LED)	-20.8dBm	① Yellow	-23.3 "	2.5dB
		② Brown	-24.9 "	4.1 "
		③ Pink	-24.6 "	3.8 "
		④ Orange	-23.5 "	2.7 "

(※註) OTX ㉔의 LED의 pigtail fiber와 3m cord (Valtec社製) fiber의 core경과 N.A.가 차이가 있으므로 3m cord out put에서의 power에 손실이 크므로 ㉔국의 connector loss를 측정하기는 곤란하다.

3) 광 Fiber Cable 전송 손실(접속 손실 포함)

① 측정방법



② Data

표 2. Route OTX ㉔국 → ORX ㉔국의 fiber cable의 전송손실

OTX ㉔ Pigtail out Power	Cord 色	ORX ㉔ APD 수신입력	전송손실
-7.0dBm	① Yellow	-37.7dBm	30.7dB
	② Brown	-40.0 "	33.0 "
	③ Pink	-34.2 "	27.2 "
	④ Orange	-34.4 "	27.4 "

※ ORX : 光端局 裝置의 受信部

표 3. Route OTX ㉔국 → ORX ㉔국의 fiber cable의 전송손실

OTX ㉔ Pigtail out Power	Cord 色	ORX ㉔ APD 수신입력	전송손실
-20.8dBm	① Yellow	-41.6dBm	20.8dB
	② Brown	-44.1 "	23.3 "
	③ Pink	-38.8 "	18.0 "
	④ Orange	-39.0 "	18.2 "

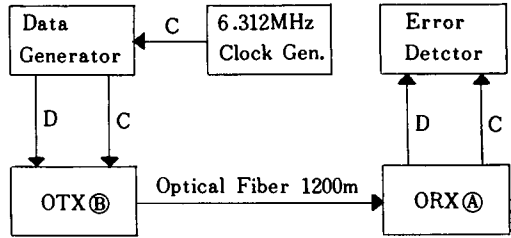
(註) 표 2와 표 3의 전송손실의 큰 차이는 OTX ㉔의 pigtail fiber core가 150 μ m로서 이것과 실제 connector 접속하여 사용한 fiber core는 50 μ m로서 접속시 약 10dB의 손실 증가가 있다.

4) Bit Error Rate 측정

① 光端局裝置의 Bit Error Rate 측정

i) 측정방법

Data generator의 data pattern: $2^{23}-1$ PRBS



㉔국에서 data를 송출하고 ㉔국에서 error를 검출하는 경우에는 그림과 위의 기기배치가 반대로 된다.

ii) Data

표 4. Route: OTX ㉔ → ORX ㉔의 B. E. R 측정

항 목	측 정 일 시		Error Count	비 고
	일 자	시 간		
Bit Error Rate	80. 2. 12	18 : 00 ~ 23 : 00	0	18 : 00부터 매시간마다 측정
	80. 2. 13	00 : 00 ~ 11 : 00	0	00 : 00부터 매시간마다 측정

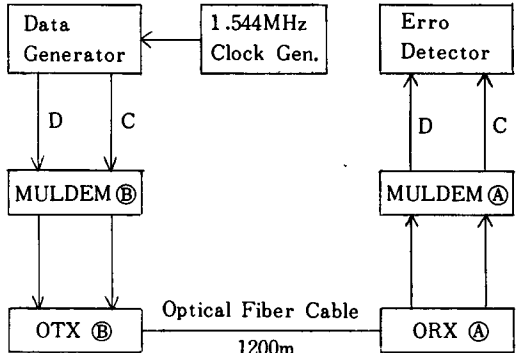
표 5. Route: OTX ㉔ → ORX ㉔의 B. E. R 측정

항 목	측 정 일 시		Error Count	비 고
	일 자	시 간		
Bit Error Rate	80. 2. 13	12 : 00 ~ 23 : 00	0	12 : 00부터 매시간마다 측정
	80. 2. 14	00 : 00 ~ 10 : 00	0	00 : 00부터 매시간마다 측정

② M₁₂ Mux + 光端局裝置의 Bit Error Rate 측정

i) 측정방법

Data generator의 data pattern: $2^{23}-1$ PRBS



※ MULDEM : M₁₂ Mux

㉑국에서 data를 送出하고 ㉒국에서 error를 검출하는 경우에는 위의 그림과 기기배치가 반대로 된다.

ii) Data

항 목	측 정 일 시		Error Count	비 고
	일 자	시 간		
Bit Error Rate	80. 2.14	11 : 20 ~ 23 : 00	0	11 : 20부터 random하게 17회 측정
	80. 2.15	00 : 00 ~ 10 : 00	0	00 : 00부터 random하게 5회 측정

Route: {MULDEM㉑+OTX㉑} → {OTR㉑+MULDEM㉑}

항 목	측 정 일 시		Error Count	비 고
	일 자	시 간		
Bit Error Rate	80. 2.15	11 : 00 ~ 23 : 00	0	11 : 00부터 23 : 00까지 10회 측정
	80. 2.16	00 : 00 ~ 15 : 00	0	00 : 00부터 15 : 00까지 10회 측정

Route: {MULDEM㉑+OTX㉑} → {OTR㉒+MULDEM㉒}

5) 시험 측정후의 System구성

1)~2)항까지의 측정을 마치고 시험계통의 장비들의 계속 経年變化 시험을 위하여 80. 2.17 부터 설비들을 가동하기 시작하였으며 2일간 동작상태를 점검후 80. 2. 19 부터 시스템을 운용하였다. 동작 시스템 구성은 그림 12와 같이 구성하였고 optical fiber 4개의 심선 중 비교적 손실이 적은 ③번 심선 pink색과 ④번 심선 orange색의 fiber로 전송로를 구성하고 ①번 yellow색과 ②번 brown색 심선은 현용 심선 고장시를 대비하여 예비회선으로 하였다. 우선 시험시스템은 그림 12에서 보는 바와 같이 단국대 단국끼리만 통화 가능하도록 시험회선을 설치하였고 실제 시험회선 수용은 80년 4월에 2회선을 구성하였다. 이 회선 구성시에는 PCM-24B의 CH-unit를 4W CH unit로 4개 확보하여 4선중계로 하였다. (PCM-24B의 CH unit는 2W CH. unit 이었음)

2. 月別測定 Data

시험 system 設置後 80년 3월부터 81년 2월까지 10회에 걸쳐서 아래 項目들을 측정하였다.

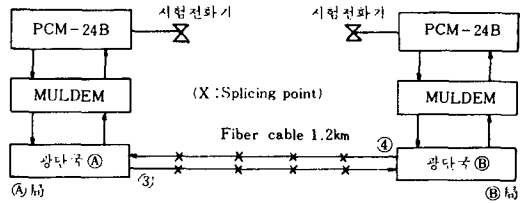


그림 11. 시험 시스템 구성도

1) 光源 LED 出力 측정

送信部の 光源과 光 fiber를 결합하여 光出力을 광섬유에 送出시킬 때에는 光源과 光 fiber와의 統合效率이 매우 중요한 因子로 작용하며 LED는 光 fiber와의 統合效率이 L. D의 그것에 비하여 일반적으로 적다.

① ㉒국에 사용한 RCA제 LED (형명: C30 119)

L. D는 micro lens를 사용하여 접속시키는 방법이 있지만 본 시험에서는 LED chip에 fiber 끝을 micro lens로 만들어 그것을 LED chip 가까이 밀착시켜 光出力을 효과적으로 集束시키는 pigtail을 실제 제작하여 사용하였다. RCA 제품 LED 자체 power는 100mA 에서 약 -3dBm(500μW) 이었으며 LED를 pigtail에 접속시켰을 때의 pigtail의 出力은 -15dBm로서 약 12dB의 결합손실을 가지고 있다.

실제 시험 system에 사용했을 때는 pigtail의 出力이 -20.8dBm으로 조정하여 安定하게 동작토록 하였다.

10회에 걸쳐서 측정한 data는 표 6과 같으며 夏期の 온도 증가 및 장기간 사용에 의하여 약 2dB 정도의 光出力 변동을 일으키고 있으며 그 特性은 그림 12에 표시하였다.

② ㉑국에 사용한 Sumitomo製 LED

㉑국 送信部の 光源은 Sumitomo社제의 LED로 同一社의 pigtail이 있는 LED module을 사용하였다. Pigtail 光出力은 크나 pigtail 제작에 사용한 광섬유의 core적

표 6. 光出力(LED, RCA제) 월별 측정

측정일시	LED igtail out put power	비 고
80. 2.11	-20.8dBm	시스템 설치시
3.14	-21.5 "	
4. 9	-22.0 "	
5.14	-22.0 "	
6.26	-22.4 "	
7. 8	-22.8 "	
8.16	-22.9 "	
11.14	-22.8 "	
81. 1.14	-22.7 "	
2.14	-22.8 "	

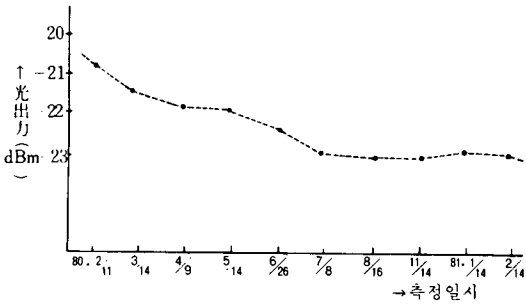


그림13. 光出力 月別 측정 특성 (B국)

경이 150 μ m이며 본시험에 사용한 광섬유의 core 직경이 50 μ m로서 pigtail과 광섬유의 결합손실이 많았다.

시험 system 설치시 (80.2.8) 初期 測定値는 -7dBm 이었고 그후 월별 측정치가 없는 것은 power meter 로 측정하기 곤란한 구조로 되어 있기 때문이었다.

2) 光受信 入力 測定

光受信 入力を 주기적으로 측정한 것을 표 7, 표 8에 표시하였다. 相對局 pigtail 出力에서 自局 受信部の A PD 光受信 入力を 뺀 것은 중간 전송로 (fiber)에서 생긴 손실을 나타낸다. 特性은 그림 14~17과 같다.

① Route OTX (B) → ORX (A)의 측정

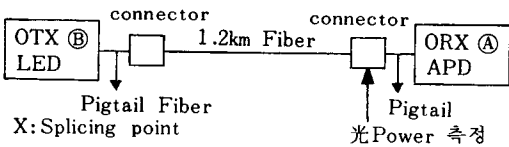


표 7. 光受信 入力 측정 data (A국 A.P.D)

측정일시	OTX (B) LED pigtail out put power	ORX (A) APD 수신 입력			
		① Yellow	② Brown	③ Pink	④ Orange
80. 2.11	-20.8dBm	-41.6dBm	-44.1dBm	-38.8dBm	-39.0dBm
3.14	-21.5 "	-43.0 "	-45.2 "	-41.2 "	-40.3 "
4. 9	-22.0 "	-43.5 "	-45.9 "	-41.5 "	-40.8 "
5.14	-22.0 "	-44.7 "	-	-42.8 "	-41.4 "
6.26	-22.4 "	-40.3 "	-	-42.0 "	-39.4 "
7. 8	-22.8 "	-41.0 "	-	-43.6 "	-
8.16	-22.9 "	-42.2 "	-	-44.0 "	-
11.14	-22.8 "	-42.8 "	-44.3 "	-44.8 "	-41.3 "
81. 1.14	-22.7 "	-	-	-	-
2.14	-22.8 "	-43.9 "	-45.3 "	-45.0 "	-42.0 "

위의 측정치 중에서 값이 없는 것 도중의 光 connector의 불량으로 光 power를 측정할 수 없었다.

② Route OTX (A) → ORX (B)의 측정

표 8. 光受信 入力 측정 data (B국 A.P.D)

측정일시	OTX (A) LED Pigtail out put power	ORX (B) APD 수신 입력			
		① Yellow	② Brown	③ Pink	④ Orange
80. 2.11	-7 dBm	-37.7dBm	-40.0dBm	-34.2dBm	-34.4dBm
3.14	-	-38.8 "	-41.0 "	-36.3 "	-35.3 "
4. 9	-	-39.1 "	-41.8 "	-36.4 "	-35.9 "
5.14	-	-44.9 "	-	-39.0 "	-40.8 "
6.26	-	-33.2 "	-	-37.9 "	-32.4 "
7. 8	-	-34.7 "	-	-38.8 "	-
8.16	-	-35.2 "	-	-39.0 "	-
11.14	-	-36.9 "	-42.4 "	-39.4 "	-34.0 "
81. 1.14	-	-	-	-	-
2.14	-	-37.3 "	-44.7 "	-39.8 "	-35.7 "

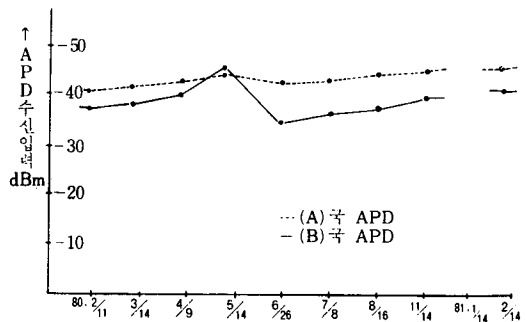


그림14. APD 수신입력 ①번심선 → 측정일자

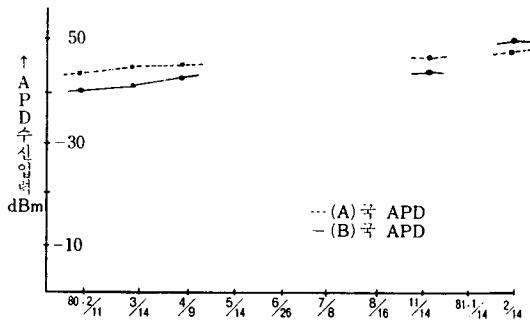


그림15. APD수신입력 ②번심선 → 측정일자

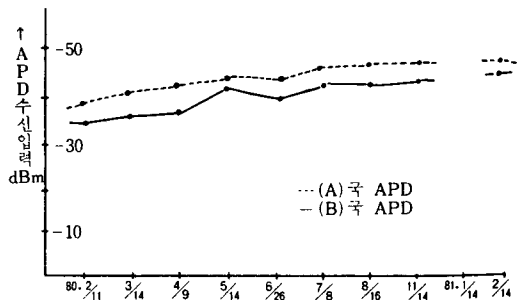


그림16. APD수신입력 ③번심선 → 측정일자

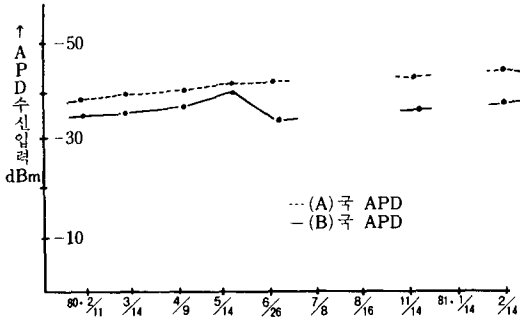


그림17. APD수신입력력 ④ 변신선 → 측정일자

※ OTX(A) LED의 pigtail out put power -7 dBm 는 초기 system 설치시에 측정된 것이며 월별 측정치가 없는 것은 본 시험에 사용한 power meter로는 光 power 를 측정하기 곤란한 module로 되어 있어서 측정할 수 없었다. 또 각 core의 측정치가 없는 것은 光connector 의 불량으로 光 power를 측정할 수 없었기 때문이다.

3. 시험 system(光Fiber Cable)과 기존 System(Copper Cable)에 수용된 회선과의 비교

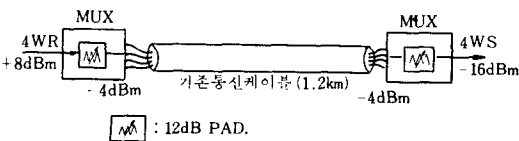
1) 시험 회선 수용

시험 光通信 設備 設置 場所인 부산지점과 남부산 변전소간 100P copper cable에 수용되어 있는 U.H.F. 음성 4선 중계회선 중에서 일부인 2 회선을 fiber cable 시스템으로 수용 변경하여서 기존 copper cable로 연결된 system과 성능을 비교하였다. 당초에 본 시험에 이용된 PCM-24B 단국장치는 CH. unit가 2 wire용으로 되어 있어서 양단국 장치중에서 2대씩 4개의 CH. unit를 4 wire CH unit로 개조하여 2 회선을 수용하였다. 그리고 시험 fiber cable system 이상시 즉시 기존 통신 케이블 system으로 교체할 수 있는 절체 switch panel을 설치하였다. 2 회선중 1 회선은 본사-고리회선, 1 회선은 본사-월성회선이다. 전자를 시험회선 #1로 후자를 시험회선 #2로 부르기로 한다.

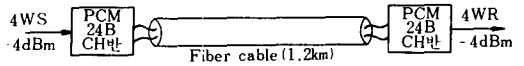
2) 양방식의 전송 특성 비교

① 표준 Level 특성 측정

기존 통신케이블과 fiber cable의 표준 level 특성을 그림18(a), (b)와 같이 구성하여 측정하였다.



(a) 기존 통신 케이블에서 측정



(b) 光 fiber cable에서 측정

그림18.

위의 그림들에서 측정시 test tone은 900Hz를 기준으로 하였고 아래 측정 data에서 보는 바와 같이 기존 케이블 시스템에서는 수신 level이 12dB PAD를 거친 후 -16dBm이 기준치인데 약 0.5~0.7dB의 변동을 보이거나 fiber cable에서는 기준치 -4 dBm에서 0.1~0.2 dB의 변동을 보이고 있다.

표 9. 표준 level 특성 측정

시험 회선	기존 통신 케이블 시스템		광 fiber cable 시스템	
	송신 level	수신 level	송신 level	수신 level
시험 회선 #1	부산 B/O 4WR: +8 dBm	남부산 S/S 4WS: -16.6dBm	부산 B/O 4WS: -4 dBm	남부산 S/S 4WR: -4.2 dBm
	남부산 S/S 4WR: +8 dBm	부산 B/O 4WS: -16.5dBm	남부산 S/S 4WS: -4 dBm	부산 B/O 4WR: -3.8dBm
시험 회선 #2	부산 B/O 4WR: +8 dBm	남부산 S/S 4WS: -16.7dBm	부산 B/O 4WS: -4 dBm	남부산 S/S 4WR: -4.1dBm
	남부산 S/S 4WR: +8 dBm	부산 B/O 4WS: -16.6dBm	남부산 S/S 4WS: -4 dBm	부산 B/O 4WR: -3.8dBm

(※ 기존 시스템의 송신은 Mux의 4 WR에서 copper cable에 직접 연결.)

표 10. 4 W 주파수 특성

(기존케이블과 시험광 케이블 비교)

시스템 회선	주파수	기존 copper cable 시스템 (4WR: +8dBm)		광 섬유 cable 시스템 (4WS: -4dBm)	
		시험회선#1 (4WS 수신)	시험회선#2 (4WS 수신)	시험회선#1 (4WR 수신)	시험회선#2 (4WR 수신)
부지 산점	300Hz	-16.6dBm	-16.7dBm	-4.4dBm	-4.3dBm
	400 "	-16.6 "	-16.6 "	-4.3 "	-4.1 "
	600 "	-16.6 "	-16.6 "	-4.2 "	-4.1 "
	900 "	-16.6 "	-16.7 "	-4.2 "	-4.1 "
	1000 "	-16.7 "	-16.1 "	-4.2 "	-4.1 "
	2000 "	-16.9 "	-16.8 "	-4.4 "	-4.4 "
남부산 변전소	3000 "	-17.1 "	-17.1 "	-4.8 "	-4.7 "
	3400 "	-17.2 "	-17.2 "	-4.9 "	-4.9 "
	300Hz	-16.5dBm	-16.5dBm	-4.0dBm	-4.0dBm
남부산 변전소	400 "	-16.5 "	-16.5 "	-3.9 "	-3.9 "
	600 "	-16.5 "	-16.5 "	-3.8 "	-3.8 "
	900 "	-16.5 "	-16.6 "	-3.8 "	-3.8 "
	1000Hz	-16.5 "	-16.6 "	-3.9 "	-3.8 "
부지 산점	2000 "	-16.7 "	-16.7 "	-4.0 "	-4.0 "
	3000 "	-16.9 "	-16.9 "	-4.4 "	-4.3 "
	3400 "	-17.1 "	-17.1 "	-4.9 "	-4.9 "

※ 시험 fiber system의 송신은 Mux의 4 WR에서 PCM-24B의 4 W.CH unit의 4 WS에 연결되고 PCM-24B set는 M₁₂ multiplexer를 거쳐서 光端局에 연결된다.

② 주파수 전송 특성

음성 주파수 대역 300Hz~3400Hz 사이의 전송특성을 4 W. 주파수 특성은 기존 copper cable system과 시험용 fiber cable system에서 측정하였고, 2 W 주파수 특성은 시험용 fiber cable system에서 측정하였다. 그 측정 data는 표10 및 표11과 같으며 특성을 표시한 것은 그림19, 20, 21 및 22와 같다.

표11. 2 W 주파 수특성(광fiber cable)

Route 주파수	부산지점 (-0.5dBm 송출)→남부산 변전소	남부산 변전소 (-0.5dBm 송출)→부산지점
300Hz	-9.7dBm	-9.4dBm
400 "	-9.2 "	-8.9 "
600 "	-8.8 "	-8.5 "
900 "	-8.6 "	-8.3 "
1000 "	-8.7 "	-8.4 "
2000 "	-8.6 "	-8.3 "
3000 "	-9.0 "	-8.7 "
3400 "	-9.5 "	-9.2 "

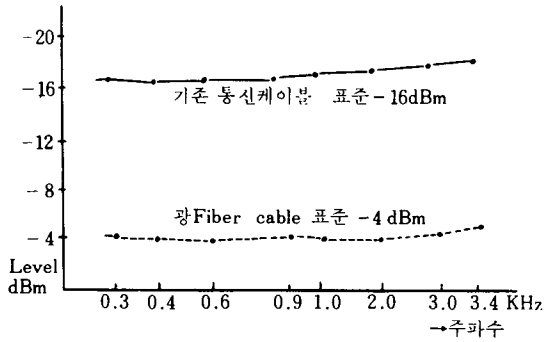


그림21. 4 W 전송 주파수 특성 (㉞국 → ㉞국 시험회선 #1)

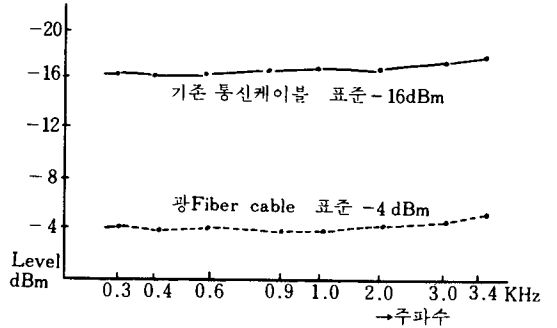


그림22. 4 W 주파수 전송 특성 (㉞국 → ㉞국 시험회선 #2)

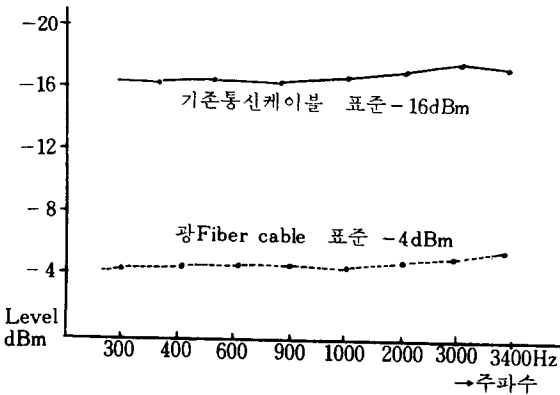


그림19. 4 W 전송 주파수 특성 (㉞국 → ㉞국 시험회선 #1)

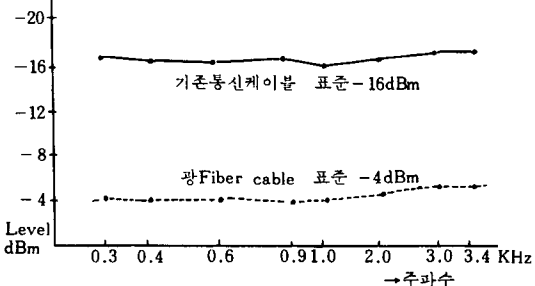


그림20. 4 W 전송 주파수 특성 (㉞국 → ㉞국 시험회선 #2)

표12. 4 W 전송 손실 특성(광섬유 cable)

Route 및압력레벨	측정개소 회 선	광섬유 Cable ㉞국 PCM CH Unit 4WS	
		시험회선 # 1	시험회선 # 2
㉞국 4WR	+ 1dBm	+ 0.1dBm	+ 0.2dBm
	0 "	- 0.3 "	- 0.3 "
	- 1 "	- 1.0 "	- 1.0 "
	- 2 "	- 1.9 "	- 1.9 "
	- 5 "	- 4.9 "	- 4.8 "
	- 10 "	- 9.9 "	- 9.7 "
	- 15 "	- 14.7 "	- 14.7 "
	- 20 "	- 19.9 "	- 19.9 "
	- 25 "	- 24.9 "	- 24.8 "
	- 30 "	- 29.9 "	- 29.9 "
	- 35 "	- 35.0 "	- 34.9 "
	- 40 "	- 40.1 "	- 40.1 "
	- 44 "	- 44.2 "	- 44.2 "
	㉞국 4WS	- 45 "	- 45.3 "
- 50 "		- 50.6 "	- 50.4 "
- 53 "		- 53.5 "	- 53.4 "
- 54 "		- 54.4 "	- 54.5 "

3) 전송 손실 특성 측정

전송손실특성은 표12에 나타냈으며 전송 손실 특성 측정은 4 W만 측정하였고 기준 주파수는 900Hz로 하였다.

그리고 route는 ㉞국 4WR→㉠국 4WS로 하였다.

4) 無通話時 잡음 레벨 측정

PCM 4W CH. unit의 시험회선 #1과 시험회선 #2의 무통화시 잡음레벨 특성과 PCM 2W CH unit의 특성을 측정하였으며 표13에 표시하였다.

표 13. 무통화시 잡음 레벨

측정개소	광통신시스템 (PCM 4W CH. Unit)		광통신시스템 (PCM 2W CH. Unit)
	시험회선#1	시험회선#2	CH. 2
㉠국 4WR	-63.5dBm	-63.0dBm	-65dBm
㉞국 4WR	-66.3 "	-65.7 "	-63 "

5) 信號線(SS, SR)에 미치는 電力線 誘導 영향

기존 시스템인 부산지점과 남부산 변전소간의 copper cable회선은 유도 잡음 장애가 많은 구간으로서 시험용으로 이 구간에 설치한 光 fiber cable system과 유도 잡음에 의한 영향을 비교 측정하였으며 그 측정치는 표 14와 같다. 기존 케이블의 경우에는 AC전압이 3.2~4.0V정도가 신호선에 유도되고 있으나 시험 光 fiber system에서는 유도되는 AC전압이 미미하여 무시할 정도이다.

표 14. 신호선에 미치는 유도 잡음 측정

측정개소	시스템별 신호선		기존시스템 (Copper Cable)	시험시스템 (Fiber Cable)
	시스템	신호선		
부산지점	S.S.		AC 3.3 V	AC 0.005 V
	S.R.		" 3.2 V	" 0.002 V
남부산 변전소	S.S.		AC 3.9 V	" 0.006 V
	S.R.		" 4.0 V	" 0.005 V

VI. 試驗結果

前節에서 기술한 試驗시스템 설치시 측정된 초기 data와 月別측정 data를 분석하면 다음과 같다.

1. LED Pigtail Output Power

10회에 걸쳐 측정된 data로 보면 약 2dB의 출력변동이 있으며 그 원인은 장기간의 경년변화에 의한 光power 저하와 계절변동에 의한 주위온도 및 습도의 변화에 따른 出力變動으로 생각된다.

2. 光 Connector Loss

V. 1항 측정에서 보는 바와 같이 光 connector loss는 평균 3.3dB이었다.

그러나 현재는 0.8dB~1.2dB정도의 손실과 core직경이 50 μ m인 graded index fiber cable의 connector¹⁾ 손실이 0.5dB~1.0dB정도의 것도 발표되고 있다.¹⁾ 접

속손실(splicing loss)도 현장 실용화 시험시 측정된 data는 3mValtec fiber cord와 KIST fiber cable과의 접속손실은 약 2dB이었고 KIST fiber상호의 접속손실은 약 1dB이었다. Core徑이 큰 graded index fiber는 fiber 自体의 size 精度가 평균 접속손실 0.2dB~0.3dB를 달성하는데 큰 문제가 없는 것으로 발표되고 있으며 core徑이 작은 single mode fiber에서는 size精度가 접속손실에 미치는 영향이 크므로 single mode fiber의 저손실 접속을 위하여 size 精度의 不完全性を 접속방법으로 補完하는 方法이 강구되고 있다.¹⁾

3. APD 受信入力 및 전송손실

시험 시스템에 사용한 受光素子인 RCA C30902형 APD는 最少 光受 信入力の 측정치가 -53dBm이었을 때도 bit error rat는 1 \times 10⁻⁹이하이었다. 10차에 걸친 전송손실(LED pigtail out put power에서 APD 受信入力を 뺀 것)의 平均측정 data는 표15와 같다.

표 15. 전송손실 평균 data

삽선 항목	①번삽선 Yellow	②번삽선 Brown	③번삽선 Pink	④번삽선 Orange
평균전송손실	21.3dB	23.3dB	19.1dB	18.6dB
Connector Loss	2.5 "	4.1 "	3.8 "	2.7 "
Fiber+ Splicing Loss	18.8 "	19.2 "	15.3 "	15.9 "

VII. 앞으로의 展望과 課題

본 실용화 시험에 사용한 fiber cable은 multimode step index fiber cable로서 대역폭은 50MHz·km의 특성을 갖고 있으며 fiber의 손실이 큰 편이었다. 우리 회사의 실정으로는 fiber cable의 손실이 감소되고(무중계거리가 증대됨) 또 대용량의 정보를 전송할 수 있는 fiber cable이 요구되고 있다. 國內에서도 fiber cable의 loss가 km당 3dB정도이고 대역폭이 200~400 MHz·km의 것이 開發되고 있다.

본 시험에 사용한 光纖維 connector는 loss가 약 3.3dB정도의 것이었다. VI. 2항에서와 같이 graded index fiber cable connector 손실이 0.5dB~1.0dB 정도의 것이 발표되고 있으므로 제조 공정이 어렵고 정밀한 방법으로 제작하는 어려운 문제를 좀더 손쉬운 광섬유 connector 제작방법과 삽입손실을 줄이는 方向으로 연구 개발되어야 할 것이다. 送信用 光源으로는 laser diode의 수명이 점차 연장되는 추세에 있으므로 L.D의 사용문제가 계속 연구되어야 하겠고, 현재의 PCM CH. unit는 2W, 또는 4W 전용으로만 되어 있으므로 FD-M 방식의 多量端局裝置의 CH. unit와 같이 2W, 4W 결선이 strap 절체로 간단하게 처리 될 수 있는 것의 제

작이 우리 전력회사의 통신중계 방식상 요청되고 있다.

VII. 結 論

만 1년만에 걸친 現場 實用化 試驗에서 시험 시스템 장 비로서 connector loss, splicing loss 및 fiber loss 를 감소시키게 되면 우선 실제 시스템에서의 사용에 별 지장이 없으리라고 생각된다. 無中繼 近距離 시스템에서는 光源으로 LED를 사용하더라도 실용상 문제는 없겠으나 실제 무중계의 거리결정은 fiber loss, splice loss 및 connector loss와 LED光源의 出力과의 合成된 조건에 의하여 결정될 것이므로 명확히 기술하기는 곤란하다. 그러나 실험 시스템에서 PCM 전송회선의 performance를 결정하는 주요 요인은 bit error rate는 5-1 항에서와 같이 매우 양호한 특성을 보이고 있으며 기존 케이블 시스템과 통화로 전송특성의 비교 및 신호선에 미치는 전력 유도 장애 특성등을 비교 측정하므로써 光 통신 cable 시스템의 우수성을 입증한 것은 큰 수확이며, 본시험의 큰 의의라고 할 수 있다. 끝으로 본 實用化 시험의 계획과 시행에 協助하여 주신 금성전기(주), KIST, 금성전선(주), 대한전선(주)와 한국전력의 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드린다.

參 考 文 獻

[1] Yoshito Ueno & Toshiharu Yasugi, "Optical

Fiber Communication Systems Using Pulse Interval Modulation," *NEC Reserch & Development*, No. 48, Jan. 1978.

[2] 光コミュニケーション 시스템 日本機械振興協會編, 日刊工業新聞社, 1977.

[3] A.A. Bergh & John A. Copeland "Optical Sources for Fiber Transmission Systems", *IEEE (Optical-Fiber Communication)* Vol. 68, P.1245. October 1980.

[4] 石田之則, 光케이블의 設計及び 布設技術, 電子通信學會誌, 11. 1980.

[5] Fujitsu Optical communication systems, Fujitsu Ltd. Oct. 1980.

[6] Jack F. Dagleish, "Splices, Connector and Power Couplers for Field and Office Use", *IEEE (Optical-Fiber Communication)* Vol. 68 P. 1229. Oct. 1980.

[7] 石田之則 光케이블의 設計及び 布設技術 電子通信學會誌, 11. 1980.

[8] 光通信實用化 研究報告書, 韓電(株)系統運用部, 金星電氣(株) 技術研究所, 3. 1981.

◆ 用 語 解 說 ◆

Memory Counter: At the start of the desired program, push the counter reset button until "0000" is indicated on the counter. When the program has ended depress the REW button; the REW button will then be released automatically when the counter comes to the point of "9999" (one count before 0000 in order to avoid missing the start). If repeated playback of this program is desired, depress again the play button.

Mic Input: Signal feed point for a microphone or others with similar characteristics.
Signal level requirements: -65 dB low impedance (350 to 600 ohms)

Muting Circuit: At every rising (FF, REW, or PB mode) of the servo, muting signal is supplied from the system control circuit, so that nothing appears on the screen.

Noise Canceller: Noise factor in the video signal is taken out by the HPF. Then the phase of this noise factor is inverted (the amplitude remains unchanged) and this oppositephased noise factor is added to the original video signal. As a result, original noise factor and additional opposite-phased noise factor offset each other.

ΩOmega Shape: On most helical scanning type video recorders, the tape is wrapped around the rotary head