

구로-간석間 45Mb/s 光通信 시스템의 商用試驗

朱興魯·鄭眞宇·金弘晚·朴文秀·
李相濤·姜玟鎬 / 光通信研究室
朴義信 / 韓國電氣通信公社

[Abstract]

First commercial optical fiber communication system has been installed between Guro(Seoul) and Gansuk(Incheon). The total route length is 35km. The system operates at 0.85 μm . It contains 3 repeaters and the repeater spacing is about 9 km.

The operating system parameters meet their design objectives.

I. 序 論

光纖維 通信方式이 개발된 이래 세계 각국에서 대단위 商用化가 이루어지고 있다.^{(1),(2)} 우리나라에서도 韓國電氣通信研究所 (KETRI)를 주축으로 1978년부터 본격적인 광통신 시스템 개발 연구에 착수하여, 1979년의 광화문-중앙전화국간의 現場試驗을 비롯한 수차례의 現場試驗과 81년 11월~82년 12월의 구로-안양 간의 實用試驗⁽³⁾을 통해 국내개발 光通信 技術의 실용성을 입증하였다. (<表1>참조). 이와같이 축적된 기술을 바탕으로 韓國電氣通信公社 (KTA)

에서는 83년 11월부터 구로-간석간의 35km와 구로-화곡간의 10km에 대한 45Mb/s 光通信 商用試驗을 현재 수행중에 있다.

기 관	설치일	설 치 장 소	구간거리	내 용
KETRI, 체신부	79. 9	광화문- 중앙전화국	2.3 km	단파장45Mb/s 현장시험
KAIST, 금성전기 금성전선, 대한전선	80. 2	한전부산지점- 남부산변전소	1.2 km	96회선 텔레메 터링 중계
KETRI, 체신부	80. 4	KETRI(남산)- 중앙전화국	1.9 km	칼리영상 중계
KETRI, 체신부	81. 11 -82. 12	구로-시흥- 안양전화국	12 km	단파장45Mb/s 실용시험
한국전력	83. 6	부 산	10 km	단파장6.3Mb/s
KTA	83. 11	구로-화곡- 간석전화국	35 km	단파장45Mb/s 상용시험
KETRI, KTA	84. 6	KETRI(대덕)- 대전시의전화국	17.3 km	장파장45Mb/s 및 90Mb/s 실용시험

<表1> 国内 光通信 現場試驗沿革

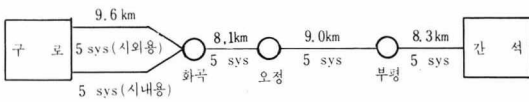
본 商用試驗은 시스템 설계, 光端局 및 광케이블 관련 規格案의 제정, 관계요원에 대한 교육, 검수와 시설 등 설계에서 운용까지의 전 과정에 걸쳐 KETRI와 KTA의 긴밀한 협조하에 수행되고 있다. 이 상용시험에는 순수 국내 기술로 제조된 短波長 (0.85 μm) 光纖維와 광케이블

이 사용되었으며 光端局 장치도 KETRI의 기술 지도로 국내 기업체에서 제작하였다.

本 論文에서는 구로-간석간에 설치된 우리나라 최초의 商用 45Mb/s (음성회선 672회선) 光通信 시스템의 주요 시험결과를 다루었다.

II. 시스템 概要

상용 시스템은 短波長 (0.85 μ m) 45Mb/s 多重 모드 光纖維 通信 시스템으로서 설치구간은 서울의 구로 전화국과 인천의 간석 전화국 사이의 35km 구간이다. (<그림 1>參照). 화곡, 오정, 부평에는 光中繼器가 설치되었고 구로-화곡간에는 市内 局線用으로 5개 시스템이 설치되었으며 구로-간석간에는 市外用으로 5개 시스템



<그림 1> 商用試驗 区間圖

이 설치되었다. 전체 시스템의 구성을 <그림 2>에 보였다.

전체 시스템의 光損失配分은 <表 2>와 같은데 送信機 出力 - 3 dBm에서 受信機 感度 - 50dBm을 뺀 전체 시스템 마진(Margin) 47dB중에서 7 dB를 運用마진으로 割當하였고 나머지 40dB를 光케이블 損失, 接統損失, 코넥터 損失에 할당하였다. 運用마진은 光케이블의 再接統, 接統箇所의 증가, 시스템의 degradation 등에 대비한 것이다. 光端局은 KETRI의 기술지도로 금성전기 및 대우통신에서 제작하였으며 光케이블은 24심 短波長 (0.85 μ m) 多重모드 光케이블로서 한국광통신주식회사에서 생산된 loose tube형 光纖維를 금성전선과 대한전선에서 각각 光케이블로 製造하였다.

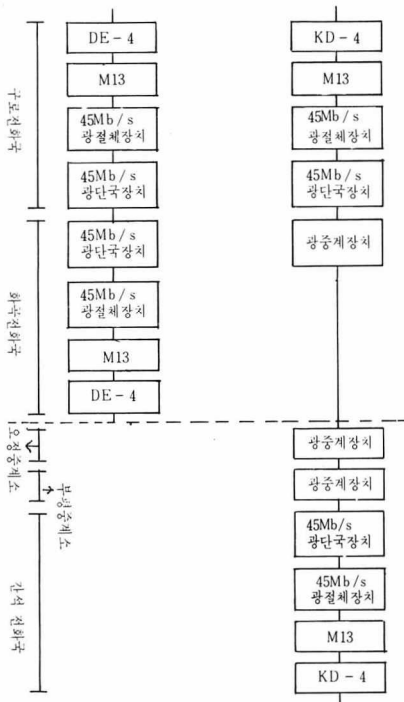
광송신기 출력	- 3 dBm
광수신 감도	- 50dBm
광코넥터 손실	1.5dB/개소
광섬유 접속손실	0.3dB/개소 (평균) 0.7dB/개소 (최대)
시스템 운용마진	7 dB

<表 2> 光損失 配分

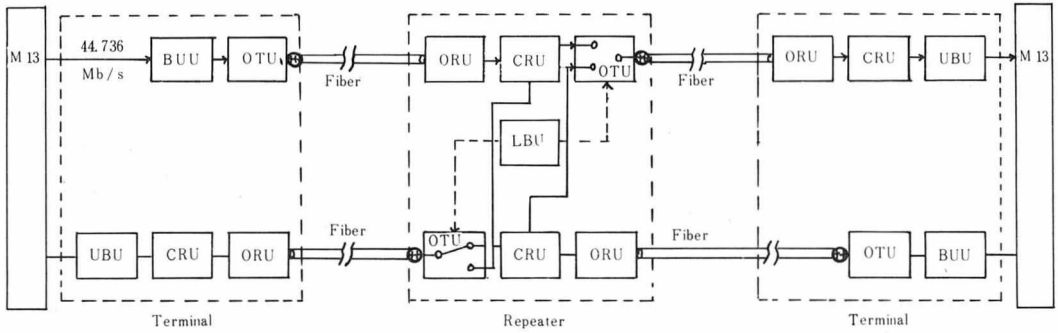
III. 光端局 및 切替裝置

전체 光端局의 系統圖는 <그림 3>과 같다. M13 多重化 裝置에서 전송되어온 B3ZS code의 43.736 Mb/s data는 BUU에서 ECL level로 만들어져 OTU로 보내진다. OTU에서는 이 電氣信號를 光信號로 바꾸어 光纖維로 伝送하게 된다. 受信쪽의 ORU는 光信號를 검출하여 電氣信號로 바꾸고 이 신호는 clock과 data를 재생하기 위하여 CRU로 보내진다. CRU에서 재생된 clock과 data는 UBU에서 B3ZS code화 되어 bipolar 신호 형태로서 M13 多重化 裝置로 전송된다.

光中繼器는 reshaping, regeneration, retiming 기능과 中繼器 감시를 위한 loop back 기능이 있다. 光端局과 切替裝置의 주요 특성은 <表 3>과 같다. 切替裝置¹⁾는 光端局, 光中繼器 또는 光纖維에 이상이 생겨 光端局裝置로부터 切替要求 信號를 받게 되면 상대 切替裝置와 교신하



<그림 2> 全体시스템 構成圖



〈그림 3〉 光端局 系統圖

여 兩方向으로 동시에 절체시켜 준다. 동작채널 : 예비채널의 비는 N : 1 ($N \leq 11$)로 이 상용시스템에서는 4 : 1 protection을 해서 사용한다. 切替制御 信號는 FSK(Frequency Shift

Keying) 變調되어 銅線을 통해 전송되며 그 부호 형태는 非同期式이고 伝送速度는 1200b/s이다.

光端局 및 切替裝置의 주요 性能 및 最終 試驗結果는 〈表 4〉와 같다.

a) 광단국의 주요 특성

항 목	특 성
발 광 파 장	$0.85 \pm 0.03 \mu\text{m}$
광전송속도	$44.736\text{Mb/s} \pm 20\text{ppm}$
환 경	온도 : $20 \pm 15^\circ\text{C}$ 습도 : $65 \pm 20\%$
송 신 레 벨	- 3dBm 이상
라인의 부호	Scrambled binary NRZ
수신감도 (10^{-9} BER)	-50dBm 이하
AGC 범위	25dB 이상
전기적 접속	속도 : $44.736\text{Mb/s} \pm 20\text{ppm}$ 임피던스 : 75Ω
사 용 전 원	부 호 : DS 3 프레임 갖는 B3ZS 레 벨 : DSX-3 접속점에서 CCITT Recommendation G. 703에 따름 -48± 5 V dc

b) 절체 장치의 주요 특성

항 목	특 성
예 비 시스템 비율	1 : 11까지
스 위 치 제 어 신호	FSK 변조된 ~1200b/s (비동기)
스 위 칭 방 식	양방향 동시 스위칭
테 슣 신 호	44.736Mb/s, B3ZS
환 경	온 도 : $20 \pm 15^\circ\text{C}$ 습 도 : $65 \pm 20\%$
사 용 전 원	-48± 5 V dc

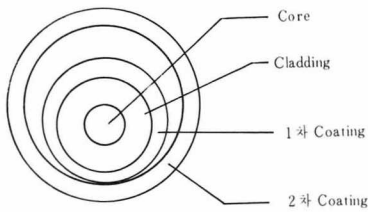
〈表 3〉 光端局 및 切替裝置의 주요 特性

항 목	단 위	설 계	시 험 결 과		
			평 균	최 소	최 대
가) 광단국장치					
• 광원의 파장	μm	0.85 ± 0.03	0.85	0.84	0.86
• 광펄스의 전송 속도	Mb/s	$44.736\text{Mb/s} \pm 20\text{ppm}$	44.735	44.735	44.736
• 송신광출력	dBm	- 3 dBm 이상	- 2.8	- 2.9	- 2.7
• 수신감도	dBm	-50dBm 이하	-51.9	-52.9	-50.7
• 자동이득조정 범위	dB	25dB 이상	34.5	28	40
• DS-3의 오율		10^{-6} 이상	양 호	양 호	양 호
나) 광중계장치					
• 광원의 파장	μm	0.85 ± 0.03	0.85	0.84	0.86
• 광펄스 전송 속도	Mb/s	$44.736\text{Mb/s} \pm 20\text{ppm}$	44.735	44.735	44.736
• 송신광출력	dBm	- 3 dBm 이상	- 2.6	- 2.9	- 2.1
• 수신감도	dBm	-50dBm 이하	-51.8	-53.0	-50.3
• 자동이득조정 범위	dB	25dB 이상	33	27	45
다) 절체장치					
• 테스트 신호					
-클럭주파수	Mb/s	$44.736\text{Mb/s} \pm 20\text{ppm}$	44.735	44.735	44.735
-임피던스	Ω	$75 \pm 5 (\%)$	73.9	73.9	75
• 절체시간					
-절체결환시간	ms	5 ms 이내	1.9	1	4
-절체요구발생에서 완료시	ms	150 ms 이내	77.3	68	100

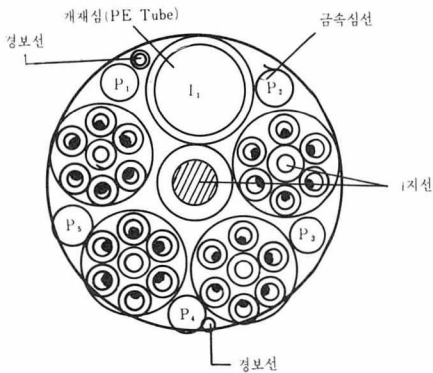
〈表 4〉 光伝送裝置의 주요 性能 및 최종 試驗結果

IV. 光케이블

本試驗에 사용된 광케이블의 光學的 特性은 <表 5>와 같다. 광케이블은 증계기 간격에 따라 損失 A 등급 (3.0dB/km 이하)과 B 등급 (3.5dB/km 이하)을 사용하였고 帶域幅은 300MHz·km 이상 이었다. 설치된 광케이블은 loose tube형 光纖維를 사용한 24심 케이블로서 그 構造는 <그림 4>와 같다.



[Loose형 Core의 구조]



[24Core 케이블]

<그림 4> 光케이블의 構造

이 케이블에는 5개의 금속 심선쌍이 들어있어 스위칭장치 切替用 및 order wire로 사용하도록 하였다. 케이블의 外径은 25mm, 最大引張荷重은 350kg중이었으며 最小許容 曲率半徑은 55cm이었다. 광케이블의 防水方式은 乾燥空氣 繼續 注入方式을 택하여 光端局 및 中繼器가 설치된 지점에서 양방향으로 공기를 주입시켜 다른 한쪽의 고장시에도 공기가 계속 주입되도록 하였다. 케이블 布設方法은 8字 布設方法을 사용하였으며 100mm PVC 관에 35mm 内管을

구분	항 목	규 격 치			비 고
		등급별	90% 치	100%치	
1	손 실	A	3.0dB/km 이하	3.5dB/km 이하	측정파장 850±30nm
		B	3.5	4.0	
2	대역폭	300MHz·Km 이상			"
3	N. A.	0.21±0.02			
4	코아직경	50±3μm			
5	클래딩 직경	125±3μm			
6	코아 비원율	6% 이하			
7	클래딩 비원율	2% 이하			
8	비동심율	6% 이하			

<表 5> 光케이블의 光學的 特性

항 목	단 위	설 계	시 험 결 과		
			평 균	최 소	최 대
손 실	dB/km	4.0이하	2.6		4.0
대역폭	MHz·km	300 이상	690	310	1210
코아직경	μm	50±3	49.7	47	53
클래딩 직경	μm	125±3	125.2	124	128
N.A		0.2±0.02	0.199	0.19	0.22
코아비원율	%	6 이하	2.7	0	5.8
클래딩비원율	"	2 "	1.58	1.56	1.58
비동심율	"	6 "	2.5	0.3	3.0
접속손실	dB/개소	평균 (0.3) 최대 (0.7)	0.24	0.07	
증계간격구간 내 허용손실	dB	34dB/구간 (코넥터손실제외)	29.7	26.9	34.9 (코넥터 손실포함)
공기주입	kg/cm ²	0.65	0.78	0.7	0.9
조정길이	m	표준 1000	1028	829	1182
1차 코팅	μm	360-440	377	360	400
2차 코팅	"	1800-2200	1900	1800	2100

<表 6> 光케이블의 設計值 및 測定結果

설치하여 이 内管속으로 광케이블을 布設하였다. 총 연장 35km에 接統點은 30개소였으며 接統點에는 양쪽 케이블의 接統余長 2.5m씩 5m를 두었다. 單位組長當의 길이는 약 1km 내외였다. 광섬유의 接統損失은 OTDR로, 최종 全体損失은 컷트백 방식으로 측정하였으며 전체 帶域幅은 swept frequency 방식으로 측정하였다. 측정결과 증계구간당 평균 손실은 약 30dB (접속 손실 포함), 평균 帶域幅은 130MHz였으며 다음 식에서 帶域幅의 길이에 대한 依存性을 나타내는 γ값은 평균 0.7이었다.

$$B_r = \sum_{i=1}^N B_i$$

B : 区間別로 측정된 帶域幅 값
 B_i : 單位 길이당의 光纖維의 帶域幅 값
 N : 1 개 区間에 연결된 單位길이 光纖維의 수

광케이블의 布設 및 接統은 1983. 11. 2~1984. 12. 30 사이에 國內의 通신키설 設치 전문 業체인 영남通신키에서 수행하였다. 광케이블의 設치值 및 실제 測定結果는 <表 6>과 같다.

V. 中間 試驗 結果

본 시스템의 中間시험 結果(84. 1. 27~84. 3. 31) 光端局 裝置에 4번, 光中繼 裝置에 4번, 절체 장치에 11번, 기타(多重化 裝置, 電源등) 5번의 故障이 發生하였다. 이중 切替裝置의 故障은 光端局에서 切替裝置로의 접속지점에서 發生되는 雜音이 切替制御 유닛의 誤動作을 유발하여 故障을 일으키는 것으로 判명되어 이 부분에 flop 저항을 추가시켜 故障원인을 해소 시켰다. 기타 다른 部分의 故障은 部品交替, 코넥터 交換, level의 調整등으로 그 원인을 해소시킨 結果 현재는 시스템의 動作이 안정되었다.

中間 試驗 結果, 장치는 충분한 環境試驗을 거쳐야 하고, 엄선된 規格의 部品을 사용하여야 하며, 運用者의 숙련도를 향상시킬 必要性이 지적됐다.

VI. 結 論

본 商用試驗은 그동안 수차례의 現場試驗을 통하여 측정된 經驗과 技術의 최종 마무리 시험으로서 순수 國內技術로 개발된 光端局과 光纖維 케이블을 사용하였다는데 그 의의가 크다. 이 商用시스템의 設치로 우리나라에도 본격적인

光通信 時代가 열렸다고 하겠다. 시스템의 設치 후 測定結果는 設計值를 만족하였으며, 中間試驗 結果 일부이상이 발견되기도 했으나 그 이상 원인을 해소 시킴으로써 현재는 安定된 동작을 하고있다.

本 試驗에는 短波長 45Mb/s 光通信 시스템이 사용되었는데 앞서의 現場試驗들과 本 試驗에서 측정된 經驗은 長波長 45Mb/s 및 90Mb/s 光通信 시스템의 운용에 유용하게 사용되었고¹⁾, 이들 日련의 시험들은 앞으로의 光通信 方式의 대량보급에 중요한 자료들을 제공하게 될 것이다. 本 商用光通信 시스템은 信賴性 試驗을 마치면 一般 加入者線을 수용하여 서비스를 제공하게 된다.

추운 날씨속에서도 본 시험이 성공적으로 수행되도록 수고를 아끼지 않은 金성전선, 대한전선, 金성전기, 대우通신키 및 영남通신키 관계자 여러분께 감사드린다.

參 考 文 獻

1. Matthijsse, P. "Essential Data on Optical fiber Systems Installed in Various Countries", ITU Telecommunication Journal, Vol. 49, No. 11, 1982. pp124-130.
2. "Technology '84 Communications", IE-EE Spectrum, Vol. 21, No. 1, 1984. pp53-57.
3. 姜玟鎬外, "45Mb/s 國產 光纖維通信 시스템의 現場試驗" 電氣學會誌 제 2 권, 제 2 호, 1983.
4. 李聖恩, 鄭眞宇, 姜玟鎬, "45Mb/s 光通信 시스템의 自動切替裝置" 電氣通信, 제 5 권, 제 3 호, 1983. pp30-33.
5. 金容換外, "長波長 多重모드 光纖維通信 시스템의 實用試驗", 電氣通信, 제 6 권, 제 2 호, 1984.