

# 技術展望

## 우리나라 光纖維通信技術의 現況과 展望

姜 玟 鎬\*

### 圖 表 目 次

- 1. 光通信이란?
- 2. 광섬유통신의 특징
- 3. 國內外의 應用現況

- 4. 展 望
- 참고문헌

### 1. 光通信이란?

오늘날 빛이 통신의 세계에 혁명을 일으키고 있다. 이것의 主役은 레이저와 광섬유이다. 數10만분의 1평방mm의 좁은 半導體端面에서 방출되는 安定되고, 指向성이 우수한 光線, 즉 레이저 光線에 相當한 量의 情報를 變調시킬 수 있다. 直徑이 0.1mm정도의 머리카락 굵기의 光纖維, 즉 光纖維는 極히 적은 傳送損失(최근의 例로는 15km 전송후 빛의 強度가 1/2이 됨)로 레이저 光線을 멀리 傳送할 수 있게 되었다.

빛을 이용한 通信은 人類의 歷史와 함께 시작되어서 오늘날의 일상생활에서도 알게 모르게 가장 흔히 쓰이는 通信방식이다. 이것을 다시 살펴보면 태양등에서 오는 可視光線이 물체의 움직임, 색깔, 모양등에 따라 變調되어 空氣中으로 傳送된 후, 사람의 눈(眼)에 감지되어 두뇌에서 認識되는 매우 자연스러운 과정이다. 그러나 이러한 인류 태초의 光通信方式은 여러가지의 제약때문에, 복잡한 현대사회의 通信수단으로는 不適合한 點이 많다. 이러한 點들을 개선하기 위하여 먼 옛날부터 烽火 또는 등대불의 點滅로서 通信을 하기도 하고, 1880년에 들어서서 電話의 發明으로 유명한 A. G. Bell氏의 Photophone에서 축음기의 진동을 빛으로 바꾸어 수 100m의 거리에 音聲을 전송하기도 했으나, 1960년에 미국의 Maiman氏가 레이저를 발명한 후에야 本格的인 研究段階에 들어섰다.

레이저에서 나오는 빛은 주파수가  $10^{14}$ Hz정도로서 마이크로파보다 수10만배 높고, 간섭성 및 直進性이 우

수하므로, 대단히 많은 情報로 變調시킬 수 있다. 이것은 1970년의 Corning 유리회사의 低損失(20dB/km@0.63 $\mu$ m) 광섬유의 開發과 더불어, 지난 10년간의 光纖維, 發光素子 및 受光素子의 特性改善과 量産性을 높이는 研究의 桴鼓한 만한 成果에 힘입어, 80年代에 들어서면서 光纖維通信方式이 電話網에 大量應用되기 시작하였다.

最近에는 美國, 日本等地에서 大容量 有線傳送線路인 同軸케이블방식의 新設 내지는 증설을 淸소하고 있으며, 근거리 傳送에 많이 쓰이는 PCM케이블방식도 地下시설의 유지보전 문제로 光케이블로 대체될 시기에 도래했다.<sup>(1)</sup>

### 2. 광섬유통신의 특징

특징을 이해하기 위하여, 광섬유가 어떻게 빛을 導波하는지를 먼저 살펴보자. 가느다란 유리線인 광섬유의 중심부분의 굴절율(屈折率)은 바깥부분의 유리의 굴절율보다 약간 크도록 설계되어 있는데, 이러한 유리선의 중심부분을 코어(core)라고 하며 바깥부분을 클래딩(cladding)이라고 한다. 그림 1(a)의 계단형 굴절율(step index) 다중모드(multimode) 광섬유에서 보는 바와 같이, 빛이 코어와 클래딩의 경계와 같은, 굴절율이 다른 경계면에 到達하면, 빛의 일부는 투과되고 나머지는 반사된다. 그러나 코어부분으로 부터의 빛의 進路가 경계면과 이루는 각도가 어떤 임계각보다 적어지면, 빛은 클래딩부분으로 투과되지 않고 코어內에서 全反射하게 된다. 이 原理에 의하여 광섬유끝의 코어부분에 레이저등으로 부터 一定한 각도내의 빛이 入射하면, 빛은 코어안에서 全反射를 계속하면서, 적

\* 正會員 : 韓國電氣通信研究所 光通信研究室長

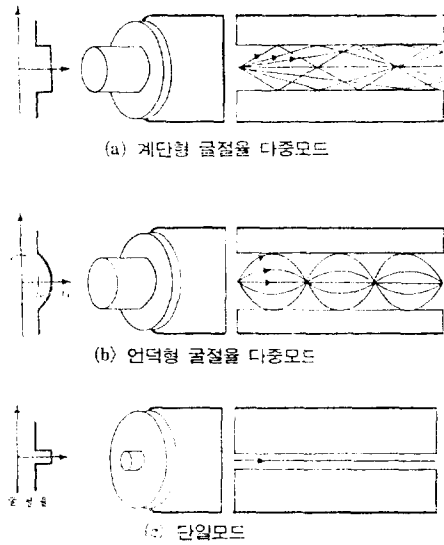


그림 1. 광섬유의 굴절율 분포에 따른 빛의 전송형태는 損失로 빛이 導波된다.

이러한 계단형 굴절율 다중모드 광섬유에서는 직진하는 광선과, 큰 각도로 전반사되는 광선이, 導波되는 徑路의 差에 比例해서 出力端에 도착하는 時間의 差가 생기므로 수10MHz·km 이상의 정보전송이 어렵다. 이러한 時間차를 줄일 수 있도록 설계된 것이 그림 1(b)의 언덕형 굴절율(graded index) 다중모드 광섬유이다. 이 광섬유는 코어의 중심의 굴절율이 가장 크고, 클래딩쪽으로 갈수록 굴절율이 조금씩 줄어들어 언덕모양의 굴절율 분포를 이루고 있다. 이렇게 되면 光纖維의 中心軸으로 부터 먼 경로로 구부러지는 빛의 속도가 약간 빨라져서, 軸으로 直進하는 빛과 거의 같은 시간에 出力端에 도착할 수 있어서 앞서 설명한 계단형 굴절율 광섬유보다 100배 이상인 數GHz·km의 정보전송이 가능하다. 이 언덕형굴절율 광섬유는 현재 전화망通信用으로 가장 많이 사용되고 있으며 코어의 직경은 50 $\mu$ m, 클래딩의 직경은 125 $\mu$ m로 標準化되었다. 이러한 多重모드광섬유에서는 數100개의 각도가 다른 광선의 同時에 도파되므로 굴절율을 언덕형으로 하여도 미세한 도착시간차를 없애기는 불가능하다. 그림 1(c)와 같이, 다중모드 광섬유의 코어의 직경을 더 줄이고, 코어와 클래딩의 굴절율차도 더욱 줄이면 直進하는 빛만 導波되도록 할 수 있다. 이러한 광섬유를 단일모드(single mode)광섬유라고 부른다. 이 경우에는 빛의 진행각도 차이 때문에 생기는 시간차가 전혀 없으므로 100GHz·km의 넓은 전송대역폭을 갖게 된다.

그림 2에서 보는 바와 같이 광섬유는 傳送損失이 극히 낮으므로 中繼간격이 앞으로는 100km까지도 數千의

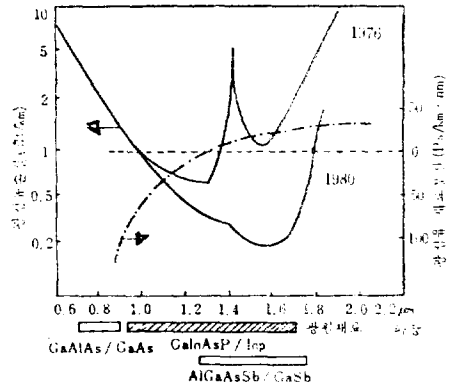


그림 2. 광통신용 여러가지 光源의 파장에 따른 石英系광섬유의 傳送損失 및 材料分散 (0.8~0.9 $\mu$ m의 GaAlAs/GaAs 레이저는 商用중이나 1.1~1.7 $\mu$ m의 GaInAsP/InP 레이저는 開發中인데 材料分散이 극히 적은 1.3 $\mu$ m용 光源은 곧 商用될 것으로 예상된다.)

음성신호 또는 數10의 TV신호를 中繼器없이 傳送할 수 있게 된다. 또한 이 가늘고, 가벼운 光케이블은 非電導體이므로 혼선이나 누화현상이 생기지 않으며, 電力線에 의한 誘導장에도 없고 또 도청이 불가능하다. 또한 광섬유의 主材料가 모래이므로 技術開發로 價格이 더욱 떨어질 것이다.

### 3. 國內外的 應用現況

앞서 言及한 광섬유의 특징을 살린 획기적인 光纖維通信方式은 70년대의 技術성장단계에서 80년부터는 효율적인 활용단계로 접어들었다. 가장 활발한 應用分野는 公衆電話通信網으로서 外國의 代表的인 大單位導入 계획은 표 1과 같다.

이러한 外國의 추세로 미루어 보더라도, 광통신시스템은 最小限의 技術적 문제 및 경제성문제를 이미 해결했다고 단언할 수 있다.

우리나라에서는 78년부터 본격적인 光通信研究가 시작되었다. 정부출연금으로 수행되고 있는 電氣通信研究所(KETRI)의 시스템研究와 國內電線業體들의 지원을 받아 진행된 科學技術院(KAIST) 연구부의 光纖維製造研究로 大別되겠는데, KETRI는 79년 9월에 서울의 光化門—中央電話局間의 2.3km區間에 672音聲回線中繼用 光通信시스템을 國內最初로 현장시험을 하였다. 美國 Valte社에 4芯線의 光케이블의 半製品은 國內電線會社에서 金屬 및 폴리에틸렌피복을 입혀서, KETRI가 개발한 융착접속장치(fusion splicer)로 接續을 하고, 0.85 $\mu$ m에서 發振하는 GaAlAs 반도체 레이저를 사용하여 자체 제작한 光送信장치 및 光受信장

표 1. 外國의 代表的인 大單位 光通信 시스템<sup>(2)</sup>

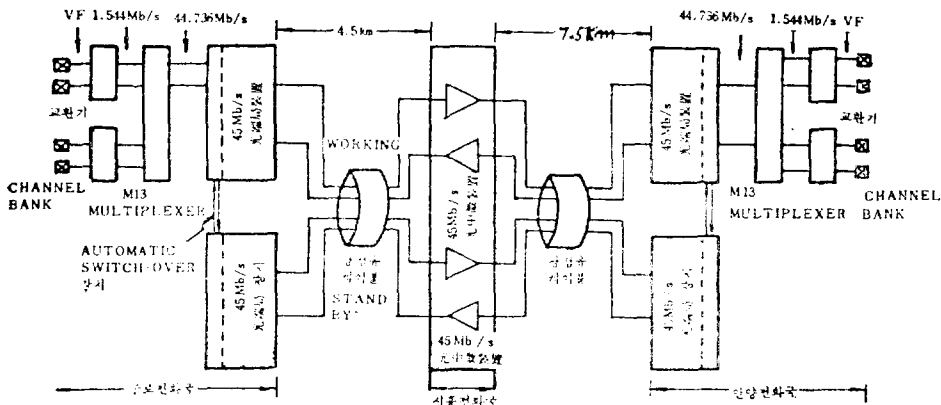
機關 및 國名	운용개시年度	場 所	bit rate (Mb/s)	距 離 (km)	비 고
ATT, 미국	1984	Washington-New York New York-Cambridge	45 90	980	Washington-NY은 1983년 초에 운용
BT, 영국	1980	London-Reading London-Ipswich 등	8 140	450	총 15개 구간
ENTEЛ, 알제틴	1982	Buenos Aires 市内	34 140	310	日本 NEC설치
사스케쥴완 전화회사, 캐나다	1981	Regina-Yorkton	45	200	
NTT, 일본	1982	Tokyo 등 대도시국간중계	34 100	106	12개 구간

치를 기존 局間中繼交換장치에 연결하여 광섬유 한가 당 672음성회선을 전송하였고, 國內技術로 포설된 광케이블 및 接續地點도 長時間의 환경시험에서 이상이 없음이 확인되었다. 또한 80년 4월에는 南山의 KETRI研究室과 中央電話局間에 계단형 굴절을 國產 케이블을 일부는 架空, 일부는 管路에 포설하여 Base-band 칼라 TV신호를 直接진폭변조방식으로 전송시험 하였다.

KAIST에서도 金星電線, 大韓電線, 金星電氣 및 한국전력공사와 협조하여 80년 2월에 부산의 한국전력지점과 남부산 변전소간에 96음성회선의 Telemetrying 中繼시스템을 현장시험하였다. 이때에는 계단형 굴절율의 4광섬유심선의 케이블을 사용하였다. KAIST는 電線會社들과의 受託研究로 0.85μm에서 平均傳送損失이 3.0dB/km이고 전송대역폭이 300MHz·km 이상의 언덕형 굴절을 다중모드 光纖維를 MCVD(Modified

Chemical Vapor Deposition) 方法으로 제조하고 있다.

이러한 國產開發品들을 종합적으로 평가하고, 획기적인 광통신방식의 國內電話網導入을 촉진하기 위하여 체신부와 KETRI는 81년 11월말에 그림 3과 같은 시스템을 九老-安養電話局間의 12km의 區間에 國產 光端局, 中繼장치와 光케이블을 설치하고, 國產測定 및 接續장치를 사용하여 運用을 시작하였다.<sup>(3)</sup> 이 672회선용시스템은 예비시스템이 있어서 運用시스템이 故障時 자동적으로 예비시스템으로 절체가 가능하며, 中繼器의 상태를 端局에서 감시할 수도 있다. 이러한 자동 절체 및 감시신호가 情報를 실고 있는 광섬유 그 자체를 통하여 이루어지므로, 유도장애의 문제가 완전히 해소되며, 장거리구간에는 경제성이 높아진다. 이 시스템은 현재까지 24회선의 서울과 안양간의 시외전화 중계용으로 試驗使用中에 있으며, 조만간에 672회선으로 확장하여 시험할 계획이다.<sup>(3)</sup>



구로-시흥-안양전화국간의 45 Mb/s 광통신 시스템 구성도

그림 3. 구로-시흥-안양전화국간의 45Mb/s 광통신 시스템 구성도

표 2. 電話網應用 光通信시스템의 發展추세<sup>(1)</sup>

區分 發展段階	I	II	III	IV
使用 波長( $\mu\text{m}$ )	0.85	0.85	1.3	1.2~1.7
發 光 素 子	GaAlAs-發光다이오드	GaAlAs-레이저	InGaAsP-發光다이오드	InGaAsP-레이저
受 光 素 子	Si-PIN	Si-APD	InGaAs-PIN	InGaAs-PIN
型態 및 減衰量 (dB/km)	階 段 型 5~10	연 덕 型 3	연 덕 型 1	단 일 型 0.4
傳送容量(音聲回線)	~100	~1,000	~1,000	~10,000
中繼器 距離(km)	2	10	20	80
應 用 分 野	短距離小容量 航空機船舶네이타	市內局間中繼 케 이 블 TV	局 間 中 繼 農 漁 村 電 話 網	市外長距離中繼 海 底 케 이 블
特 徵	經 濟 性 安 定 된 素 子	現 在 商 用	無 中 繼 傳 送 安 定 된 素 子 가 장 많 은 應 用	超 大 容 量 長 距 離 傳 送 波 長 多 重 전 송
商 用 年 度	1976	1980	1982	1984

매월 주기적으로 측정하고 있는 케이블의 특성 및 전송시스템의 특성도 설계치를 만족하고 있으며, 관계기관의 협조속에 독자적인 시스템의 설계, 제작, 설치 운용이 이루어짐으로서, 自主的인 光通信技術의 確立

은 보다 가까워졌다고 하겠다.

#### 4. 展 望

현재 國內外에서 상용되고 있는 短波長(0.8~0.9 $\mu\text{m}$ )

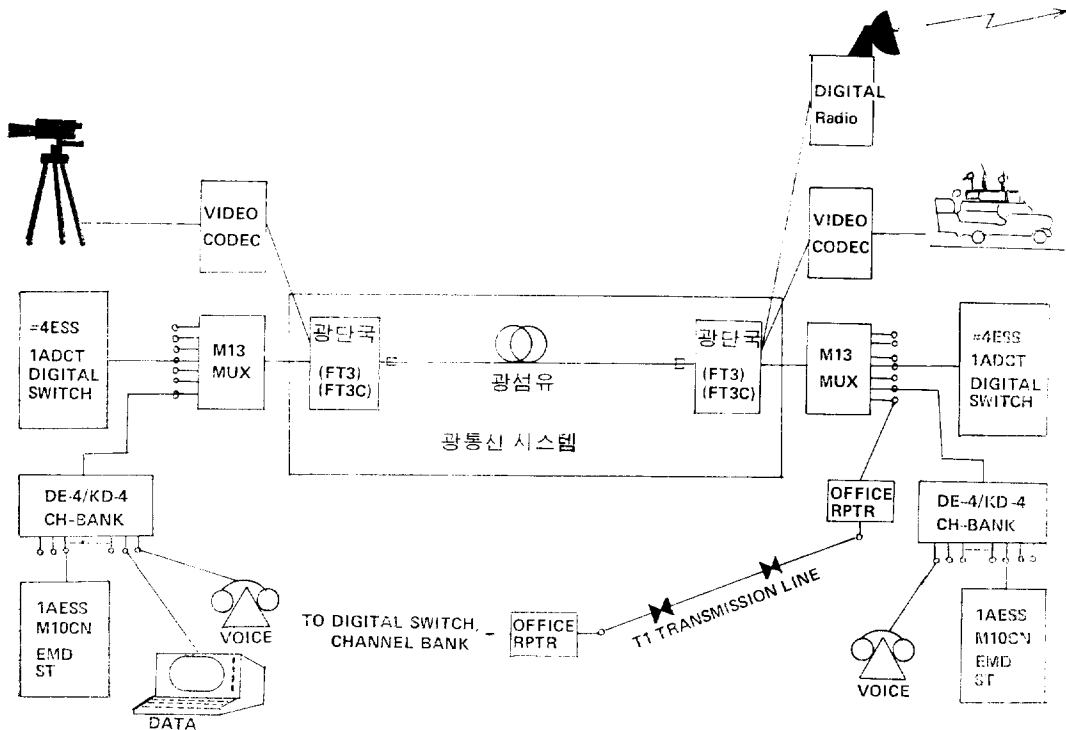


그림 4. Video, data 및 음성用的 복합 광통신 시스템

시스템은 그림 2에 보인 바와 같이 石英系 光纖維의 損失特性 및 材料分散特性을 最適化했다고 볼 수 없다.

國內 電話網에는 다음과 같이 두분야의 응용이 80년대에 상당히 이루어지리라고 예상된다.

- 大都市內 局間中繼시스템 및
- 長距離 市外中繼回線

大都市內 局間中繼用으로는 PCM케이블 방식이 일반적으로 가장 경제적인 것으로 알려져 있으나, 1.6km당 중계시설이 있어야 하므로 1장에서 언급한 바와 같이 Manhole, 管路等の 확장이 현실적으로 어려우므로, 無中繼傳送 光通信시스템이 이 公野에 많이 도입될 것으로 예상된다. 1.3 $\mu$ m에서 LED를 사용한 시스템의 中繼器거리가 15km가까이 되므로, 앞서 3장에서 설명한 구로-안양간의 0.85 $\mu$ m 시스템(中繼器거리 10km내외)과 더불어 첫번째의 수요를 충족시킬 수 있을 것이다.

서울-부산등의 대용량 장거리중계시스템에서는, 전송속도를 90Mb/s 정도로 높임으로서 광케이블의 비용을 줄이고, 상대적인 중계기의 비용도 줄일 수 있으므로 중계기 거리가 27km내외인 1.3 $\mu$ m InGaAsP레이저를 이용한 인덕형 다중모드 광섬유 케이블이 경제적인 것으로 판단된다.

美國의 벨전화연구소, 英國의 通信研究所, 日本의 국제전신전화회사등의 실험실에서 시험중인, 단일모드 광섬유를 이용한 100km 무중계 전송시스템등이 實用

화된다면 대용량 해저케이블시스템등의 응용을 예상할 수 있겠다(표 2 참조).

지금까지는 주로 전화망응用に 대해서 기술하였으나 광통신 방식은 그림 4에서 보는 바와 같이, 각종 data 및 디지털화된 TV, FM 등의 신호도 기존 音聲과 같이 하나의 광통신 시스템을 통하여 전송되므로, 公衆電話網, 軍用通信網, 電力會社, 철도청, 방송국, 데이터 통신회사등의 異種信號를 하나의 光纖維通信網으로 통합하여 운용될 수도 있고 Olympic 통신망등에도 상당히 응용될 수 있겠다.<sup>(1)</sup>

이상과 같이 광섬유를 이용한 여러가지의 응용분야 연구가 선진제국에서도 시작되는 단계이므로, 우리가 습心하여 노력 하므로서 선대진열에 끼일 수 있다고 확신한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 姜玟鎬, 申相永, 光纖維 通信 概論, OHM社, 서울, 1981.
- [2] 新版 光ファイバ通信, 副島俊雄外, 電氣通信技術ニコース, 社日, 1981. 12.
- [3] 本光纖維케이블의 光學特性 측정 장치 제조(수탁 연구보고서)一金星電線/大韓電線, 韓國電氣通信研究所 1981. 4.
- [4] 韓國電氣通信研究所, 44.7Mb/s局間中繼 光通信方式 常用化試驗(研究報告書) 1981. 12.