

日本 電力會社에서의 光纖維 通信의 實用化 試驗

梁 承 仁*

技術資料

차례

- 1. 머릿말
- 2. 東京電力株式會社의 實用化試驗
 - A. 關內變電所의 例
 - B. 新宿變電所의 例
- 3. 關西電力株式會社의 實用化試驗
 - A. 關西電力本店의 例
 - B. 意岐部變電所의 例
- 4. 맺는말

1. 머릿말

日本內에서 電力會社들이 光纖維 通信에 對한 實用化 研究를 하게된 背景 및 例를 들어보고자 한다.

電話 中心이었던 電力會社에 있어서의 通信網은 最近 電力系統의 制御를 위한 情報傳送으로 바뀌고 있다. 다시말하면 變電所, 給電所 등에 設置된 컴퓨터 相互間이나 變電所의 集中監視制御 등을 위해서 電力系統 特有的의 情報傳送網을 整備하지 않으면 안되었다.

이 情報傳送은 電力系統의 混亂으로 해서 社會機能이 마비되지 않도록 하기위해 絶對的으로 高信賴도가 要求되며, 또한 制御機能의 擴大 高度化, 制御範圍의 廣域化와 더불어 最新의 컴퓨터技術, 通信시스템 技術을 구사하는 制御用 컴퓨터 시스템이 여러 곳에 導入되어 있으며 落雷時에도 surge 雜音이나 電磁誘導 등의 妨害를 받지 않도록 충분한 對策을 세우는 일이 重要한 課題가 되고 있다.

現在 電力用 通信은 長距離間에는 마이크로波 回線이 主로 使用되고 있다. 그러나 東京같은 大都市에서는 건물들이 超高層化 되어 傳播通路가 막히게 되어 回線構成 그 자체가 어렵게 되어서, 同軸케이블 回線을構成해서 이에 對處하고 있다. 또 近距離間에는 通信케이블을 發變電所 構內에는 制御케이블을 使用해서 回線을 構成하고 있지만, 어느 방법에도 絶對的인 對策을 세우기가 困難하다.

이에 對해서 光섬유 通信方式은 그 傳送路인 光섬유를 金屬을 使用하지 않고 絶緣體만으로 만들 수 있기 때문에 超高壓 電力케이블과 함께 布設해도 보통대는

물론 落雷時에도 雜音, 誘導를 받을 걱정이 없고, 또한 廣帶域性을 利用해서 多量의 情報를 傳送할 수 있다.

따라서 이런 必要性으로 해서 東京電力株式會社와 關西電力株式會社는 다른 여러 會社들과 協力하여 電力用 光섬유通信方式을 開發하고 있다.

참고로 光섬유傳送方式의 適用 可能性을 表1에서 볼 수 있다.

2. 東京電力株式會社의 實用化 試驗

A. 關內變電所의 例

電力會社에 대한 超高信賴度の 情報傳送網을 構成하기 위해 富士通株式會社, 古河電氣工業株式會社와 共同으로 하고 있다.

A-1. 시스템 構成時 基本的의 고려사항

1) 光섬유케이블은 保護對象인 275KV地中送電線과 함께 布設하며 貴重한 金屬資源을 使用하지 않는다는 觀點에서 非金屬 構造로 한다.

2) 傳送容量은 將來의 情報量을 생각하여 6.3Mb/s로 한다.

3) 最大 30km의 傳送이 可能하도록 必要하면光中繼器를 넣는다.

4) 光端局, 光섬유, 光中繼器로 構成되는 光傳送 시스템의 高信賴度化를 위해 半導體 레이저 및 受光素子를 포함하는 送受信部를 二重화한다.

A-2. 시스템 構成

基本的인 實證試驗 시스템은 光端局에서 6.3Mb/s의 試驗 PCM(Pulse Cod Modulation) 符號를 入力로 해서 이것을 光中繼器에서 再生 中繼한 후에 다시 光端局에서 受信 再生한 符號를 原符號와 比較해서 傳送上에 發生한 符號誤差를 세는 것이다. 實證試驗하고있는 시스템중의 하나를 例를 들면 그림-1과 같다.

光端局을 關內變電所에 設置하고 光中繼器를 터널內에 設置했으며, 光섬유케이블의 布設은 터널部, 管路部, 架空部를 거쳐 關內變電所로 오는 約 3km이다.

A-3. 시스템 各部의 概要

光端局, 光中繼器, 光섬유케이블의 性能諸元은 表 2, 表 3, 表 4에 각각 나타났다.

A-4. 試驗項目

*正會員: 嶺田大工大 電子工學科 專任講師

表 1. 光섬유 傳送方式의 適用 可能性

	光섬유 特徵	效 果	應 用
機 械 的 特 性	細 徑	장소가 작게 먹힌다	公衆用 市外系 市内系 傳送路
	輕 量	설비공사의 곤란성이 완화	局內 傳送路
	可 燒 性		海底 케이블
電 氣 的 特 性	無 誘 導	中繼거리를 멀리 할수 있다.	CATV用 傳送路
	無 漏 話		Compute用 配線
	低 損 失	大容量化가 可能	메이타 Bus
	廣 帶 域 性		電力會社用通信시스템 航空機·船舶用通信시스템

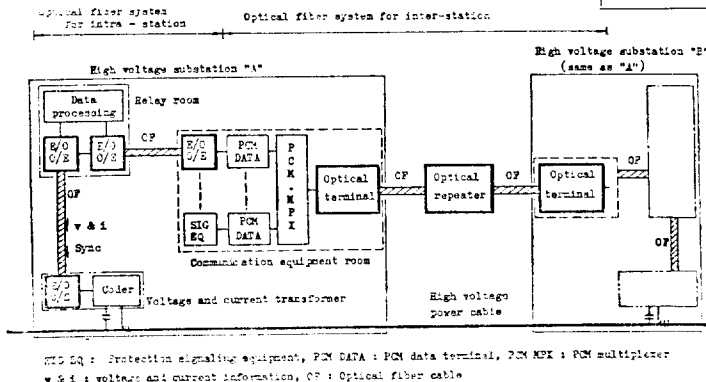


그림 1. 實證試驗시스템중의 한 예

表 2. 光端局의 性能諸元

Item	Specification
Bit rate	6.312Mb/s
Bit error rate	below 1×10^{-9} (per repeating span)
Output level	-6dBm(mean value)
Input level	-57dBm(mean value with bit error rate of 10^{-9})
Modulation and demodulation	intensity modulation
Element (1) Light source	double-hetero internal stripe type GaAlAs semi-conductor laser

(2) Photo detector	silicon avalanche photodiode
Transfer system	
(1) Transfer element	IC
(2) Transfer time	20nsec
(3) Transfer conditions	(i) automatic transfer (ii) manual transfer
Power source	DC-24V $\pm 10\%$
Ambient conditions	
(1) Temperature	0°C ~ 40°C
(2) Humidity	40% ~ 85%
Dimensions and construction	(H) 2300mm (W) 520mm (D) 225mm subrack type

表 3. 光中繼器의 性能諸元

Item	Specification
Bit rate	6.312Mb/s
Bit error rate	below 1×10^{-9} (per repeating span)
Output level	-6dBm(mean value)
Input level	-57dBm mean value with bit error rate of 10^{-9}
Repeating system element	PCM regenerative repetition
(1) Light source	double-hetero internal stripe type GaAlAs semi conductor laser
(2) Photo detector	silicon avalanche photo-diode
Power source Battery	100V AC utility + batteries
(1) Type	hermetically sealed Ni-Cd alkali battery
(2) Capacity	52 ampere-hours, 7 in series
(3) Charging	constant current charging
(4) Charging time	24 hours
(5) Discharge duration	10 hours Safety valve for gas discharge provided
Ambient conditions	
(1) Temperature	0°C~40°C
(2) Humidity	40%~85%
Dimensions and construction	
(1) Repeater	(L) 820mm (W) 433mm (H) 465mm Weight 150kg
(2) Batteries	(L) 440mm (H) 433mm (H) 465mm Weight 100kg

表 4. 光섬유 케이블의 性能諸元

	Cable	Cord
Type	step index-type	
Number of cores	4-fiber	1-fiber
Transmission loss	25.2~27.1dB/2.94km	
Bandwidth	15.7~17.1MHz/2.94km	
Transmission delay time	4.8μs/km	-

Crosstalk attenuation between cores	more than 60dB	-
Outside diameter	approx 15mm	approx 5.5mm
Weight	approx 170kg/km	approx 25kg/km
Permissible tension	150kg	17kg
Permissible radius of curvature	100mm	10mm
Use	mainly outdoor use	indoor use and for lead in

1) 시스템 試驗

① 光端局 6.3Mb/s 符號 誤差率과 重疊傳送裝置의 傳送不良數의 連續測定.

② 光送信 出力, 光受信 人力測定.

③ 警報發生 狀況의 連續測定.

2) 光섬유 케이블 試驗

① 傳送損失의 測定.

② 傳送帶域폭의 測定.

③ 故障點의 測定.

3) 기 타

턴넬, 맨홀 등의 溫度 測定.

B. 新宿變電所의 例

B-1. 시스템 構成의 基本的인 고려사항이나 試驗方式은 關內變電所와 비슷하며 다른 점은 變復調方式이 DPPM(Differential Pulse Position Modulation)인 점이다.

B-2. 시스템 各部의 概要

光端局, 光中繼器, 光섬유케이블의 性能諸元은 表 5 表 6, 表 7에 각각 있다.

表 5. 光端局의 性能諸元

Item	specification
Bit rate	6.312Mb/s
Bit error rate	Less than 10^{-9}
Modulation method	DPPM-IM
Optical source	GaAs laser diode
Optical output power	More than -15.5dBm (average)
Optical detector	Si Avalanche photodiode
Min. detectable power	Less than -62dBm(average)(for bit error rate = 10^{-9})
Power requirement	DC 24V ± 10%
Dimensions in mm	520(W) × 225(D) × 2750(H) (2 systems can be mounted)

表 6. 光中繼器의 性能諸元

Item	Specification
Bit rate	6.312Mb/s
Bit error rate	Less than 10^{-9}
Optical source	GaAs laser diode
Optical output power	More than -15.5dBm (average)
Optical detector	Si Avalanche photodiode
Min. detectable power	Less than -62dBm (average) (for bit error rate = 10^{-9})
Power requirement	AC 200V ± 10% (with storage battery)
Dimensions in mm	820(W) × 460(D) × 340(H) × 2cases

3. 關西電力株式會社의 實用化試驗

A. 關西電力 本店의 例

無線回線과 經濟的으로 直接中繼 가능한 周波數分割方式(FDM) 超多重 레이저 通信시스템의 實用化를 計劃해서 日本電氣株式會社, 住友電氣工業株式會社, 日本板硝子株式會社와 共同研究로 開發을 推進하고 있다

A-1. 시스템構成

그림 2와 같이 本店의 光端局에 多重搬送端局으로부터 FDM 信號를 받아서 光섬유케이블을 통해 中之島센타建物에 갔다 돌아오면 本店에서는 FDM信號를 受信 再生해서 回線의 特性을 測定한다. 光섬유케이블은 本店과 中之島센타 사이를 主로 架空으로 布設했으며

表 7. 光섬유케이블의 性能諸元

	Underground cable		Indoor cable	
	step index	Graded index	Step index	Graded index
Type of optcal fiber	step index	Graded index	Step index	Graded index
Number of optcal fiber	2	2	2	2
Transmission loss*(3km)	Approx. 19dB	Approx. 37.5dB	—	
Band width*(3km)	Approx. 15MHz	Approx. 75MHz	—	
Delay time	Approx. 5μs/km	Approx. 5.2μs/km	—	
Crosstalk between optical fibers	More than 70dB		—	
Interstice strings	Polyethylene strings		Polyethylene strings	
Cable diameter	Approx. 19mm		Approx. 11mm	
Cable weight	Approx. 240kg/km		Approx. 100kg/km	
Tensile strength	Less than 100kg		Less than 10kg	
Bending radius	More than 0.5m		More than 0.2m	

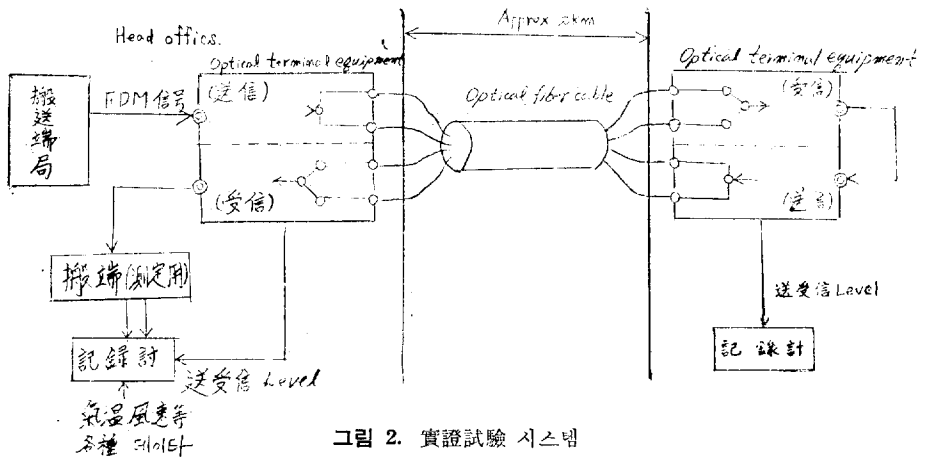


그림 2. 實證試驗 시스템

表 8. 光端局의 性能諸元

ITEM	SPECIFICATION
Transmission capacity	600 channels of telephone signal(FDM signal) or 1 channel of color TV signal (Option: 1 channel sound)
Modulation method	PIM-IM method
Optical source	Semiconductor laser diode
Wavelength	Apporx, 0.83km
Transmitting power	More than 0 dBm(peak)
Optical detector	Si avalanche photodiode
Minimum detectable power	Less than -30dBm(Telephone Signal transmission S/N+D=50dB) Less than -21dBm(color TVsignal transmission S/N=52dB)
Telephone signal transmission characteristics	
1) Frequency response	± 0.5 dB at 60Hz to 2.792KHz
2) S/N+D ratio	More than 50dB(rms/rms, non-weighted)
Color TV signal transmission characteristics	
1) Frequency response	± 0.5 dB at 60Hz to 4.2MHz
2) S/N ratio	More than 52dB(p-p/rms non-weighted)
3) DG DP	Less than 1% and 1 degree
Power requirement	AC 100V $\pm 10\%$ or AC 200V $\pm 10\%$ (50/60Hz), approx, 120VA
Dimensions(mm)	520(W) \times 225(D) \times 2750(H) for up to 8 system

表 9. 光섬유케이블의 性能諸元

ITEM	SPECIFICATIONS	
	COMPOSITE OPTICAL FIBER CABLE	OPTICAL FIBER CORD
No of optical fivers	4	4
Loss	Approx. 6dB/km	Approx. 6dB/km
interstic strings	0.65mm in diameter \times 8quads(cu)	2 polyethylene strings
Cable diameter	Approx. 22mm	Approx. 11mm
Cable weight	Approx. 430kg/km	Approx. 100kg/km
Tensile Strength	Max. 200kg	Max. 10kg
Bending radius	Min. 0.5m	Min. 0.2m

總延長은 約 2km이다.

A-2. 시스템 各部의 概要

光端局, 섬유케이블의 性能諸元을 表 8, 表 9에 나타냈다.

B. 意岐部 變電所의 例

電力系統運用的 總合自動化는 現在 대부분의 配電用 變電所는 無人化되었지만 지금부터는 大容量 高電壓變電所의 無人化가 期待되고 있다. 따라서 보다 高速大容量의 새로운 Telecontrol 裝置가 필요하다. 光通信과 더불어 最新의 Computer 技術과 光通信의 利點을 살려 大容量 變電所를 制御對象으로 하는 高速, 大容

量의 Telecontrol 시스템을 日立製作所와 日立電線株式會社와 共同으로 開發해서 實證試驗을 하고 있다.

B-1. 開發時 고려사항

大容量 高信賴度를 가지며 man-machine性을 重視하고 變電所 構內的 狀況 監視를 위해 Colour-ITV를 使用하며 信號 傳送에는 光通信을 使用한다.

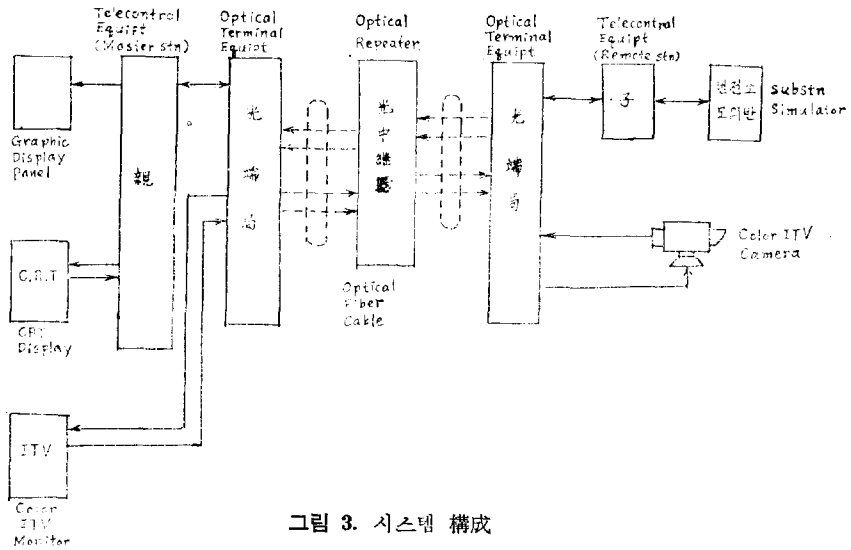
종래 方式과 比較하면 表 10와 같다.

B-2. 시스템 構成

그림 3과 같이 大容量 Telecontrol 裝置, Colour-ITV 또는 光섬유通信裝置로 構成되어 있다. Telecontrol 裝置와 光端局을 意岐部, 制御所에 光中繼器는 東意岐

表 10. 方式사이의 比較

制 御 對 象		新 方 式	從 來 方 式
容 量		大 容 量 變 電 所	配 電 用 變 電 所
원격 제 御	制 御	720 項 目	80 項 目
	表 示	720 項 目	100 項 目
	計 測	60 量	10 量
傳 送 速 度		48kb/s	200b/s
通信	方 式	光 通 信	搬 送 · 直 送
	케이블	光 섬 유 케 이 블	通 信 케 이 블



部 變電所에 設置해서 이 사이를 갔다오는 光섬유 케 이 블은 總延長이 約 1.5km이다. Telecontrol 裝置, 光通信裝置, 光섬유 케 이 블의 性 能諸元을 表 11, 表 12, 表 13에 各 各 나타냈다.

B-3. 시스템 各部의 概要

表 11. Telecontrol 裝置性能諸元

ITEM	SPECIFICATIONS	REMARKS
System Structure	(point-to-point) × n	
Transmission rate	48kbit/S	
Error detection method	CRC & constant mark check	
Capacity	Maximum	cont. 720/ind. 720/Measure 60
	installed	cont. 56/ind. 56/Measure 6
up-date time	cont. singal	2ms
	ind. singal	40.7ms
μ-processor	Main Memory	IC Memory 8k words cycle time 0.55μs
	Execution Time	Add 3.1μs

Graphic display panel		15mm ² mosaic, LED use	small-sized type
Host Computer	Main memory	core memory 32k words cycle time 65 μ s	
	Execution time	Add 1.3 μ s	
CRT display	Viewer size	20inch color tube	control per formed with light-pen
	Display system	Raster Scanning	
	Display capacity	3,200 words, 7 colors	

表 12. 光通信裝置의 性能諸元

ITEM	OPTICAL TERMINAL EQUIPT	OPTICAL REPEATER
Modulation	PCM-IM	
Transmission cord form	TWO level AMI	
Error rate	10 ⁻⁹ (per repeat)	
Bit rate	up-line: 97.272Mb/s	Down-line: 6.176Mb/s
output level	More than 0dBm(mean value)	
Min recived power	up-line: -35dBm	Down-line: -47dBm (at. Error rate 1 \times 10 ⁻⁹)
optical source	GaAlAs Semiconductor laser	
optical detector	si-avalanche photo-diode	
Repeating System	-	
power supply	Ac 100 or 200 utility	Regenerative repetition From service wire

表 13. 光섬유 케이블의 性能諸元

Item	Specifications
No. of optical fiber	4
Telephone wire	0.65mm \times 4 Pairs
power feeder	1.2mm \times 2
cable diameter	Approx. 21mm
cable weight	Approx. 330kg/km
Transmission loss	Approx. 5dB/km
Bandwidth	Approx. 400MHz. km (6dB down)
Tensile strength	less than 300kg
Bending radius	more than 210mm

4. 맺는 말

試驗 結果는 매우 만족스러우며 實證試驗을 위한 시스템이 開發된 후로 光섬유通信에 盼목할 만한 進歩가 있어 왔다. 종합적으로 생각해 볼 때 光섬유通信이 실제로 쓰이게 될 날도 머지 않았다.

現在 中點을 두는 問題로는 長壽命의 半導體레이저를 開發하는 문제, 光섬유를 損失이 적으면서도 쉽게 接續시키는 문제, 正確하게 光섬유의 故障點을 찾아내는 일등이 있다.

參 考 文 獻

- (1) B.I. Oguchi, "Keynote Address", 1977 International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communication, July 18-20, 1977, Tokyo, Japan
- (2) F. Aoki, K. Ando, M. Nishida, Y. Ueno, S. Hinoshita and M. Ishikawa, "Practical Use of Optical Fiber Communications for Electric Power Companies", 1977 IOOC, Tokyo, Japan, pp. 485~488.
- (3) Thomas G. Giallorenzi, "Optical Communications Research and Technology: Fiber Optics" IEEE. Proceedings, Vol. 66, No. 7, July, 1978, pp. 744~780