

## 고속 광 PCM 통신 시스템을 위한 端末裝置

崔 甲 石\* 譯

(R. T. Denton & T. S. Kinsel: Terminals For a High-Speed Optical Pulse Code Modulation Communication System, Pro. of the IEEE, Vol. 56, No. 2, Feb. 1963. P. P 140~145)

### 抄 錄

實驗的인 單一 채널 224Mbit/sec 광 PCM 端末裝置의 設計를 記述하였으며 6328Å에 動作하는 헬리움-네온 레이저를 使用한 端末裝置에서 얻어진 데이터를 提示하였다. 基本要素는 LiTaO<sub>3</sub>를 使用한 광 게이트이며 이것의 設計와 動作特性을 記述하였다.

### 1. 序 論

光學의 通信 시스템에 관한 初期研究에서 最大情報量은 基本的으로 使用 가능한 광變調器의 밴드 幅에 制限을 받아서 技術的으로 使用 不可能하였다. 종래 주로 難點은 光學의 시스템이 典型的인 UHF와 周波數로 간단히 스케일된 마이크로파 通信 링크에 相當하며 光裝置의 特性을 살리지 못한 것이다. 本 論文은 PCM形式을 使用한 디지털 光通信 시스템의 端末裝置 特性을 取扱하고 있다. PCM形式은 각 時間 슬롯내에 펄스의 存在 與否로 이뤄진 情報를 가진 固定周波數를 일으키는 時間 슬롯 列로 構成한다. 最終情報量이 레이저 媒質의 遷移線幅에 의해서 決定되고 光變調器의 밴드 幅에 의하지 않는 것이 새로운 點이다.

큰 遷移線幅을 가진 固體레이저를 使用한 端末裝置은 單色の 레이저 빔에 다수의 광 PCM 채널을 多重화하므로써 비트率이  $10^{10}$  bit/sec에 到達함을 보여준다.

單一 채널 PCM 傳送 端末裝置의 設計를 記述

하고 6328Å에 動作하는 헬리움-네온 레이저를 使用한 시스템에서 얻어진 데이터를 여기에 提示한다. 또한 單一 PCM 채널내에 높은 비트率을 許容하는 고속 光게이트의 特性을 상세히 記述한다.

### 2. 單一 채널 PCM 端末裝置의 一般論

레이저 空胴에 介입된 RF 位相 및 振幅 擾亂은  $\frac{C}{2l}$  (經도모드의 周波數分離에 해당)에 相當한 周波數로 變化할 때 共通 標準 位相에 經도모드인 레이저를 固定시킬 수 있다. 여기서 C는 光速度이고 l은 레이저 空胴의 鏡分離이다.

位相 固定 모드인 運轉下에서 레이저의 出力은  $\sim \frac{1}{F_1}$ 인 半電力點 사이의 펄스幅을 가지고 時間  $T = \frac{2l}{C}$ 로 分離된 光펄스의 正規 시퀀스로 構成한다. 여기서  $F_1$ 은 레이저 遷移의 周波數幅이다.

本 論文에서 記述된 PCM 光 시스템에서 位相 固定 레이저는 光源으로서 使用되며 電氣的으로 調整된 光게이트 即 PCM 光變調器는 電氣的 PCM 端末裝置의 調整下에 個別的으로 光펄스를 通過하거나 억제하여 레이저로부터 나온 펄스의 正規 列을 코오드하는 데에 寄與한다. 그러므로 本 시스템의 光 出力은 PCM 情報를 搬送하면서 레이저에 의해 形成되고 레이저 遷移밴드 幅에 의하여 定하여진 幅을 가진 펄스의 코오드 시퀀스가 構成되어진다.

그림 1은 光源으로서 TEM<sub>00</sub>에 動作하는 位相 固定 레이저 ( $\lambda = 6328\text{Å}$ )와 光게이트로서 LiTaO<sub>3</sub> 光變調器를 使用한 單一 光 PCM 채널을 나타낸 것이다. 이 시스템은 224 Mbit/sec의 單一 채널 周波數에서 動作한다. 레이저는 PCM 言語 發生

\*首都工科大学 電氣工學科正會員

器에서 224-MHz 正弦波 타이밍 信號로 驅動되는 位相變調器에 의해서 空胴내에 介入된 位相 擾亂을 가진 位相 固定이다. 헬륨-네온 레이

저를 使用하기 위해서 겔마늄으로 이루어진 光 다이오드로서 觀測된 位相 固定 光 펄스의 幅은 尖頭振幅 約6mW이고 半振幅에 0.9nsec이었다.

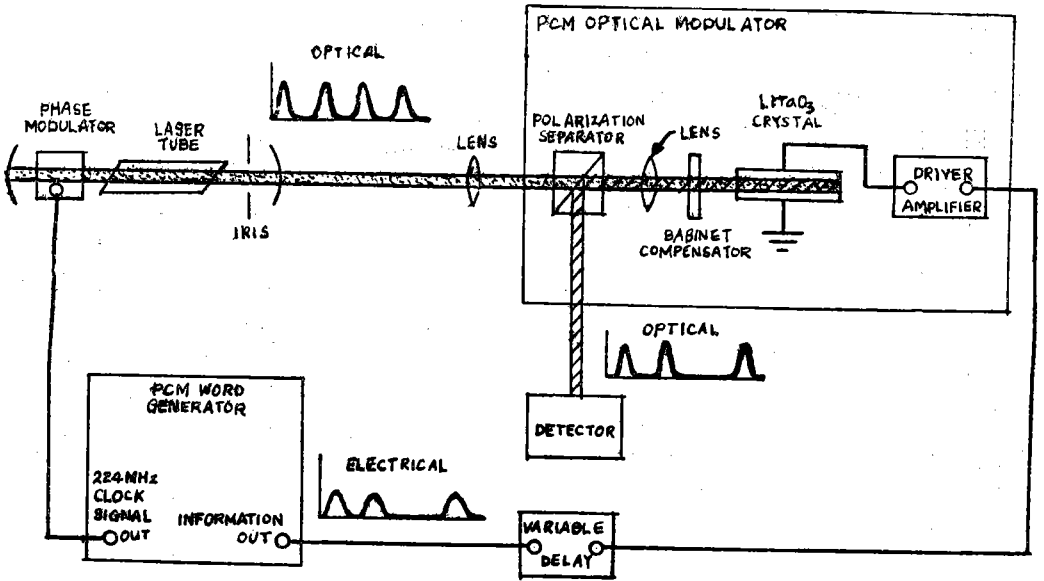


Fig. 1. Single-channel, 224 Mbit/s optical PCM system. The inserts show waveforms at the points in the system indicated

그림 1 단일채널 224Mbit/sec 광 PCM시스템

言語發生器는 實際 高速 PCM位端末裝에 의해서 얻어지는 情報를 시뮬레이트 한다. 情報 出力은 上昇時間 1.2nsec, 幅 2.3nsec, 下降時間 1.0nsec를 가진 正弦波 信號에 同期化 시켜 1v 펄스로 構成한다. 實驗에서 使用한 言語發生器는 9바이너리 디지트의 任意의 “言語”로 시뮬레이트를 許容하고 各 디지트는 펄스가 있으면 1, 없으면 0이 된다. 레이저에서 나온 光펄스는 타이밍 信號와 言語發生器의 情報出力에 同期化한다.

그림 1에서 레이저의 光出力이 몇개의 렌즈를 통하여 LiTaO<sub>3</sub>의 크리스탈에 結合되며 言語發生器의 電氣 出力은 材料의 電氣光學 性質에 의해서 그의 光特性을 調節하고 驅動增幅器를 거쳐서 LiTaO<sub>3</sub>에 印加되고 있다.

用하는 PCM光變調器는 그림1에서 박스내에 있는 成分으로 構成한다. 變調器내에 中央要素가 LiTaO<sub>3</sub>의 單一 結晶인데 0.025×0.025×1.0cm이다.

LiTaO<sub>3</sub>는 Curie溫度 620°C에서 3m結晶學上的 點群내에 있는 磁性材料이며 表1은 이것의 重要な 性質을 나타낸 것이다.

表1 LiTaO<sub>3</sub>의 중요한 성질 종합

$$V_{\frac{1}{2}} = \frac{\lambda}{2(n_e^3 r_{33} - n_o^3 r_{13})} = 2700 \text{ V}$$

$$\epsilon_3 = 43$$

$$\frac{1}{l} \left. \frac{\partial \ell |n_e - n_o|}{\partial T} \right|_{T=40^\circ\text{C}} = 4.7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

for  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$

### 3. PCM光變調器의 設計

#### A) 光學의 設計

레이저에서 나온 펄스에 대한 게이트로서 작

振幅 變調器로서 最大 光電效果는 빛이 磁性偏光軸에 垂直 方向으로 傳播할때 얻어지고 이 軸에 45°로 線型 偏光한다. 그때 磁性偏光軸에 平行히 印加된 電界는 材料의 自然 바이어 푸린젠

스(Natural Birefringence)에 첨가해서  $LiTaO_3$  내에 印加된 電界에 比例하는 바이어 푸린젠스를 誘起시킨다.

自然 바이어 푸린젠스의 效果가 크리스탈을 따라 빛 徑路내에 光補償器를 插入하므로써 없어지면 그때 크리스탈에 印加되는 電壓이 없게 되어 크리스탈에 나타나는 빛의 偏光은 入射光의 偏光과 同一하게 될 것이다. 電氣的으로 誘起된 바이어 푸린젠스의 效果는 빠져나온 빛의 偏光을 變化시키고 特히 磁性軸面上에 電極을 거쳐 印加된

$$V_x = V \frac{1}{2} \frac{d}{\ell} \dots \dots \dots (1)$$

인 電壓에 대하여 出力光은 入力 偏光에  $90^\circ$ 로 線型 偏光된다.

식(1)에서  $\ell$ 은 크리스탈내에 光徑路 길이 d는 電極사이의 空間이며  $V \frac{1}{2}$ 은 表1에 있는 材料常數이다.

게이트로서 使用時에  $LiTaO_3$ 의 크리스탈은 회선된 偏光器와 解析器사이의 插入하므로써 크리스탈에 印加된 電壓이 없으면 빛이 게이트를 통하여 傳送되지않게 되고  $V\pi$ 인 電壓이 印加되면 모든 빛이 出力 解析器를 통하여 傳送되어진다.  $LiTaO_3$ 의 自然 바이어 푸린젠스는 溫度 函數이고 게이트로서 적당한 運轉은 印加電壓 없이 누설光을 防止하기 위하여 一定하고 空間的으로 均等하게 自然 바이어 푸린젠스를 維持함에 依存하므로 材料의 溫度는 謹少한 公差이내로 一定하고 空間的으로 均等하게 維持되어야 한다.

그림1에서 보면 크리스탈에 들어온 빛이 同一한 端에서 빠져 나가도록 PCM 光變調器가 이 基本的인 設計의 偏差를 包含해서 實際 完成되어 있다. 偏光 分離器는 이 構成에서 入力偏光器와 出力解析器로서 作用하는 特殊한 프리즘이다.

出力 Gauss빔 파라미터는 變調器 크리스탈내에 最小 光損失이 되게 한다. 補償器는 크리스탈에 印加電壓이 없을 때 偏光分離器에 反射된 빛이 入射光으로서 偏光된 狀態와 同一하고 레이저를 向하여 돌려진 프리즘을 통해서 옮겨지도록 調整하는 것이다.

光變調器가 光게이트로서 利用될 때에는 그의

重要한 特性이 吸光과 插入損失에 關係한다. 吸光率은 게이트의 出力部分에 아무것도 없을 때 누설光의 存在 與否의 光出力比로 가추어진다. 插入損失은 要求된 1이 게이트를 통하여 경과하는 光出力 減衰로 주어진다.

B) 驅動回路

그림 1에 나타낸 것과 같이 言語發生器에서 나온 電氣펄스는 트랜지스터 增幅器내에서 增幅되고  $LiTaO_3$  크리스탈의 磁性偏光軸上에 놓인 電極으로 印加된다. 增幅器는 出力에 電流通路 한 쌍을 가진 7個 트랜지스터를 使用하여 電極에서 30V 펄스를 일으킨다. 電氣信號의 타이밍은 電壓 펄스가 크리스탈에 印加되는 時間동안에 光펄스가 크리스탈에 옮겨지도록 可變지연선으로 調整한다. 이 시스템에서 크리스탈에 電氣펄스는 上昇時間 2.3nsec 下降時間 2.2nsec이다.

C) 溫度管理

自然 바이어 푸린젠스의 溫度函數는  $LiTaO_3$  크리스탈의 溫度가 좁은 범위내에서 調節되어야함을 要求한다. 샘플에 一定하고 均等하게 溫度를 持續하기 위하여  $LiTaO_3$  크리스탈은 그림2에 보인 바와 같은 오븐속에 쌓는다. 샘플의 한 電極은 均等한 熱條件을 滿足하도록  $BeO$ 로서 샘플을

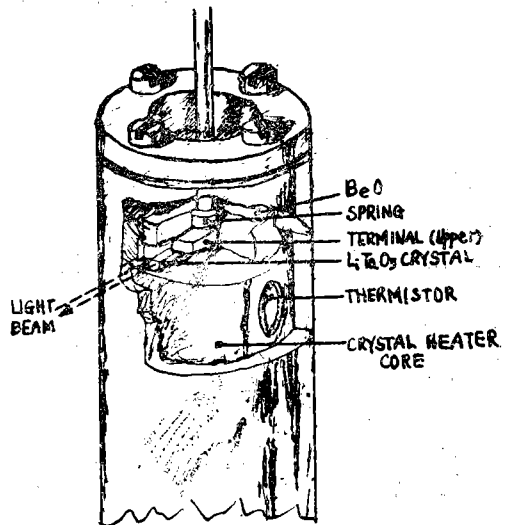


Fig. 2. Oven for modulator crystal showing method of providing electrical contacts.

그림2 變調器의 크리스탈을 위한 통

둘러싸서 溫度가 조절된 銅 블록에 연결한다. 銅 블록은 스프링으로 크리스탈의 上部에 눌러진 端末裝置을 통하여 電極에 印加된 電壓펄스로서 다른 電極에 電氣 接地를 마련해준다. 크리스탈의 溫度는 驅動電力이 零에서 全電力까지 變化하여도 測定結果 거의  $\pm 0.025^{\circ}\text{C}$ 로 一定하고 均等하게 維持하였다.

#### 4. 端末裝置 特性

그림1과 같은 시스템에서  $\text{LiTaO}_3$ 의 單一 도메인 (Domain) 單一 크리스탈棒의 特性을 여러가지 測定하였다.

初期 어라인먼트(Alignment)에 대해서  $V_{\pi}$ 보다 큰 피크-투-피크 振幅인 60Hz信號가 光出力을 調節해서 使用된 廣面積 檢出器로서 크리스탈 位置와 角은 補償器 整定 및 檢出器 位置에 比較的 依存이 적은 吸光率을 最小되게 하여 調整될 수 있다.

그림3은 典型的인 出力波形을 나타낸 것이다. 레이저에게 나온 光펄스는 變調器를 통해서 지

나고 그의 幅이 變化없이 出力部分에 나타남을 그림에서 알 수 있다. 幅은 레이저의 遷移線幅에 의해서만 決定되어진다.

몇가지 效果가 다수의 크리스탈에서 이러한 測定을 행하는 過程에 밝혀졌다. 變調器가 出力部分에 D를 나타낼때는 언제나 1이 레이저로 되돌아간다. 어떤 條件下에서는 레이저에 光饋還은 레이저 出力에 不安性を 나타낸다. 관측된 또 다른 效果는 變調器에서 나온 1과 0이 空間에서 약간 분리되어서 吸光率이 光다이오드의 位置가 變化함에 따라 달라진다, 吸光率테라는 最高値를 주는 다이오드의 位置에서 取했다. 이것은 적절하게 놓여진 구멍을 使用해서 실제 傳送한 경우 얻어진 값이다.

表2는 典型的인 크리스탈과 最高級 크리스탈에 대한 吸光率과 挿入損失을 몇가지 條件을 나누어서 實驗한 結果를 나타낸 것이다.

表2 실험결과

크리스탈 型	吸光率, dB				挿入損失, dB		
	型 1	型 2	型 3	型 4	크리스탈 型 1	型 2	
典型的 (크리스탈 2-3A)	-19.8	-14.0	-14.9	-13.9	最高級 (크리스탈 2-4B)	3.7	2.2
典型的 (크리스탈 2-20)	-22.5	-23.2	-23.0	-23.8	最高級 (크리스탈 2-2c)	0.5	1.0

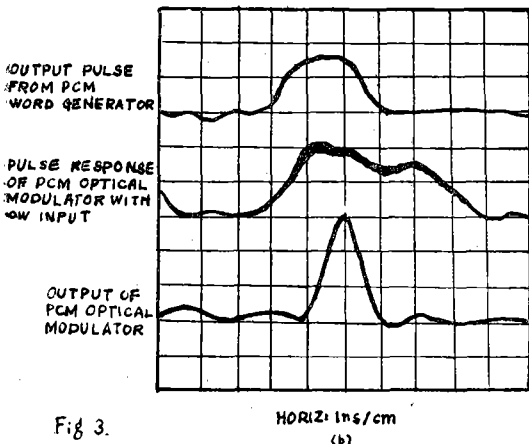
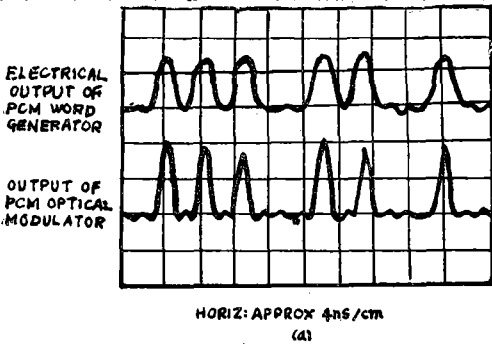


Fig. 3.

그림3 전형적인 출력파형

光PCM 傳送 端末裝置는 생 프로그램 재료를 마련한 實驗的인 高速 電氣 PCM 端末裝置로서 더 평가받게 되었다. 評價하는 동안에 放送 | 良質인 色 영상신호 修正된 밴드幅 영상신호 그리고 36TI찬별이 PCM 光變調器를 驅動하여 224 Mbit/sec에 電氣 PCM 送信器 端末裝置로 이뤄졌다. 코오드化信號는 질마늘 분사의 光檢出器에 光번취를 따라 短距離를 傳送되었다. 檢出器에서 나온 電氣펄스出力은 電氣 PCM型式에 매칭되게 펄스再生器에서 再生器내에서 再形成되어지고 디이코딩(Decoding)을 위해 電氣 PCM 受信器 端末裝置에 連結되었다. 디이코드化 영상신호의 質은 全PCM 시스템의 誤差率이 光링크의 存在에 영향받지 않음을 나타냈다. 光시스템의 安定性은 4~6時間의 週期에 대하여 誤差 없는 運轉을 許容한 것과 같았다. 보다 긴 運轉

週期는 試驗하지 않았다. 光 시스템의 다른 試驗은 PCM情報 密度에서 큰 變化를 보였다. 使用된 端末裝置로서 情報 채널은 144펄스時間 스롯트의 各 시퀀스에 하나 구성하는 펄스만 남기고 除去될 수 있다. 情報 內容은 無負荷에서 全負荷 狀態까지 廣範하게 變化될 수 있는 反面에 구성하는 誤差의 存在를 관찰하여 受信하는 端末裝置에 구성하는 펄스를 調整하고 있다. 구성하는 誤差가 負荷걸리는 條件의 全領域에 걸쳐서 관측되지 않았다. 이것은 RF히이팅 效果를 感知할 수 없으며 光 시스템이 高 可變入力情報로서 運轉할 수 있음을 나타낸다.

## 5. 結 論

單一 채널 224-Mbit/sec 光PCM 端末裝置의 設計가 記述되었다. 位相 固定 레이저의 特殊한 特性이 光通信 시스템의 큰 포덴샬 情報量의 效果의인 利用을 許容해서 通信채널의 型으로 通用될 수 있음을 보였다. 大部分 存在하여 있는 高情報量은 LiTaO<sub>3</sub>를 使用한 改善된 光變調器의 適用에 의해 決定하였다. 이 結果 單一 채널 高速光通信 시스템을 위한 端末裝置의 技術的인 妥當性을 나타냈다.