

PCM 通信方式

(PCM Communication System)

編 輯 部

要 約

Digital通信인 PCM通信方式의沿革, 原理와 構成 및 그 應用分野에 關해서 紹介한다.

1. PCM通信의 沿革

PCM通信方式은 1937年 France의 A.H. Reeves에 依해서 發明되었으나, 그 當時는 이것을 實現시킬 수 있는 電子裝置의 未開發로 因하여 實用化되지를 못했다. 그러나 2次大戰후, Bell研究所는 이 방식에 많은 研究를 傾注하므로서 通信技術의 基礎를 이루게 되었으며, 더구나 當時, 通信方式에 關하여 純粹한 理論으로서 體系化 되어 가고 있던 「情報理論」이 PCM通信方式의 評價에 有効하게 利用되므로서, 이 방식이 理論的으로도 優秀한 通信方式임을 認定하게 된 것이다.

電子管 밖에 얻을 수 없었던 當時로서는 PCM와 같이 複雜하고, 높은 周波數成分을 가진 pulse를 다루기에는 相當한 難點이 있었음에도 不拘하고, Bell研究所에서는 PCM方式에 依하여 96通話路의 無線傳送實驗을 Murray Hill와 New York間(34km)에 施行하였고, 또한 同軸 Cable에 依한 T.V의 傳送實驗도 했다.

1948년에 Transistor가 發明되고, 半導體素子の 急速한 開發이 이루어 지므로서, PCM通信方式의 實用化가 再認識되고 同時에, Bell研究所에서는 理論的으로 우수한 長點以外에도 FDM方式보다 經濟的이고, 將來에 時分割電子交換과 의 整合面에서 이 方面의 研究를 強力하게 推進하게 되었다.

1956年頃부터 音聲 Cable의 多重化 研究에 着手하여, 1958년에 24 通話路의 時分割多重 PCM通信裝置를 完成하여, New Jersey의 Summit

局과 South Orange局 사이에 實用化實驗을 했으나, 몇가지의 技術的인 問題가 있음을 發見하여, 1961년에 最終的인 裝置를 完成하고, New Jersey의 Newark局과 Passaic局 사이에서 再實驗을 實施, 良好한 結果를 얻으므로서, 1962년에 Western Electric社에서 「T-1」裝置라라 名稱으로 量産되었다.

以上은 주로 近距離回線의 多重化를 目的으로 한 것이지만, 長距離用으로서 導波管 또는 同軸 cable을 傳送路로 하는 mm波 PCM通信方式의 研究가 進行되므로서, 장래의 幹線通信方式의 主流가 될 것으로 생각되고 있다. 이 방식은 近距離用과는 달리 FDM信號, TV 및 數十群의 T-1裝置의 信號 등을 傳送할 수 있는 複合的인 傳送形態를 가지고 있다.

한편 영국, 독일, 불란서, 日本 등에서도 PCM通信의 研究가 進行되고 있으나, 그 開發程度는 美國에 比하여 상당히 뒤떨어져 있는 것으로 생각된다.

電子交換에 對한 應用으로서는 Bell研究所가 ESSEX라는 傳送및 交換을 一體로 한 實驗用交換機를 1959년에 發表한 것이 PCM電子交換의 始初이며, 日本의 並列電子交換機, Δ 變調에 의한 交換機, 불란서의 LCT의 PCM交換機 등, 電子交換에 關한 研究도 活潑하게 進行되고 있다.

한편 普通의 PCM方式이 複雜한 變調構造를 가지고 있으므로, 이것을 簡略하게 한 Δ 變調方式이 1951年 불란서에서 發明되었으며, 이것은 軍用無線에 利用되고 있다. 또한 計測值의 傳送에 對한 應用으로서, 人工衛星 Telestar의 對地

上 Telemetering에는 PCM方式이 利用되고 있다.

2. PCM通信方式의 原理

PCM(Pulse Code Modulation)는 pulse符號 變調 즉, 送信하고자 하는 音聲, 映像 其他 信號의 瞬時值를 그림 1과 같은 一連의 符號(그림에서는 1011)로 바꾸어 送信하고, 受信側에서는 이 符號를 復號하여 原信號로 再現 시킨다. micro wave나 mm wave로 通信을 하는 경우는, 이 符號波形에 의해서 搬送波를 振幅變調(PCM-AM) 또는 周波數變調(PCM-FM)한다.

從來의 一般通信方式과 같이, 連續波形을 利用하여 通信하는 것은 Analog通信, PCM方式과 같이 不連續波形에 의한 通信은 Digital通信

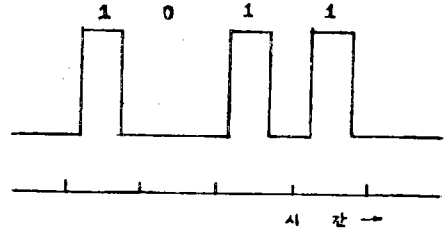


그림 1 2進符號
그림1. 2進符號

이 되며, Digital通信에는 從來의 電信, Data傳送도 包含된다. Analog通信과 Digital通信의 本質的인 差違點은 Analog computer와 Digital computer의 差와 같다.

그림 2는 PCM通信의 原理系統圖이다. 그림

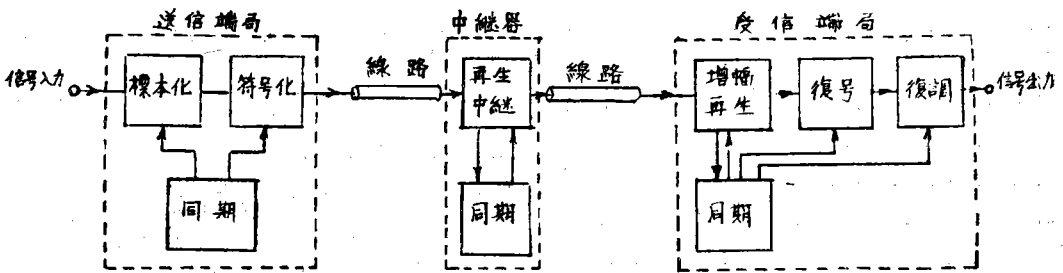


그림 2 PCM 通信의 原理系統圖

그림2. PCM通信의 原理系統圖

에서, 各部分을 크게 나누면 送信端局, 中繼器, 受信端局과 이들 사이의 線路로 이루어지고, 線路는 多重音聲 Cable, 搬送 Cable, 同軸 Cable 또는 導波管, 혹은 無線機器에 의한 電波의 空中傳播線路 등이 쓰인다.

送信端局은 標本化(Sampling)回路, 符號化回路(符號器) 및 同期回路로 이루어진다. 標本化回路에서는 一定周期로 信號의 瞬時值(Sample值)를 잡아내어, 이것을 符號化回路에서 符號化한 후에 線路로 送信한다. 同期回路는 標本化 및 符號化의 必要한 pulse를 供給한다.

中繼器에서는 受信한 符號 pulse를 增幅成形하여, 새로운 pulse波를 再生 送信한다. 또한 同期回路는 入力波에서 pulse의 反復 周波數成分을 잡아내어, 이것에 의하여 再生回路를 動作시

켜 一定한 周期로 pulse波를 再生시킨다.

受信端局은 增幅再生回路(端局中繼器), 復號回路, 復調回路 및 同期回路로 構成된다. 受信된 波는 中繼器와 거의 같은 內容의 增幅再生回路에 의해서 再生이 되고, 復號器에 의해서 元來의 構本值로 再生된다. 이것을 復調(平均值檢波 또는 包絡線檢出)하여 原信號를 再現시킨다. 同期回路는 入力 pulse波에서 pulse의 反復周波數成分을 잡아내어, 이것으로 再生, 復號, 復調回路를 動作시킨다.

3. PCM通信系 各部의 機能

(1) Sampling

原來의 信號가 그림 3에서와 같이 時間에 對하여 連續波形인 경우에, 그 瞬時值를 모조리 符

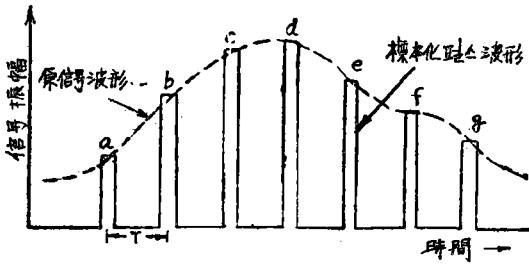


그림 3 Sampling (標本化)

그림 3 Sampling

號로 바꾸는 것은 不可能한 일이다. 따라서 Sampling에 의해서, 標本化된 信號를 符號化한다.

즉 그림 3과 같이 適當한 周期의 pulse에 의해서 原信號의 瞬時值 a, b, c, ……g를 잡아낸다. 이것은 原信號의 振幅에 比例하는 振幅을 가진 振幅變調 pulse波로 고치는 것과 같다. 이와 같은 pulse波를 復調하는 경우에는, 適當한 回路에 의하여 그 Envelope를 잡아내면 原信號를 얻을 수 있다. 이와같이 連續波形中에서 有限個의 振幅만을 잡아내어 送信하고, 이것을 復調하여 原來의 連續波形을 얻는 경우에는 若干의 情報量을 잃어, Distortion이 생길 念慮가 있으나, 原信號가 가진 周波數成分의 最高值가 W_0 인 경우

$$T < \frac{1}{2W_0}$$

의 周期로 Sampling한 경우에는, 原信號의 情報量을 잃지 않고 完全하게 傳送시킬 수 있음이 證明되고 있다. 따라서 電話의 경우, 音聲의 最高周波數를 4KHz로 制限해서 傳送한다면, 標本化의 周期는 125 μ s以下, pulse反復周波數로 하여 8KHz以上이면 된다는 것이며, TV의 경우 信號의 最高周波數를 4MHz라 하면 pulse의 反復周波數는 8MHz가 된다.

(2) 符號化

標本化된 pulse의 振幅은 그림 4와 같은 方式으로 符號化시킨다. 즉 그림에서 pulse의 振幅 a를 「1011」, 振幅 b를 「1101」와 같이 符號化한다. 하나의 振幅을 表示하는 符號의 數(0도 包含된다)는 보기의 그림 4에서는 4bit이다. 一般

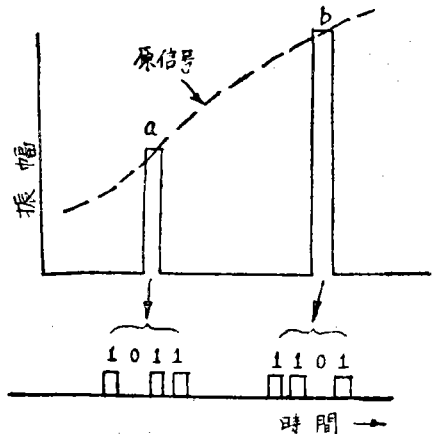


그림 4 符號化

그림 4. 符號化

의므로 2進符號에 의해서 bit의 數가 n인 경우에 얻을 수 있는 符號의 數, 즉 Pattern의 數는 2^n 個이므로, 3bit인 경우에는, $2^3=8$ 個의 振幅 Level을 符號化시킬 수 있다. 그러나 原信號가 連續波形인 경우에는 無限個의 數值를 가질 수 있으므로, 이것을 有限個의 符號로 表示하기 위해서는 信號의 振幅을 四捨五入하여, 量子化시켜 有限個의 振幅 Level로 고쳐야 한다. 3bit의 경우는 그림 5와 같이 8個의 Level을 符號化시

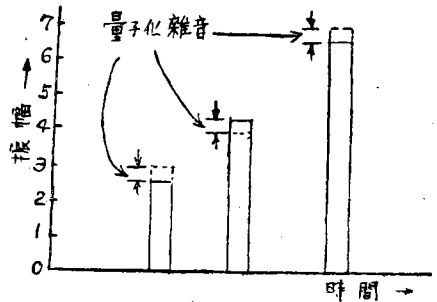


그림 5 量子化

그림 5. 量子化

킬 수 있으므로 그림의 點線과 같은 量子化雜音이 생긴다. 雜音이라기 보다 Distortion이 생겼다고 생각해도 된다.

符號 pulse의 數, 즉 Bit의 數를 增幅시키면 이러한 量子化雜音은 減少되고, 電話 傳送의 경우, 7bit 즉 $2^7=128$ 의 Level로 하여 符號化시키면 量子化雜音은 사람의 귀로서 檢知할 수 없

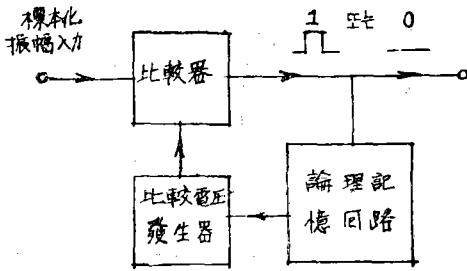


그림 6 歸還形符號器

그림 6. 歸還形符號器

는 것으로 알려져 있다. TV信號의 경우에는 5bit 즉 $2^5=32$ 의 Level로도 傳送된다.

符號器에는 여러가지 形式이 쓰이고 있으나, 그림 6은 比較的 많이 利用되는 歸還形 符號器의 構成圖로서, 比較器, 比較電壓發生器, 論理記憶回路로 이루어진다. 比較器는 標本化된 入力振幅과 比較電壓發生器의 出力을 比較하여 信號振幅이 클 때 「1」, 작을 때 「0」의 出力을 낸다. 論理記憶回路는 比較電壓發生器의 出力을 制御한다. 3bit의 경우를 例로 들면, 入力振幅이 5.2인 경우 最初의 比較電壓은 最高 Level의 1/2인 3.5를 내므로 「1」의 出力이 나온다. 이 結果 論理記憶回路는 信號振幅이 3.5보다 크다는 判斷아래, 比較電壓 5.5를 發生시켜 符號出力 「0」이 나온다. 그 結果 信號振幅이 3.5와 5.5사이라는 判斷아래 4.5를 發生시켜 「1」의 符號出力이 나온다. 이와 같이하여 符號 「101」이 얻어지므로 다음 表와 같이 振幅值 5의 符號가 된다.

表1. 3bit의 符號

振幅器	符號
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

이와 같은 符號器는 符號化와 同時에 量子化의 操作도 同時에 하게 된다.

〔3〕 中繼

「1」과 「0」으로 이루어지는 符號系列의 pulse波가 線路를 通해서 傳送될 때, pulse는 振幅의 減衰와 波形的 Distortion이 생기게 되므로, 途中에서 增幅, 成形的 中繼가 必要하게

되지만, Analog通信과는 다른 中繼方式을 써야 한다.

Analog通信에서는 減衰한 信號를 原波形 그대로 忠實하게 增幅하여 送出하면 되지만, Digital通信에서는 入力 pulse를 成形, 增幅하여 이것에 의한 새로운 pulse를 만들어 送出한다. 즉 再生中繼를 해야한다. 이 再生中繼에 의해서 雜音除去가 自動적으로 이루어진다. 이 再生中繼의 基本的인 機能은 pulse波의 成形·增幅·識別·再生 및 再同期이다.

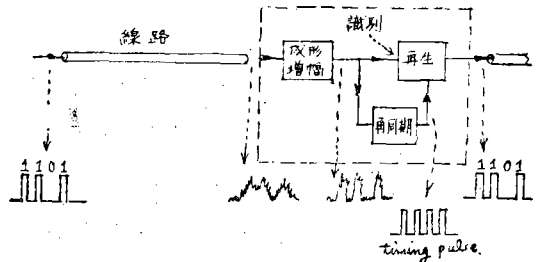


그림 7 再生中繼器

그림 7. 再生中繼器

그림 7은 再生中繼器의 原理的인 構成圖로서, Cable를 지나서 中繼器의 入力에 到達한 pulse는 高周波成分의 減衰에 의해서 雜音成分을 包含하고 있다. 成形回路에서 波形이 校正되어 「1」과 「0」의 差가 分明하게 되고, 이 pulse와 別途로 入力波에서 잡아낸 同期用的 Timing pulse에 依해서 再生回路를 動作시켜, 새로운 時間位置가 正確하고, 雜音을 包含하지 않는 pulse를 發生시켜, 이것을 線路에 送出한다.

이러한 再生中繼器를 利用하므로써,

(i) pulse波에 混入한 雜音成分을 完全히 除去하고 새로운 pulse信號를 送出한다. 따라서 原理的으로는 여러번의 中繼操作에 依해서도 信號의 質이 變하지 않는다.

(ii) 中繼時마다 새로운 pulse를 發生시키므로 系統의 信號 Level이 安定하다. 즉 線路 및 外部의인 要因에 의해서 信號의 振幅變動이 있어도 無關하므로, 自動利得制御回路의 構成이나 回路의 切換 등이 簡便하게 이루어질 수 있다.

〔4〕 復號化, 復調 및 壓伸

受信한 符號 pulse로 元來의 信號를 組立하기 위해서는 먼저 復號化를 한다. 復號化는 符號化에 比하여 簡便하게 이루어진다, 즉 3bit의 경

우, 3個의 符號에 對하여 첫째符號에 2^2 , 둘째符號에 2^1 , 셋째符號에 2^0 의 荷重을 가지게 한다. 振幅「5」에 對應하는 符號「101」에 對하여,

$$(1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 5$$

첫째符號 둘째符號 셋째符號

와 같은 計算過程에 對應하는 操作回路를 構成하면 된다. 그림 8은 符號器의 構成圖로서 點線內가 局部復號器, 그림 9는 荷重回路 및 스위치回路圖의 例이다.

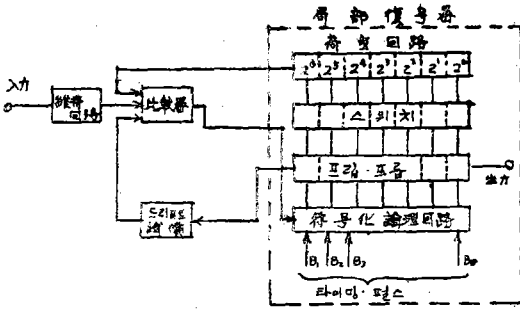


그림 8 符號器構成圖

그림 8. 符號器構成圖

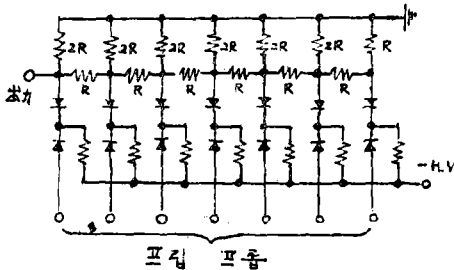


그림 9 荷重回路 및 스위치回路

그림 9. 荷重回路 및 스위치回路

復號化된 信號는 送信側에서의 Sample pulse 와 같은 波形이 되므로, 그 包絡線을 檢波하면 元來의 信號波形이 얻어진다. 그림 10은 復調回路의 例이다.

音聲傳送의 경우, 사람에 따라 20~30dB程度의 Level變化가 있으므로, 7bit 즉 128의 Level로 符號化시키는 裝置일 때, 音聲振幅의 最高值와 符號化 Level의 最高值사이에서 Level差가 크면, 적은 Level數로 符號化 되므로서, 작은 音聲의 Distortion이 많아진다. 이러한 點에서 音聲通信의 PCM裝置에서는 送信側에서 작은 소

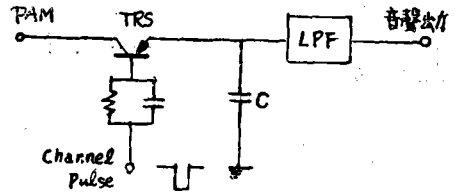


그림 10 復調回路

그림 10. 復調回路

리는 크게, 큰 소리는 壓縮하고, 受信側에서는 이와 反對의 操作을 하는 壓縮器를 쓴다. 그림 11은 通話路系中的 壓縮器의 概略構成圖로서, PAM多重信號는 壓縮器의 Pre-amplifier에서 電流源으로 變換되고 Diode 壓縮器에 PAM電流를 供給한다. 瞬時壓縮器는 對數壓縮特性에 가까운 特性을 가지고 있다. 復號器에서의 PAM信號는 Pre-amplifier에서 電壓源으로 變換되어 瞬時伸張器에서 伸張된다. 이들은 $\mu=100$ 程度의 對數伸張回路를 쓰고 있다.

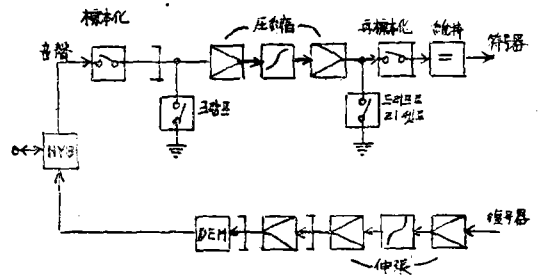


그림 11 壓縮器

그림 11. 壓縮器

(5) 時分割

多數의 音聲 및 各種의 信號를 同時에, 時分割으로 하나의 傳送路를 通하여 比較的 經濟的으로 送信할 수 있는 것이 PCM通信의 하나의 長點이다. 時分割의 模型의인 原理圖는 그림 12와 같다. 그림에서 送信, 受信의 各各에 回轉스위치가 있고, 여기에 많은 電話器가 接續되어 있고, 이들 스위치가 同期速度로 動作한다면, 一組의 符號器, 線路 및 復號器를 通하여 同時에 多數의 通信을 할 수가 있다. 이 경우, Swi-

tching에 의해서 Sampling이 自動的으로 行해 짐에 주목해야 하고, 이 Switching의 速度는 Sampling의 條件에 의해서 定해지며, 電話音聲에서는 8KHz以上이 되어야 한다. 여기서 通路路의 數가 많을수록 高速性이 要求되는 反面에 經濟性은 높아진다.

實際의 裝置에서는 이 切換스위치에 해당하는 것은, Transistor 또는 Diode에 의한 gate回路이다. 지금까지의 周波數分割 多重通信裝置에서는 값비싼 Filter가 必要하지만, 時分割 PCM裝置에서는 몇개의 半導體素子면 되기 때문에 端局의 價格이 그만큼 싸게 된다. 그러나 同期라는 重要한 部分이 挿入되며, 그 方法은 여러가지가 있으나, 同期用의 pulse를 各 Frame마다 挿入하여, 各 Channel의 位相을 檢知하는 方式을 採擇하고 있다. 그림 13은 符號의 時間配置圖이다.

[6] Timing 및 Frame同期

端局에서 必要로 하는 各種 Timing pulse는 Bit pulse 및 Channel pulse와 같이 波形이 같고, 서로 一定한 位相差를 가진 多相 pulse이므로, 이들의 發生回路로서는 Blocking oscillator 등을 利用한 回路構成이 簡單하지만 高速度를 要求하는 點에서 그림 14(d)와 같은 高速論理回路에 의한 方式을 그림 13의 時分割에 適用시키면 다음과 같다. 그림 14의 (a)와 같은 高速 Switching transistor에 의한 飽和 NOR回路 3個를 그림 (b)와 같이 入力論理回路과 2進計數器로 分周回路를 만든다. 즉 入力論理回路出力을 Clock pulse C.P에 同期시켜 2分周시키는 機能을 가지

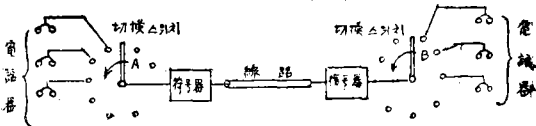


그림 12. 時分割通信의 模型圖

그림 12. 時分割通信의 模型圖

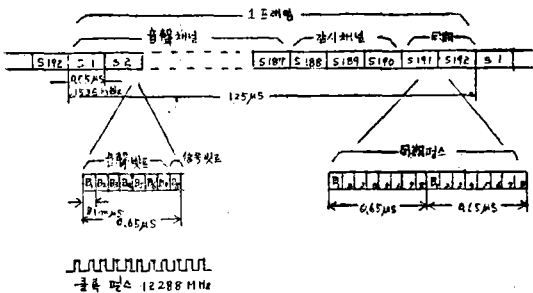


그림 13. 符號 Pulse의 時間配置圖

그림 13. 符號 Pulse의 時間配置圖

그림에서 標本化周波數는 8KHz/S, 各 Channel은 8bit(音聲 7bit, 信號 1bit)의 構成으로 192 Channel의 符號 pulse이다. 1 Frame은 音聲 187 channel, 3개의 監視 Channel로 構成된 보기이다.

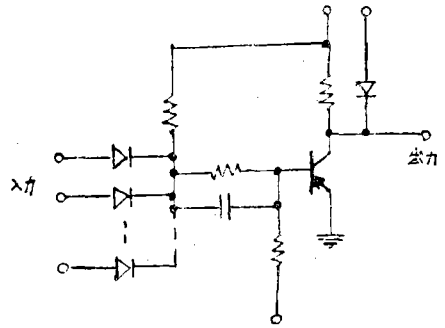


그림 14 (a)

그림 14(a)

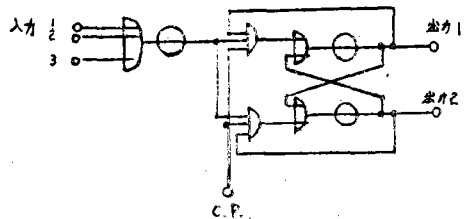


그림 14 (b)

그림 14(b)

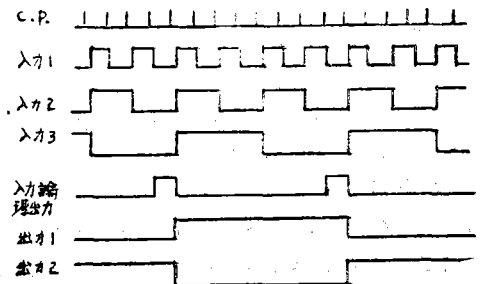


그림 14 (c)

그림 14(c)

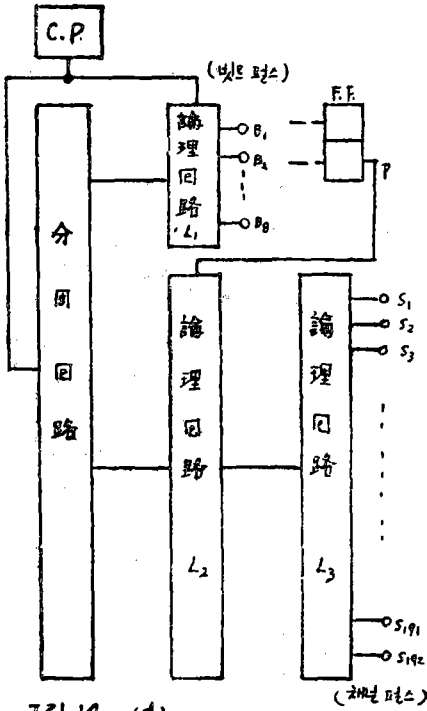


그림 14 (d) 그림 14(d)
그림 14. Timing 회로 구성례

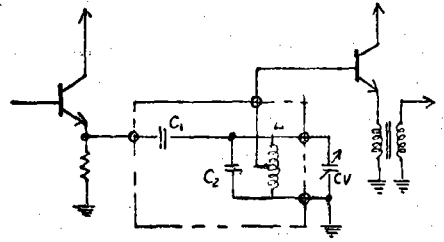


그림 15 타이밍 추출용 동기회로
그림 15. Timing 추출용 동기회로

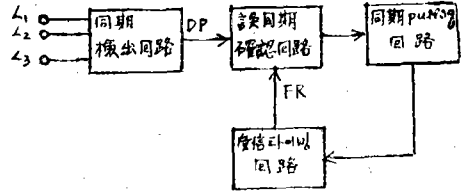


그림 16 동기회로 구성례
그림 16. 동기회로 구성

고 있다. 그림(c)는 분주회로의 동작波形을 표시한 것이다.

그림(d)에서 12,288MHz/S의 Clock pulse를 발생시켜, 분주회로의 출력을 L1에서 논리操作하여 8相의 Bit pulse B₁~B₈(周期 0.65μs, pulse 幅 30ns)를 얻고, Channel pulse의 幅을 求하기 위한 pulse P가 분주회로의 출력을 논리操作하여 192相의 Channel pulse S₁~S₁₉₂(周期 125μs, pulse 幅 0.24μs)를 얻는다.

受信側の Timing회로는 Clock pulse發生回路에 主發振器가 없다는 것과 동기 pulling회로가 追加된 것 이외는 送信側과 같다. 그림 15는 Timing정보를 入力 PCM信號에서 抽出하는 LC 동기회로의 보기로서, 위에서의 Bit pulse의 동기 0.65μs(1.536MHz/S)에 동기시키고 있다.

Frame동기에는 동기 Channel中の 동기 Pattern을 그림 16과 같은 구성으로, 동기 Pattern 檢出회로에서 檢出하고, 2回誤동기確認회로에서 檢出 pulse DP와 受信 Timing회로에서 發生시킨 동기 pulse FR와의 比較에 의하여, 受信 Timing회로의 분주회로를 동기 Pulling회로에서 制御

하도록 하고 있다.

4. PCM通信方式의 應用

- (1) 市内電話局間 音響 Cable의 多重化
市内 Cable의 多重化에 PCM方式을 採用하므로써 다음과 같은 利點이 있다.
- (a) 周波數分割의 搬送方式에서는, Filter의 價格이 全體의 25~35%를 占有하는데 比하여, PCM方式에서는 高級 Filter가 必要없고, PCM裝置 價格의 20%를 占有하는 半導體部品은 그 價格이 漸次 低下되어 가고 있다.
- (b) 端局價格中, 共通部分이 많은(T-1의 경우 60~70%) PCM方式이 多重化에 依한 利點을 얻기 쉽다.
- (c) 中繼線에 있어서 線路의 損失變動이 Level變動에 無關係인 PCM方式이 有利하다.
- (d) 市内의 既設 Cable은 雜音및 漏話가 크기 때문에 AM보다 PCM再生中繼에 依하는 것이 通話品質이 좋다.
- (e) 市内中繼線은 Traffic需用의 變動 등의 理由로, 여러 方向으로 回路網을 切換하는 수가 많으므로, 回路의 Level이 安定한 PCM方式이 容易하게 切換할 수 있다.

이상과 같이 價格, 通話品質, 回路運用面에서 有利한 方式이라고 보고 있다.

(2) 分配傳送形 PCM方式

PCM方式에서는 多重도를 높이는 것이 原理的으로 Channel當의 價格이 低下되는 것이지만 그 反面에 傳送路의 pulse反復周波數는 正比例하여 上昇하므로써, 中繼器의 高速化와, 傳送損失과 近端漏話의 增加에 따르는 中繼區間의 短縮이라는 면에서 制約을 받는다.

이 問題를 解決하기 위하여, 傳送 pulse을 複數個의 線路로 分配傳送하고, 受信側에서 集合시키는 方式을 取하므로써, 線路上의 pulse의 所要帶域을 增大시키지 않고 端局의 多重도를 높이는 方式이 分配傳送形 PCM方式이다.

즉 그림 17(a)와 같이, 送信端局에서 時分割 多重化된 高速符號 pulse를, 分配回路에서 m個의 線路에 順次分配하고, 受信端局에서는 分配回路의 逆操作을 하는 集合回路에서 元來의 pulse配列로 變換한다. 이렇게 하므로써 各線路마다 pulse反復周波數는 原符號 pulse의 反復周波數의 1/m로 低下한다.

그림 (b)는 bit分配方式으로서 bit反復時間 T인 符號 pulse를 bit slot마다, m個의 線路에 順次로 時間 mT마다 分配하여 適當한 pulse幅으로 引張하여 傳送하는 方式이다.

그림 (c)는 bit反復時間 T인 符號 pulse를 Time slot마다 順次的으로 m개의 線路로 나누어, 各各의 bit pulse를 時間 mT마다 適當한 pulse幅으로 引張하여 傳送하는 方式이다.

그러나 이 方式의 問題點은 端局回路의 高速化, 複數線路에 依한 中繼方式의 確立, 部品の 信賴度의 向上등이다.

(3) 電子交換

交換機의 構成은 響應信號를 다루는 通話路系와, 制御信號를 다루는 制御系로 나눌 수 있으며, 制御系만을 電子式, 通話路系를 機械式으로 行하는 것은 半電子交換, 모든 것을 電子式으로 하는 것이 全電子交換이다 할 수 있다. 全電子交換方式에서 通話路信號를 PCM信號化하면 信號全體가 Digital信號가 되어, 傳送系, 交換系가 一體化된 Integrated Communication System

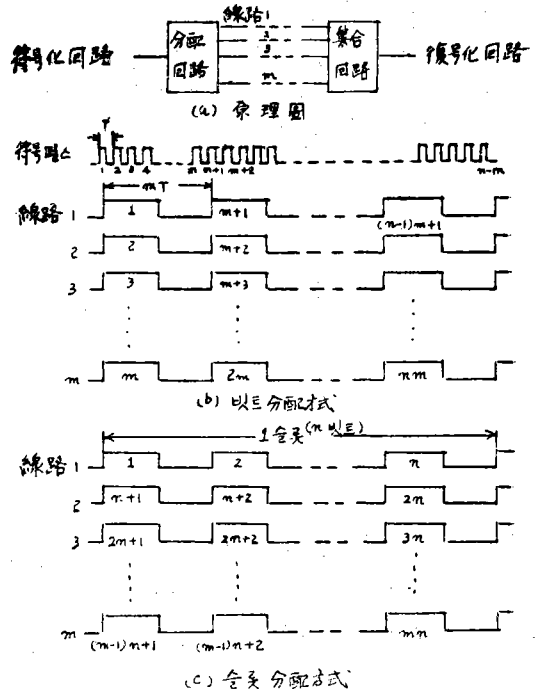


그림17. 分配傳送方式

이 된다. PCM交換方式의 特色은 다음과 같다.

(a) 通話品質

符號 pulse는 雜音, Distortion 등의 影響을 받지 않고 交換, 傳送을 되풀이 할 수 있으므로 品質의 低下가 없다. 現在의 機械 Relay의 接點代身에 Transistor 또는 Diode 등의 半導體素子를 利用하게 되므로, Analog信號에서는 素子의 非直線性이 問題가 되나, PCM에서는 이들 素子는 Switching 素子로서만 動作하므로, 非直線性은 問題가 되지 않으며, 機械的인 接點에 比하여도 安定性이 크다.

(b) 經濟性

Cable의 多重化에 의하여 線路費가 顯著하게 減縮된다. 또한 交換에 必要한 接點의 數가 空間分割에 比해서 적고, 半導體部品이 Switch로서만 作用하기 때문에 그 性能에 嚴格한 規制를

要하지 않으며, 交換機가 小形이 되므로 占有하는 面積이 減少된다는 등의 면에서도 經濟性을 期待할 수 있다.

(c) 運用面 및 其他

傳送系의 符號 pulse의 Level이 安定하므로 必要에 따라 回線의 切換이 容易하다. 그러나 電子交換方式은 이러한 利點이 있는 反面에, 素子의 信賴度, 機械交換系와의 共存, 交換系全體의 同期 등의 諸問題가 解決되어야 한다.

(4) 無線通信

PCM通信方式을 無線傳送到에 利用할 때의 問題點은

(a) 他方式에 比해서 同一한 信號量을 同一한 質로 傳送하기 위해서는, 電波의 周波數成分의 帶域幅(AM의 約 10倍)이 넓어지기 때문에, 電波의 使用上不經濟이다.

(b) Fading에 의해서 受信入力이 變化하므로 送信電力이 커야한다.

(c) 受信機의 受信帶域幅이 넓기 때문에 受信入力이 減少된 경우, 雜音의 影響으로 信號對雜音比가 急激히 下降하는 點의 入力值(Threshold)가 높아진다. 그러나 여기에 對하여,

(d) PCM方式에서는, 電波가 다른 隣接한 電波로 부터의 干涉을 받기 힘들기 때문에, 電波의 割當間隔을 좁힌다면, 하나의 電波를 水平偏波와 垂直偏波와의 2개의 波로 나누어서 割當시키는 方法 등을 取하면, FM方式과 같은 程度로 電波의 經濟性을 向上 시킬 수 있다.

(e) 無線機를 固體電子化 시키기가 容易하므로, 中繼裝置를 小型으로 값싸게 製作하므로써, 中繼間隔을 짧게하여 Fading의 影響을 減少 시킬 수 있다.

(f) 現在의 Micro wave通信回線에서는, 局舍, 空中線 등을 包含하는 無線機關係의 價格에 比하여 搬送端局의 價格이 極히 높다. 따라서 時分割端局을 利用하므로써 回線全體의 價格을 低下시킬 수 있다.

이상과 같이 主로 經濟性의 問題로, 各國에서 많은 研究檢討가 進行되고 있다.

(5) Telemetry

Telemetry에 對한 PCM方式의 應用은 計測值을 正確하고 精密하게 傳送할 수 있다는 點이다. 計測值의 PCM傳送的 例로서, 人工衛星 Telesat에서는 120channel時分割으로 8bit, 이 중에서 2channel은 Frame同期用, 1bit은 bit同期用으로 쓰이고 있다. Sampling은 1분에 1회의 極히 低速의 PCM이다. 人工衛星內에서 118의 計測值가 PCM의 符號系列로 變換되고, 이 符號系列에 의해서 3KHz의 副搬送波로 周波數變調(± 225 Hz)하여, 이 副搬送波에 의해서 다시 136MHz의 電波를 振幅變調하여, 地上으로 送信하고 있다.

5. 結 言

以上과 같이 PCM通信方式은 많은 特色이 있으며, 要約하면

(a) 雜音이 적다. 中繼를 되풀이 해도 雜音이 加算되지 않는다.

(b) 增幅器 등의 非直線性에 의해서도 信號의 質이 低下하지 않는다.

(c) 通信容量이 現在의 各種 通信方式 중에서 最大이다.

(d) 高級 Filter를 必要로 하지 않으므로, 時分割多重化가 될수록 端局의 價格이 싸게 되고, 裝置가 小形化 된다.

(e) 再生中繼器를 使用할 수 있으므로, 中繼系의 Level變動이 적고 安定하다.

그러나 다음과 같은 問題點도 있다. 즉,

(f) 傳送到에 要하는 周波數帶域幅이 크다.

(g) 同期, 符號器, 復號器 및 再生中繼器 등의 새로운 回路의 開發과 Diode 등의 部品의 品質向上 등이 要求된다.

이와 같이 通信方式面에서나 Device와의 關係에서도 理想的인 面을 가지고 있으므로, Device의 超小型化 技術에 依하여, 裝置의 信賴性, 經濟性의 向上과 保守 및 運用面에서 將次 大部分의 通信이 PCM方式으로 代替될 有望한 方式이라고 볼 수가 있다.

(1965年 3月號 日本 "The Hitachi Hyoron"에서 拔萃編輯함)