

試作 192 通話路 PCM 通信装置

Trial Manufacture of 192-Channel PCM Communication System

朝比奈 隆* Takashi Asahina
 麻生 哲* Tetsu Asô
 草間 武夫* Takeo Kusama
 末広 明雄* Akio Suehiro
 水上 雅雄* Masao Mizukami

内 容 梗 概

局間中継多重用分配伝送方式による 192 通話路 PCM 通信装置の製品試作を行ない、所期の性能を得たのでこの紹介をする。分配伝送方式は線路の位相差を補正するため、中継器共通タイミング方式と端局補正方式とがあるが、前者の方式を採用した。後者については現在開発中であり、次期試作で実用化する予定である。

端局装置は従来方式に比べてパルス繰返し速度が約 8 倍となっているので、これに基づく諸問題を述べ、各部回路の特長、動作を説明し、主要特性の測定値を示した。

中継装置には一般の問題点のほかに分配伝送を行なうことにより生ずる問題点があるので、これについて述べるとともに、設計条件、回路動作および構造について説明し、装置の主要特性を示した。

1. 緒 言

近距離回線の経済的多重化の必要性より PCM 方式の導入が行なわれつつあるが、今回分配伝送方式による 192 通話路 PCM 端局装置および中継装置の製品試作を行なった。分配伝送方式は符号パルスを複数本の線路に分配して伝送するため、伝送線路の位相差が問題となる。これの対策として、各中継器にて位相差を補正する共通タイミング方式および端末局で一括して補正する端局補正方式があり、両方式の詳細については別論文に詳述されているが、本装置には前者の共通タイミング方式を採用した。

本装置は 24 通話路方式に比べて符号パルス繰返し速度が約 8 倍になっており、さきに完成した性能試作機の技術を基に、回路、部品、構造上の諸問題について十分検討を加え、さらに回路、部品の標準化および保守監視面の強化を行なったもので、実用性を十分考慮した。以下本装置の特長、回路動作、主要特性について述べる。

1. 端 局 装 置

2.1 概 要

本装置は多重度が高く、取り扱うパルスの周波数が高速であるため、シート構造、実装および架内布線に特に留意して設計し、2,750

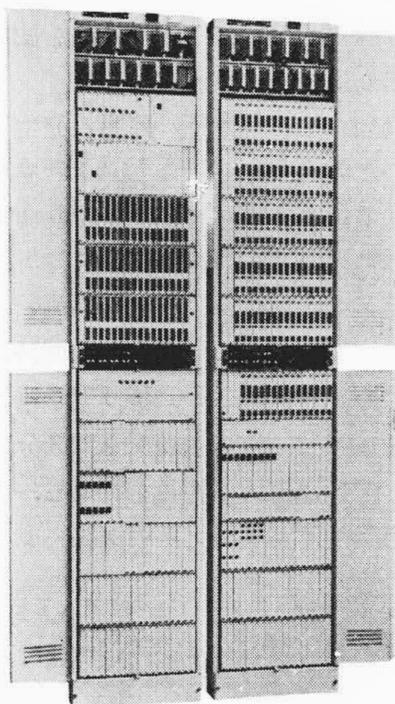
mm の標準搬送架 2 架に送受を実装している。第 1 図は 192 通話路 (以下 CH と略記) を全実装した外観で、向かって左が送信架、右が受信架である。第 2 図は本装置の符号パルス時間図、第 1 表は端局装置の方式概要を示す。

分配伝送形 PCM 通信方式の動作原理、特長などについては、ほかの論文で説明されているので、詳細は省略するが、本装置全体の動作の概要を第 3 図の構成系統図にしたがい説明する。

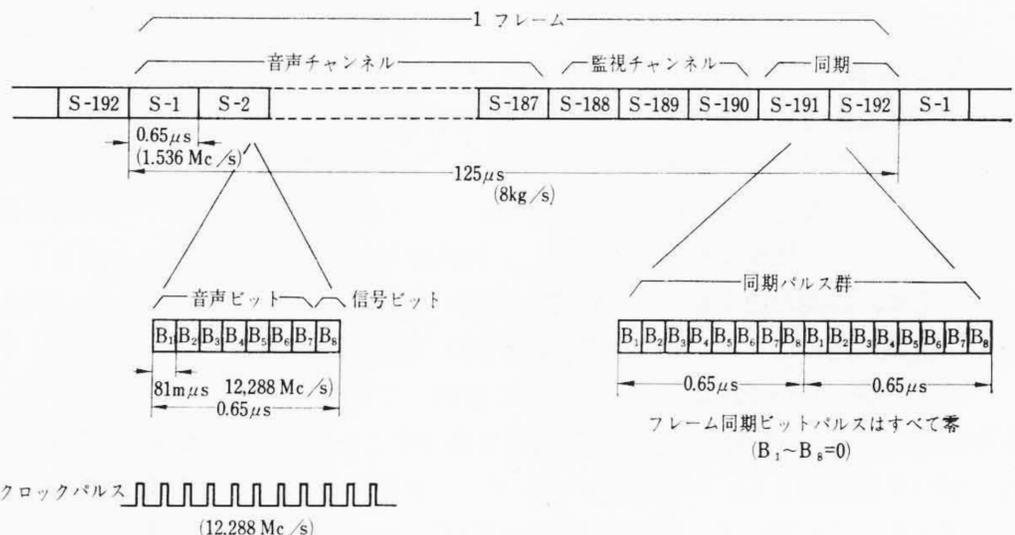
入力音声信号はハイブリッド回路を通り変調器にはいる。変調器はチャンネルパルス発生回路からくる標準化パルスにより 8kc/s で標準化され、ほかの音声信号の標準化されたものと時分割多重化される。この信号は PAM 多重化信号と呼ばれ、本装置では 192 CH を奇数番号 CH、偶数番号 CH の 2 群に分け多重化している。PAM 多重化信号は次の圧縮器により、レベルの高い信号と低い信号がほぼ一樣なレベルに圧縮され、符号器により 2 進の PCM 符号に変換

第 1 表 方式の概要

| | |
|--------|---------------------------------|
| 通話路数 | 192 ch (うち 2 ch 同期 3 ch 監視切替) |
| 多重化方式 | 8 kc/s 標準化による時分割多重 |
| 変調方式 | 音声 7 ビット, 信号 1 ビットによる普通 2 進 PCM |
| 圧伸方式 | ダイオードによる対数圧伸 $\mu=100$ |
| 符号化方式 | 局部復号器制御による直線符号化方式 |
| 同期方式 | 2 回誤同期確認によるスタート方式 |
| 監視保守方式 | 自動監視, 電けん, ランプ, 予備シートによる障害探索 |
| 予備線路切替 | 符号パルス断および誤符号監視による自動切替 |
| 電 源 | AC 200V 50 c/s/60 c/s |
| 架 構 成 | 送信架, 受信架, 電源架 各 1 架 |



左: 送信架 右: 受信架
第 1 図 端局装置



第 2 図 符号パルスの時間配置図

* 日立製作所戸塚工場

される。分配回路は192 CHのPCMパルス(12,288 Mc/s)を中継伝送路に適した1,536 Mc/sのバイポーラパルスに変換し、8本の線路に分配伝送する。受信端局では8本の線路に伝送されてきたPCMパルスを集合回路で集め復号器によりPAM多重化信号に復号する。伸長器は圧縮器とまったく逆の特性をもち、送信側で圧縮されただけ伸長する。復調器は時分割多重のPAM信号をチャンネルパルスにより通話路ごとに分離し、復調ろ波することにより受信音声信号を得る。同期回路はビット同期回路およびフレーム同期回路からなり、前者はPCM信号より1,536 Mc/sのタイミング情報を抽出し、これを8通倍して送信側に従属した12,288 Mc/sの主クロック周波数を発生する。フレーム同期回路は受信PCMパルスより同期パターンを検出し、タイミング回路を制御してフレーム同期をとる回路である。監視回路は端局監視と中継線監視の機能をもっている。端局監視は特定のチャンネルに1,100 c/sのパイロット信号を送出し、受信端復調出力で、そのレベルを監視し、装置の全システムを常時監視する。またタイミング障害、同期障害は別に常時監視し、障害の区分けを容易にしている。中継線障害は受信PCMパルス断および誤符号率を常時監視し、障害時、中継線を送受で自動的に予備線路に切り替える。

2.2 端局装置の主要規格

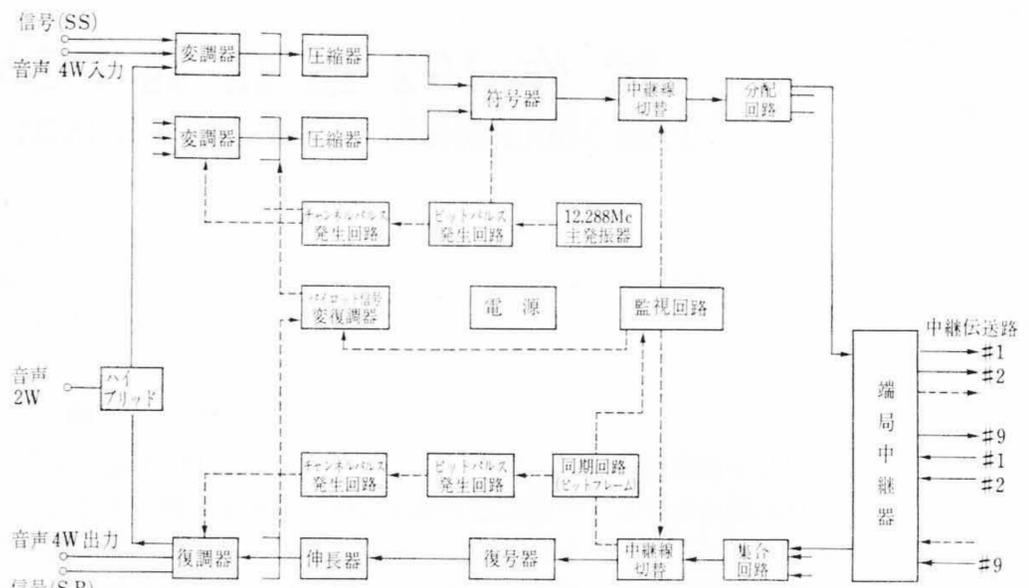
暫定的に短距離搬送(T-12S-Tr)の規格を主体として、端局装置の規格を定めた。以下に本装置の主要伝送規格を示す。

- (1) 標本化周波数 8 kc/s
- (2) 符号単位 音声7ビット, 信号1ビット
- (3) 音声入力レベル { 4 W -8 dBm
2 W 0 dBm
- (4) 音声出力レベル { 4 W +4 dBm
2 W -4 dBm
- (5) 残留損失 4 dB
- (6) 過負荷レベル +3.5 dB
- (7) 音声通話路伝送帯域 300~3,400 c/s
- (8) 音声帯域伝送特性 CCITT規格の2/5以内
- (9) 音声側不整合減衰量 15 dB以上
- (10) 信号対量子化雑音比 +3.5~-40 dBにて24 dB以上
- (11) 信号対無通話時雑音比 57 dB以上
- (12) 漏話減衰量 { 100% 52 dB以上
90% 58 dB以上
- (13) PCM出力 基本周波数1,536 Mc/sのバイポーラパルス, 振幅110 Ω負荷に対しせん頭値 ±3V

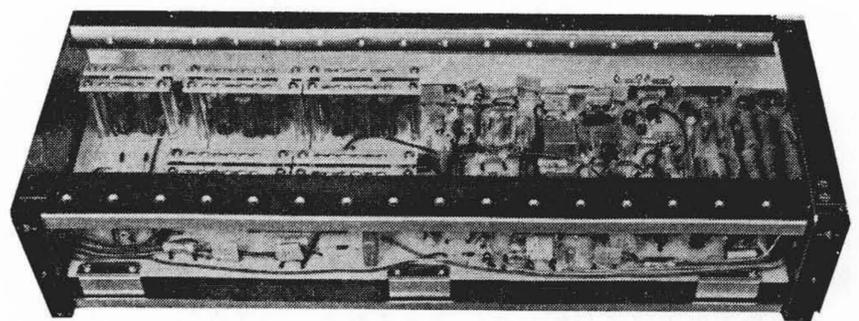
2.3 本装置の特長

分配伝送形PCM通信方式の構成およびその一般的特長については、すでにほかの論文でたびたび説明されているので、ここでは本装置を構成するのに特に留意した点について述べる。

- (1) 標本化回路には電圧標本化回路を採用し、回路を単純化するとともに、必要な標本化パルス電力を低減している。
- (2) 受信側復調回路にはゲートパルス分離、引伸し方式を採用し、パルス幅の狭いPAM信号を能率的に復調している。
- (3) 圧伸回路は通常のPCM方式に比べ、高速で動作するため、奇、偶の2群構成とし、エピタキシャルプレーナ形のシリコンダイオードを用いて、周波数帯域を広げ、また信頼度を考慮して60°Cの恒温槽に実装した。
- (4) 奇、偶の2系統できたPAM信号を符号化するのに、単一



第3図 端局装置構成系統図



第4図 符号器ユニット

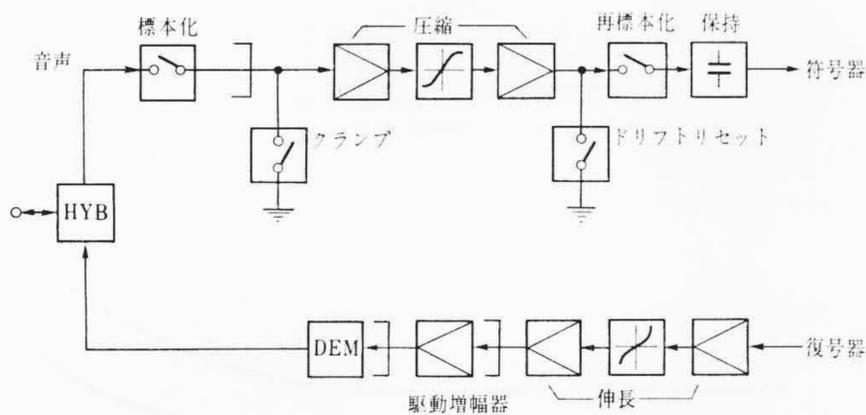
の局部復号器をもうけ、デジタル的に奇、偶の合成を行なっているため、符号化回路が単純となり経済的である。第4図に符号器ユニットの外観を示す。

- (5) 比較回路の高速化と高精度化に対処して、トンネルダイオードペアによる比較器を採用し、比較精度の向上と安定化をはかった。また、局部復号器には安定な金属被膜抵抗器を使用し、定電流形の荷重方式を採用しているため、スイッチダイオードの過渡特性、バラツキなどの影響を軽減でき、高速、高精度の符号化を可能にしている。
- (6) 符号化回路にドリフト補償回路を付加し、各部に発生したドリフトを自動的に補償している。このため符号器に高級な回路を使用する必要がない。
- (7) 端局デジタル回路にはトランジスタとダイオードによる基本回路を全面的に採用し、ユニットの種類を減少するとともに保守を容易にしている。
- (8) 本装置は多重度が高いため、共通部に障害の発生したときの影響は相当大きいと考えられる。この点を考慮して、部品点数を極力軽減するとともに、部品は相当 derating して使用し、また監視保守方式には特に留意して設計した。すなわち、特定のチャンネルに監視信号を常時流し、装置総合の監視を行なうとともに、共通部の主要な回路には監視回路を付加し、障害の自動表示をし、折り返し電けんと併用して、障害時間を短時間で数ユニットまで区分けできるようにした。また分配伝送方式の特長を利用し、中継線障害時、予備線路に自動的に切り替える中継線自動切替回路を付加している。

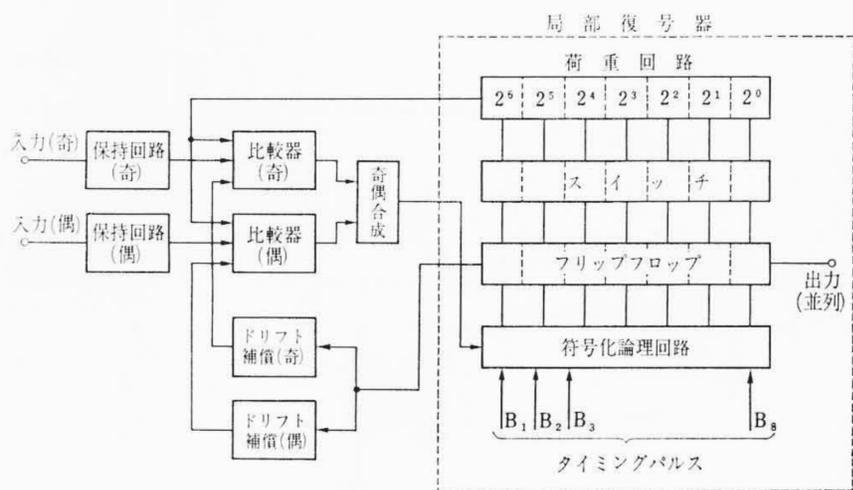
2.4 各部回路の動作

2.4.1 PAM 通話路系

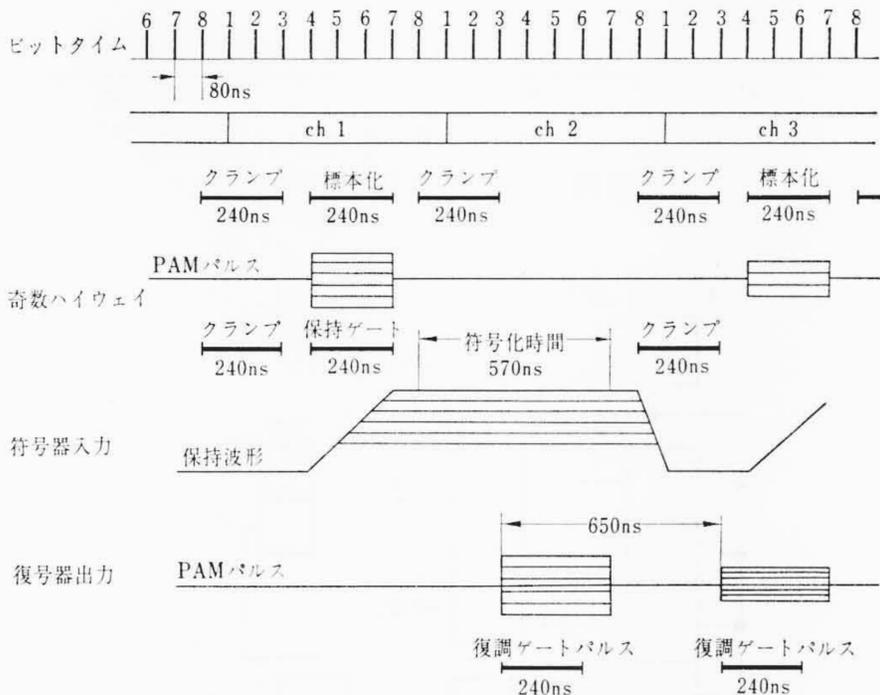
本装置のPAM通話路系の構成系統図を第5図、その動作時間図を第6図に示す。標本化回路は通常のダイオードブリッジによる電圧標本化回路で、ベデスタル変動(B)を1/100以下におさえ



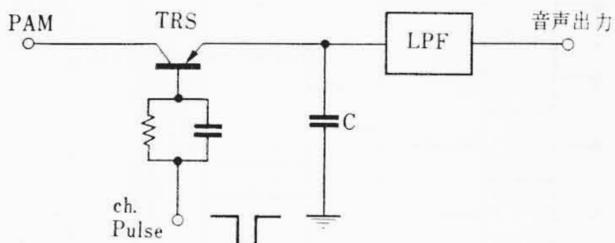
第5図 PAM 通話路系の構成図



第8図 符号器構成図

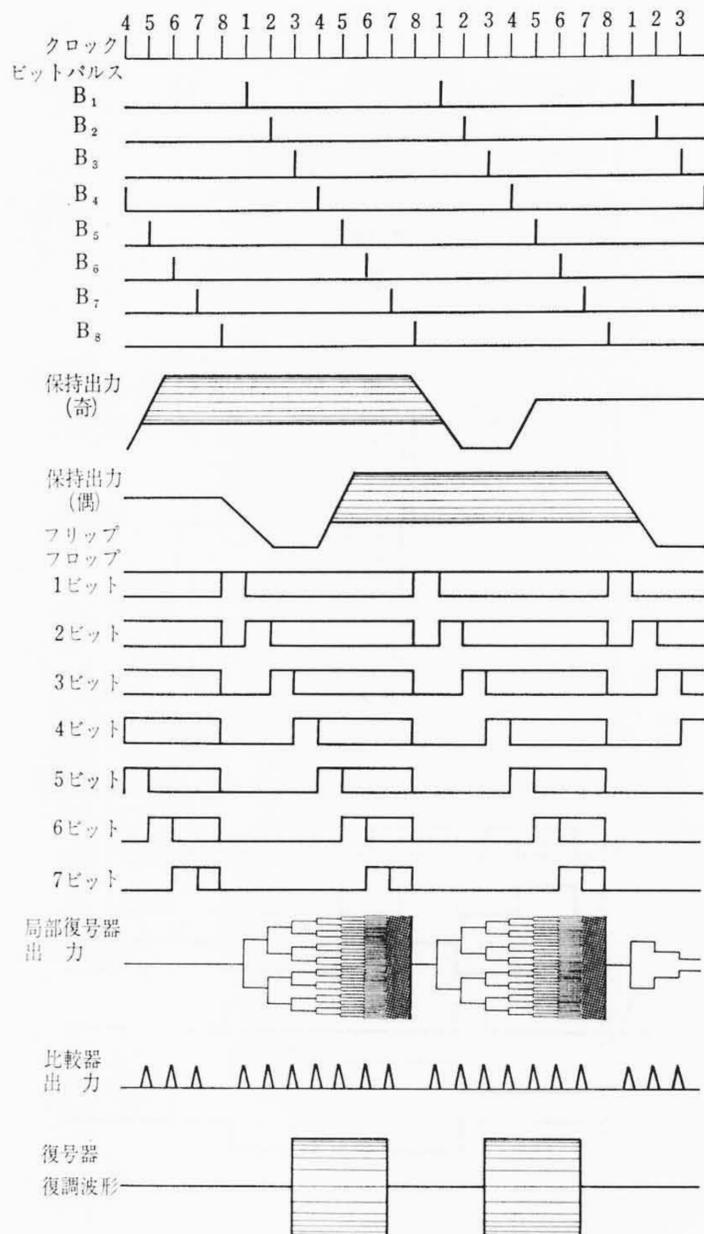


第6図 PAM 通話路系の動作時間



第7図 復調回路

ている。圧縮回路は増幅器とダイオードを用いた $\mu=100$ の対数圧伸回路である。ここでは回路の高周波特性に依存する漏話および PAM パルスの振幅値の符号化精度に及ぼす影響が問題となる。また回路の安定性はレベル変動ならびに 2 次ひずみ誘起の主要な原因となる。本装置では圧伸用増幅回路の伝送帯域を 15 c/s ~ 4 Mc/s とし、エピタキシャルプレーナ形のダイオードを用いて所要の漏話特性を得ている。また圧縮および伸長回路の前増幅器の出力インピーダンスは高周波特性、安定度などを考慮して圧縮器の低レベルにおけるインピーダンスの約 10 倍および伸長器の高レベルにおけるインピーダンスの約 1/10 に選定してある。このほか恒温槽や実装による端子間容量を極力低減している。ドリフトリセット回路は CH191 と CH192 のフレーム同期パルス期間、符号器に圧縮回路の正確な零レベルを送出し、ドリフト補償回路に基準レベルを与えている。このドリフト補償を行なうことにより、回路のドリフトに起因する 2 次ひずみは著しく改善される。復調回路には第 7 図に示すようなトランジスタ TRS とコンデンサ C によりゲート分離、引き伸しを同時に行ない、復調効率を上げるとともに所要のチャンネル分離パルスの電力を低減し



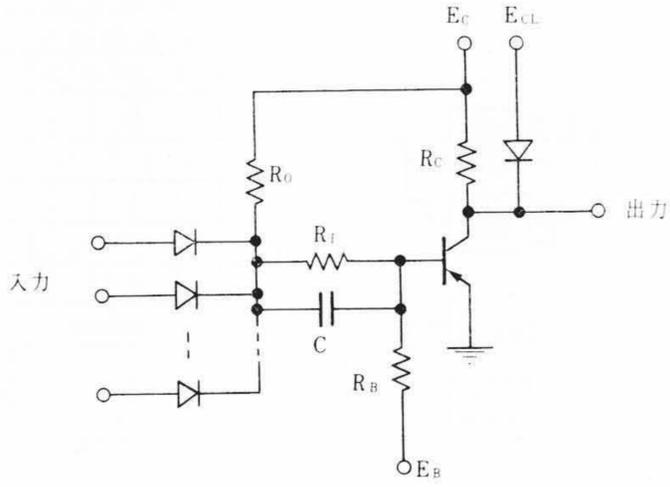
第9図 符号器、復号器動作時間図

ている。

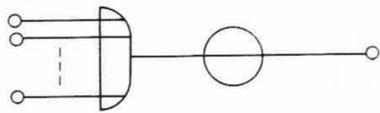
2.4.2 符号、復号回路

符号器の構成図を第 8 図、動作時間図を第 9 図に示す。本回路には回路構成の簡単な帰還形符号器が採用されている。動作速度は 24CH 方式のものに比較して 8 倍の速度が要求される。したがって、回路各部は高速性について十分考慮してある。以下符号器の動作を説明する。

圧縮器で圧縮された PAM パルスは奇、偶の 2 群に分けられているが、これは保持回路において十分な漏話減衰量を得るためである。保持回路では PAM パルスは符号化に必要な時間だけ一定に保持される。比較器出力とタイミング部から供給される 8 本のビットパルスは局部復号器を制御し、128 ステップの量子化電圧を発生させる。保持入力一定の間に比較器は保持入力と局部復号器の出力とを順次比較を行ない、その比較結果を局部復号器に帰

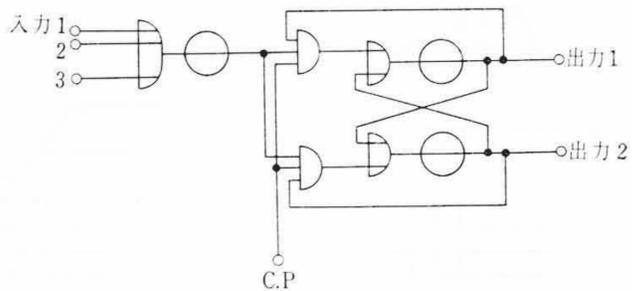


(a) 回路図

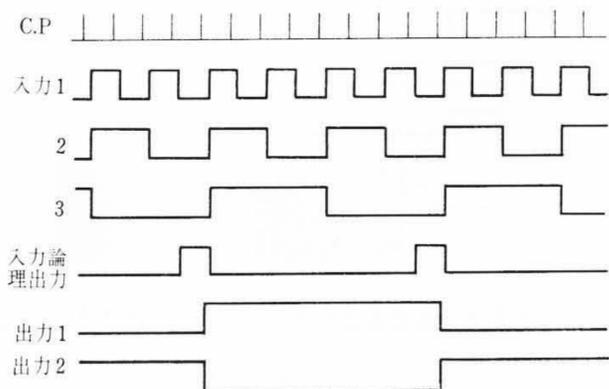


(b) 論理記号

第10図 基本回路



(a) 回路構成



(b) タイムチャート

第11図 分周回路

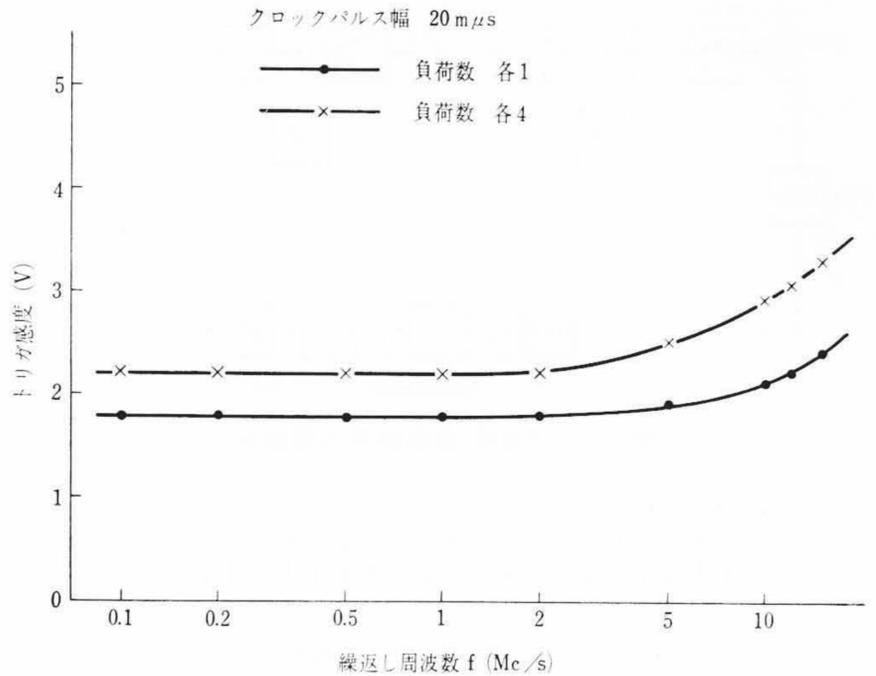
還し、それを制御しながら7ビットの符号化を行なう。符号化情報はフリップフロップ回路より並列に読み出され、変換回路でバイポーラパルスに変換されて線路に送り出される。本回路の特長をあげると、

(1) 単一局部復号器制御

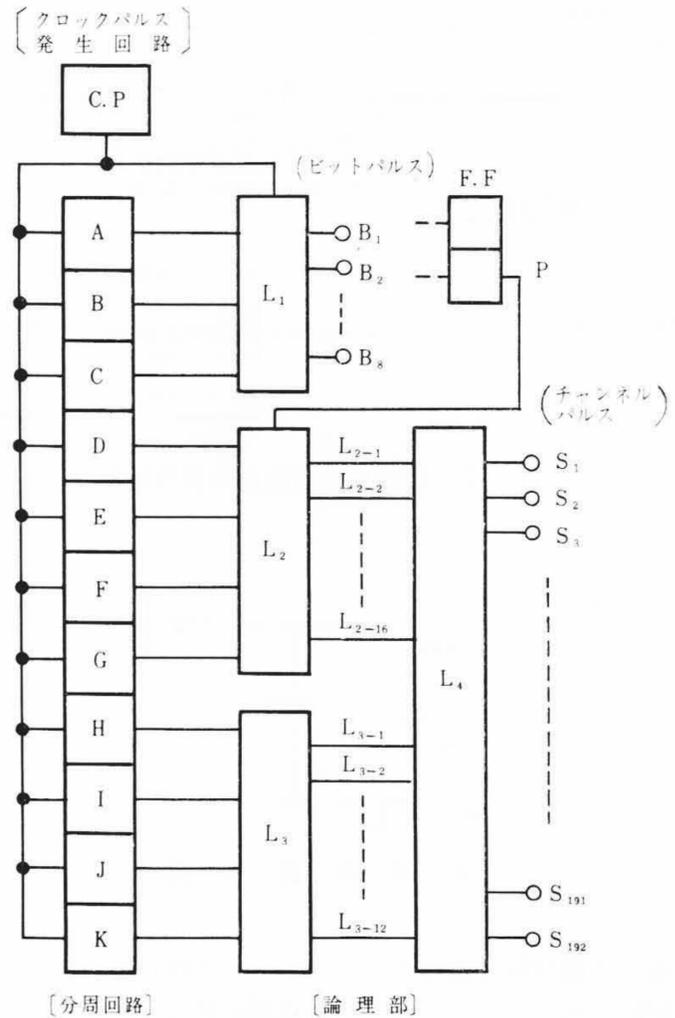
第8図に示すように2系統の音声入力と比較された後、奇、偶が合成されて、単一の局部復号器を制御するので回路が簡単になる。

第2表 符号器時間配分

| | |
|-----------------|-------|
| 荷重回路およびスイッチ | 35 ns |
| フリップフロップおよび論理回路 | 20 ns |
| 比較増幅系 | 15 ns |
| タイミングパルス偏差 | 5 ns |
| 調整マージン | 6 ns |
| 計 | 81 ns |



第12図 トリガ感度周波数特性



第13図 タイミング回路構成図

(2) トンネルダイオードの使用

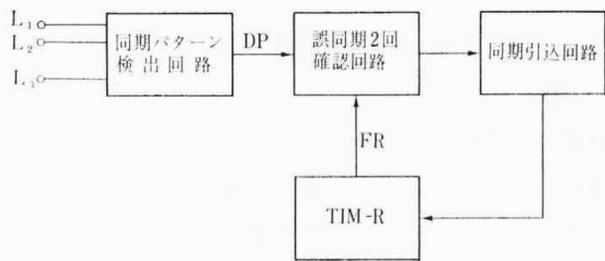
トンネルダイオードのペア回路を使用しているため、比較的簡単な回路で高速高精度の比較が可能である。さらに比較時点が規定できるので、局部復号器出力の過渡特性の影響を避け得られるという利点を持ち、高速化に適している。

(3) はしご形定電流荷重回路

荷重回路のインピーダンスを下げてダイオードスイッチの特性の影響を軽減しているためダイオードの選択を必要とせず、抵抗精度をおさえるのみで高速高精度の量子化を可能にしている。

(4) ドリフト補償

圧縮器中心と量子化中心のわずかなずれにより伝送品質が劣化するので、本装置では帰還ループによりこれを補償している。すなわち CH 191, CH 192 の同期スロットを利用して圧縮器中心の電圧と符号器の中心が一致するよう比較器を制御している。



第14図 同期回路構成図

高速符号器では各部回路の所要時間が適切に配分されねばならないが、本装置では81 nsの符号化時間を第2表に示すように配分している。

復号器は符号器の局部復号器とほぼ同じ構成を有し、受信パルス信号は復号器に並列にはいり、両極性PAMに変換される。

2.4.3 分配集合回路

本装置は分配線路数を8対に限定したビット分配方式を採用した。したがって各ビットは特定の線路のみに伝送されるため、符号器のメモリより並列に情報を読み出すことにより分配の目的は達せられるので本装置の場合は分配集合回路は単にユニポーラ、バイポーラの波形変換のみの機能をもつ。

2.4.4 タイミング回路

(1) 概要

端局で必要とする各種タイミングパルスの多くはビットパルス、チャンネルパルスのように、波形が等しく互いに一定の位相差をもった多相パルスであり、これらの多相パルスの発生回路としてはブロッキング発振器などを用いたリングカウンタ方式が回路構成が簡単であり、消費電力も少ないことから最も有利とされている。しかしながら本装置のように、多重度が高い場合、上記の方式では動作速度および動作マージンなどの点で問題があるため、本装置では高速論理回路により分周および論理増幅を行なう方式としてある。

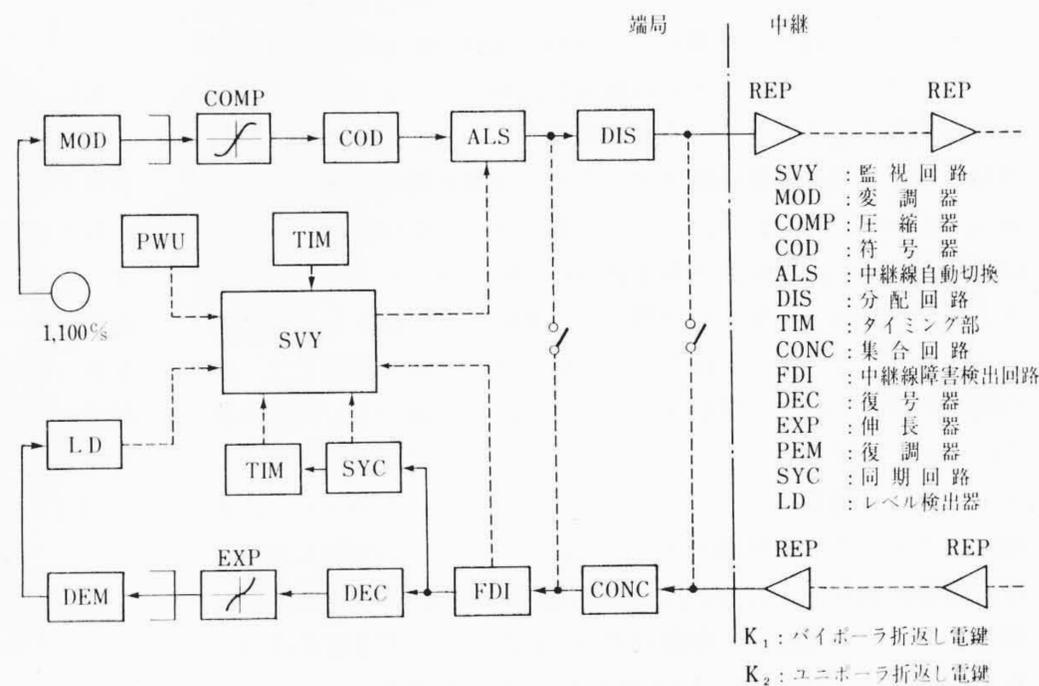
(2) 基本回路

第10図は基本回路として用いた飽和形NOR回路である。本回路はエピタキシャルメサ形の高速スイッチング用トランジスタを使用しているため、無負荷時における立ち上がり時間および立ち上がり遅延時間が4~7 ns、立ち下がり時間および立ち下がり遅延時間が9~12 nsとかなりの高速性を示している。

第11図(a)はNOR回路を3個用いて構成した分周回路である。分周回路は入力論理回路と2進計数器とからなり、入力論理回路出力をクロックパルスCPに同期して2分周する機能をもっている。第11図(b)は分周回路の動作波形を示したものである。第11図(a)の分周回路において、すべての入力を0としてクロックパルスCPのみを分周させ、クロックパルスの繰返し周波数を変えて2進計数器のトリガ感度を求めた結果を第12図に示す。この結果、本装置でのクロック周波数が12,288 Mc/sであるところから十分安定な動作が期待できる。

(3) 回路構成

第13図は送信側タイミング回路のブロックダイヤである。回路は12,288 Mc/sのクロックパルス発生回路、2進9段(A~I)および3進1段(J~K)の計数器により構成される分周回路、ならびに出力論理回路L1, L2, L3, L4その他よりなっている。



第15図 監視系統図

第3表 障害表示の種類と検出方法

| 送 信 架 | | | | 受 信 架 | | | |
|-----------------|--------|---|----------|---------|--------|---|------------------|
| 種 類 | 記 号 | 色 | 検 出 方 法 | 種 類 | 記 号 | 色 | 検 出 方 法 |
| 装置総合 (相手局より) | COM | 黄 | 相手局よりの通数 | 装置総合 | COM | 赤 | |
| | COM-O | 赤 | | | | | |
| | COM-E | 赤 | | | | | |
| タイミング 障 害 | TIM-1 | 赤 | パルスの有無 | タイミング障害 | TIM-1 | 赤 | パルスの有無 |
| | TIM-2 | 赤 | | | | | |
| | TIM-3 | 赤 | | | | | |
| 電 源 | PWU | 赤 | 過電流 | 同期障害 | FR | 赤 | 誤同期検出 |
| 中継線障害 | LINE-1 | 白 | 相手局よりの通数 | 中継線障害 | LINE-1 | 白 | 入力パルス断および誤符号チェック |
| | LINE-9 | 白 | | | | | |
| 予備線使用中 | S-OP | 白 | | 予備線使用中 | S-OP | 白 | |

回路の動作はまず12,288 Mc/sのクロックパルスを2進9段および3進1段の計数器により8 kc/sまで分周する。次に初段から3段目までの計数器(A~C)の各出力をL1において論理操作することにより8相のビットパルスB1~B8(周期0.65 μs, パルス幅30 ns)を得ている。さらに出力論理回路L2, L3, L4においてチャンネルパルスの幅を求めるためのパルスPとDからKまでの計数器各段の出力を論理操作することにより192相のチャンネルパルスS1~S192(周期125 μs, パルス幅0.24 μs)を得る。ここで論理部分を三つのブロックに分けているのは、基本回路のファンアウトなども考慮して所要の論理素子数を最少にするためである。なお受信側タイミング回路はクロックパルス発生回路に主発振器をもたないこと、同期引込みのための回路が付加されていることの2点を除けば送信側と同様である。

以上述べたタイミング回路全体での総合動作特性のうち、安定度特性についてみると、電源電圧変動±5%および周囲温度変動0°C~+55°Cに対して十分安定な特性を示している。

2.4.5 フレーム同期回路

フレーム同期回路に要求される条件としては(i)同期引込み速度が速いこと、(ii)同期状態で十分安定であること、(iii)回路構成が簡単で経済的であることなどがあげられる。これらの条件を満たすために各種の方式が検討されているが、一般に符号誤り集中応答方式により誤同期を検出し、1ビットシフト方式により同期引込みを行なう方式が採用されている。本装置では多重度が

高く、1フレーム内のビット数が多いこと、線路自動切換を行なうことなどの特殊性を考慮してCH191, CH192を同期チャンネルとし、すべてのビットが0の信号を同期パターンとして、2回誤同期確認によるスタート方式を採用している。第14図は受信端局における同期回路の構成図である。回路の動作は8本の中継線 $L_1 \sim L_8$ により分配伝送された同期パターンを同期パターン検出回路で検出し、2回誤同期確認回路で検出パルスDPと、受信タイミング回路で発生した同期パルスFRとの一致をとり、2フレーム連続して一致がとれなかった場合は誤同期と判定して、次の同期パターンにより受信タイミング回路の分周回路を所定の状態にセットし同期引込みを行なう。したがって同期状態で2フレーム連続して同期パターンに誤りを生じ、しかも次のフレーム内の他のチャンネルに同期パターンと同じパターンが生じた場合は誤同期に引き込まれるが、中継線の誤符号率を $P=10^{-6}$ とした場合2フレーム連続して同期パターンに誤りを生ずる確率は $1 - \{(1-P)^{16}\}^2 \doteq 32P = 32 \times 10^{-6}$ であり、かつ中継器のタイミング情報の補償のため通話チャンネルでは8ビットすべてが0となるコードを抑制しているため同期パターンと同じパターンが生起する確率はきわめて小さく、同期状態で十分安定な特性を示している。また誤同期にはいった場合の同期引込み時間は平均250 μ s(2フレーム)である。

2.5 監視保守方式

近距離PCM方式は従来の装荷音声ケーブルに代わる方式であり、高い信頼度と、高級な測定器や保守技術を要しないことが要求される。また本装置のように多重度が高くなると、障害時に回線系に及ぼす影響は相当大きいと考えられるので、監視する箇所の適切化と経済的かつ信頼度の高い監視方式が必要である。これらの点を考慮して、本装置では通信系を端局と中継系に分け、装置各部の信頼度の目安としてMTBF(平均無故障時間)を算出し、障害時のユニット交換時間、その他の保守時間を考慮して信頼度配分を行ない、各部に適切な監視回路を設けた。これにより折り返し電けんとランプ表示の組み合わせのみにより、特にPCMの知識がなくても、短時間に数ユニット以内に障害箇所をつきとめ得る方式としてある。本装置の監視方式は端局監視と中継線監視に大別される。

2.5.1 端局監視

端局装置は第15図の系統図に示すように、特定のチャンネルを用いた装置総合の監視と、タイミング部フレーム同期、電源などの共通部を独立に監視する。監視回路が障害を検出すると自局に赤ランプを点灯し、相手局に通報し、黄ランプを点灯する。また同時にトランク共通装置に信号を出し回線のいっせい動作、いっせい復旧を防止する。第3表に監視の種類および検出方法を示す。

2.5.2 中継線監視切替

中継伝送路には192CH(8対分配)に対し1対の予備線路をおく。中継線の障害検出は各線路ごとに行ない、受信PCM入力の断および誤符号が一定時間継続すると表示をだし、障害線路を自動的に予備線路に切り替える。障害中継線の探索は障害位置測定器により端末より行なわれる。なお切替動作が終了すると、予備線路使用中の表示を送受でだす。また自動切替動作は手動でもチェックできるようにしている。

2.6 主要特性

本装置の主要特性として第16図に量子化雑音特性の一例を示す。無通話雑音については、平均値65dB、遠端漏話については平均値68dBが得られた。

3. 再生中継装置

3.1 概要

PCM通信方式の最大の特長である再生中継は既設の局間無装荷音声ケーブルのように、高周波における漏話特性および局隣接中継区間での局雑音などの伝送条件の悪い線路を使用するにもかかわらず、その中継距離によらずに、伝送品質がすべての通話路について高水準で一定になる。これは従来のアナログ伝送方式では考えられなかった特長である。しかしこのことを達成するためには、再生中継器の方式設計に多くの条件が要求される。その中のおもなものをあげると、

- (1) 使用伝送路は市内外局間音声紙ケーブルで、種類は0.5mm ϕ , 0.65mm ϕ , 0.9mm ϕ の3種。
- (2) 分配伝送方式であるために、遅延差のある多くの伝送線路のうち、8本の伝送線路に同時に並列にパルスを送り送せるときのパルス到着時間のバラツキの問題。
- (3) 再生中継器の特性を決定する要因である妨害雑音は、すでに述べたように、音声ケーブルの高周波における漏話特性と、局隣接中継区間でのダイヤルインパルスなどの局雑音である。しかしこの雑音の影響は、その伝送系がONE-CABLE系またはTWO-CABLE系かによって異なり、また、その同一ケーブル内でもPCM化された対数およびその符号形態によっても異なる。したがって、このような種々の実情に即した設計をしなければならない。
- (4) 中継間隔は、ケーブルが地下に埋設されている場合は、マンホール間隔によってきめられる。
- (5) 中継器への電源供給は、局から重心回線で供給されるために、その消費電力はできるだけ少なくななければならない。
- (6) 中継器の設置場所は地下または架空となり、非常に過酷な自然条件のもとで安定に動作するとともに、監視が隣局から容易に行なわれなければならない。

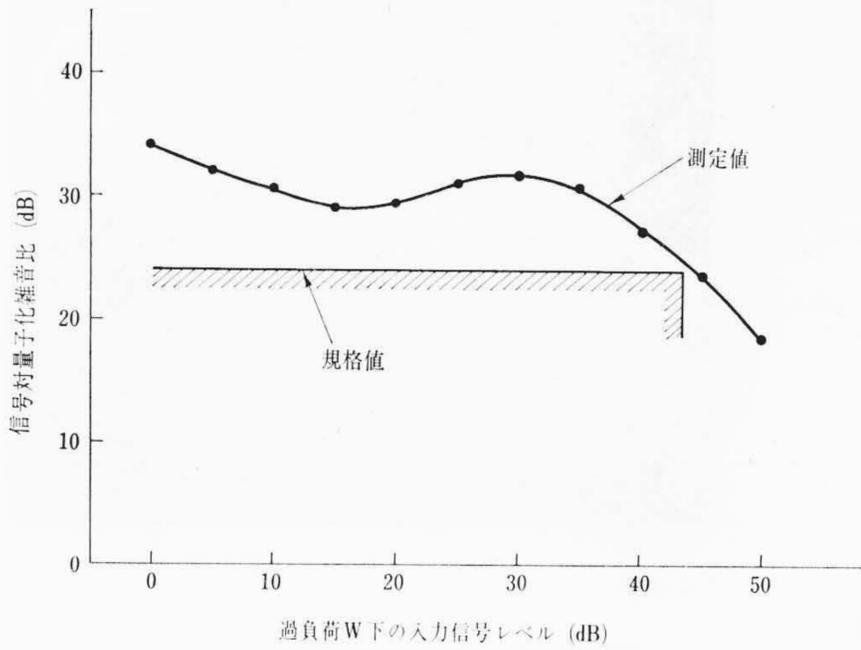
3.2 方式および主要規格

上記の諸条件を考慮して下記の方式を採用した。

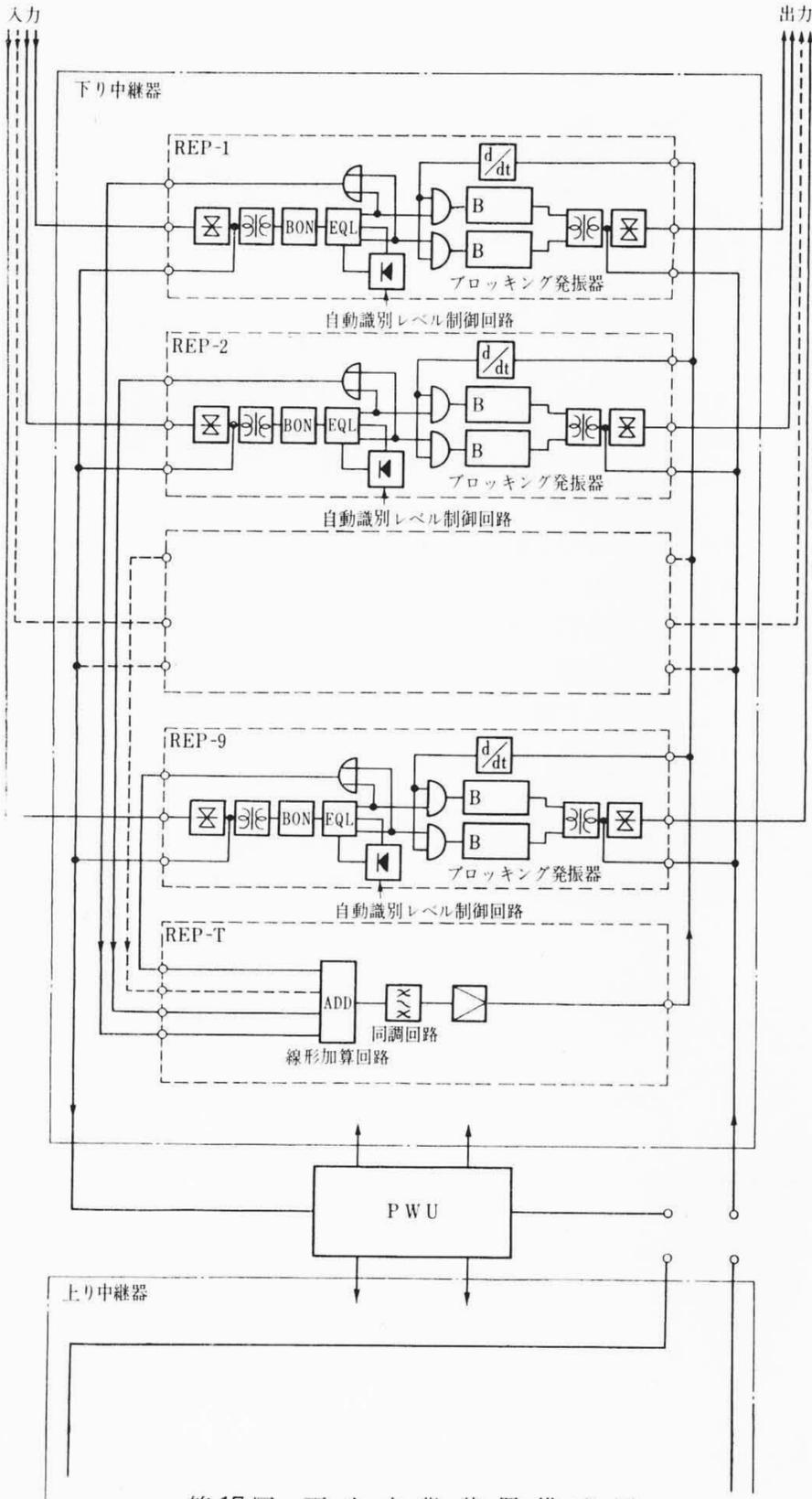
- (1) 高周波における漏話および中継器の入出力変成器などの低周波遮断による符号間干渉の低減を目的とした、バイポーラパルスを用いた入力駆動完全自己再生形中継方式とした。
- (2) 線路のバラツキの問題を軽減するために、192通話路を1システムとして構成し、その線路のバラツキの平均値を自動的に検出し、各中継点でこれを精算するいわゆる共通タイミング方式とした。
- (3) 再生中継器の主要規格は第4表に示すとおりである。

3.3 回路構成

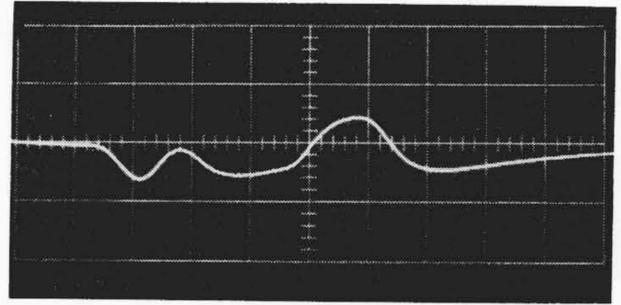
試作中継器の構成を第17図に示す。擬似線路(BON)は標準中継距離より、実際の中継距離がずれた場合に、その差を補正するためにそう入される。等化増幅器は線路でひずんできたパルス(第18図)を最大限に識別できるように波形を整形する機能を持ち、等化波が対称になるように、等化特性をガウス特性に近似させる。このために前置中継器の出力に非直線等化などの操作をさせずに対称な波形が得られる(第19図)。自動識別制御回路はケーブルの温度変動、その他による入力レベル変動に対して、振幅方向の識別レベルが常に入力信号振幅の半分の点を保持するように動作する。タイミング抽出回路は入力符号列より、その繰返し周波数を抽出し、同時に各線路よりの符号列を線形加算することによって、その各線路の位相のバラツキの平均値を抽出する。次にこれをセット、リセットを同時にもつ細いサンプリングパルス(第20図)に変換して、入力符号を



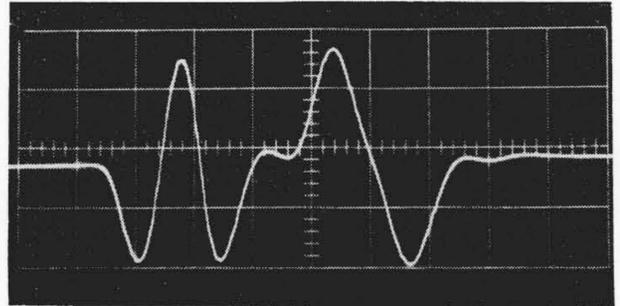
第16図 量子化雑音特性



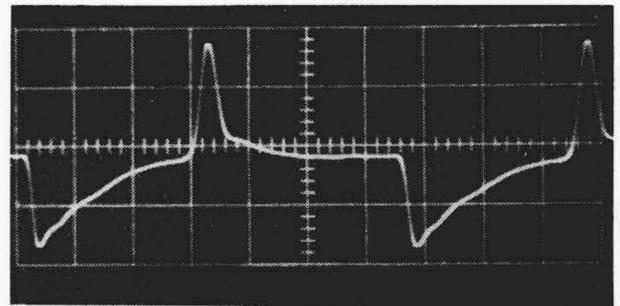
第17図 再生中継装置構成図



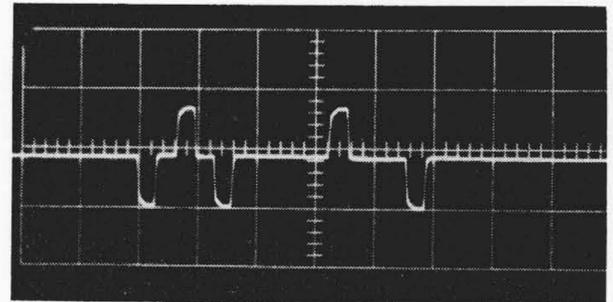
第18図 線路通過波形 (0.2 V, 1 μs/scale)



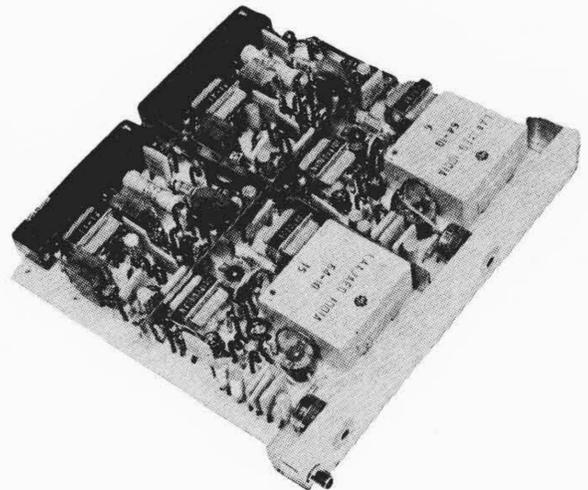
第19図 等化増幅器出力波形 (1 V, 1 μs/scale)



第20図 タイミング波形 (5 V, 0.1 μs/scale)



第21図 中継器出力波形 (4 V, 1 μs/scale)



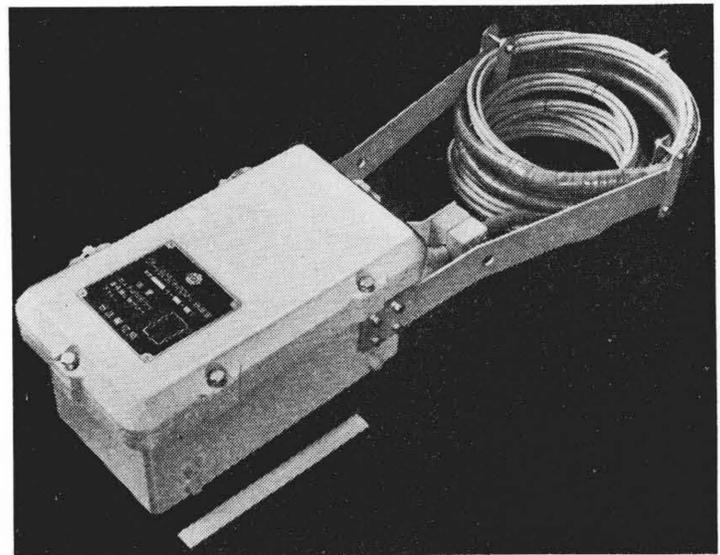
第22図 試作再生中継器シート

第4表 再生中継装置主要規格

| | |
|---------|-----------------------|
| 伝送波形 | バイポーラ 50% duty |
| ビット周波数 | 1.536 Mc/s |
| 標準中継距離 | 1.8 km (0.65 mm 紙の場合) |
| タイミング方式 | 入力駆動, 完全自己タイミング |
| 出力パルス振幅 | 3 Vp |
| 許容線路位相差 | $\pm 20^\circ$ |
| 消費電力 | 22 W/1 中継装置対 (192 ch) |

第5表 再生中継装置構造仕様

| | |
|----------|---|
| 設置場所 | マンホール, 柱上 (柱上設置時は白色のおおいをつける) |
| 形状 | 角形 (第23図参照) |
| 構造 | 水密構造 (内, 外部より 2 kg のガス圧に対して漏れない) ガスダム構造 (中継線中の窒素ガスが漏れこまない) |
| スタップケーブル | ユニット形 0.65 mm ϕ 紙絶縁鉛皮 |
| 温度条件 | $-30^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ |



第23図 試作再生中継装置

時間方向に識別する。出力回路は2台のブロッキング発振器で構成し, これを交互に動作させて, バイポーラパルス (第21図) を再生する。出力パルス幅は種々の変動に対して一定に保たねばならないために, ブロッキング発振器に強制的にリセットをかけて, パルス幅を制御している。電源回路は重心回線を用いた定電流供給により, 8個の現用中継器と1個の予備中継器に並列に供給している。監視回路は端末局よりバイポーラパルスの持つ特質を利用したパルスの組み合わせを送って, 中継器の劣化を検出し, さらに中継器の障害点を検知する方式を用いている。

3.4 構造

シート構造には第22図に示すように, 実績のある一般部品を用い, モジュール構造などは用いずに最適配置による高密度実装を試みた。しかし小形化が要求される性質上, さらに特殊実装による高密度実装方法を開発中である。

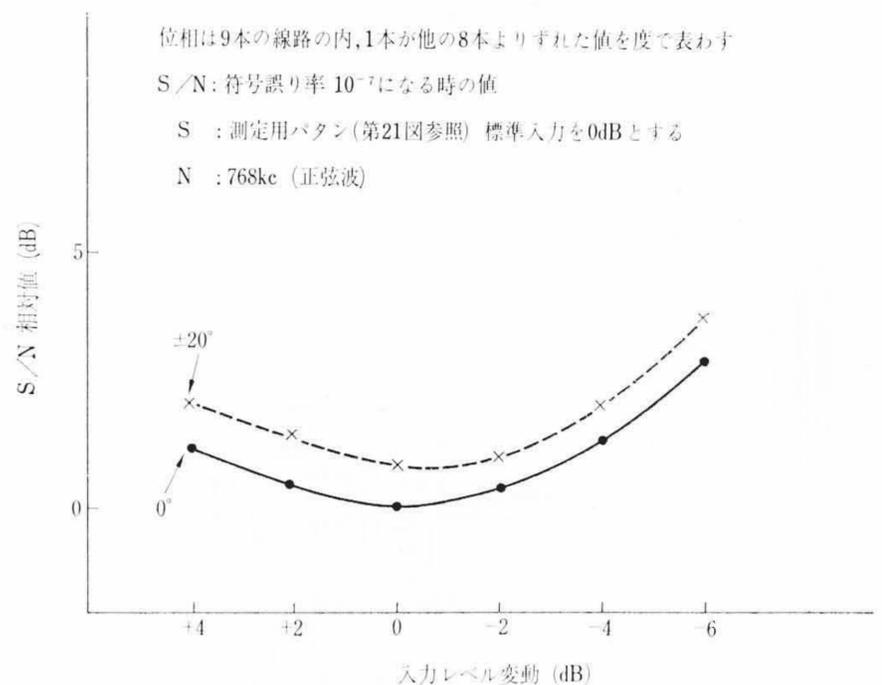
きょう体構造は中継器設置場所がマンホールまたは柱上であるために, きびしい外部条件に耐えるようにすることはもちろん, その設置場所および操作に対して考慮がはらわれなければならない。これらを十分に検討した結果, 第23図に示す構造を採用した。きょう体の仕様を第5表に示す。

3.5 主要特性

中継器の特性は, 符号誤り率によってきまる。第24図に符号誤り率を一定にした場合の入力レベル変動と許容 S/N の関係の一例を示す。

4. 結 言

以上述べたように, 装置自体は所期の目標性能を満足しているが, 実用化に当たってはすでに述べた局雑音, 伝送線路の位相特性, さ



第24図 線路遅延差および入力レベル変動による符号誤り特性

らに建設工事の手順などの問題が残されているので, 今後現場試験を行ない検討してゆく予定である。

また, 本装置では共通タイミング方式を採用したが, 対間の位相差の大きい線路には不適當なので, 別途端局補正方式を開発中である。今後, この端局補正方式の採用により, 性能, 信頼度の向上および保守運用面の要求を十分満足するような装置を試作する予定である。

終わりに本装置の設計, 製作に当たってご指導をいただいた関係各位に厚くお礼申し上げる次第である。