

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第 3 1 4 8 7 7 8 号

(P 3 1 4 8 7 7 8)

(45)発行日 平成13年3月26日(2001.3.26)

(24)登録日 平成13年1月12日(2001.1.12)

(51)Int. Cl.⁷ 識別記号

G 1 0 L 19/12

19/00

H 0 3 M 7/30

F I

G 1 0 L 9/14 S

H 0 3 M 7/30 B

G 1 0 L 9/18 E

請求項の数 5

(全 1 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-70534

(22)出願日 平成5年3月29日(1993.3.29)

(65)公開番号 特開平6-282298

(43)公開日 平成6年10月7日(1994.10.7)

審査請求日 平成7年10月13日(1995.10.13)

前置審査

(73)特許権者 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 片岡 章俊
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 守谷 健弘
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 林 伸二
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武

審査官 渡邊 聡

最終頁に続く

(54)【発明の名称】音声の符号化方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力音声信号を線形予測分析して線形予測係数を算出し、前記線形予測係数を量子化して合成フィルタ係数として設定し、前記線形予測係数に基づいて聴覚重み付けされた入力音声ベクトルからターゲット入力音声ベクトルを算出し、
複数のピッチ周期ベクトルが記憶された適応符号帳と、複数の雑音波形ベクトルが記憶された雑音符号帳とからそれぞれピッチ周期ベクトルと雑音波形ベクトルを選択して、
選択されたピッチ周期ベクトルと雑音波形ベクトルにそれぞれ利得を乗算したベクトルを加算して得られた駆動ベクトルでフレーム単位で合成フィルタを駆動する音声の符号化方法において、
過去のフレームにおける利得を乗算した雑音波形ベクトル

2

ルの強度に基づいて雑音波形ベクトルに与える予測利得を予測し、
ピッチ周期ベクトルに与える利得の要素と雑音波形ベクトルに与える利得の要素とを有する出力ベクトルを記憶し少なくとも2個以上のサブ利得符号帳に分割された利得符号帳から各サブ利得符号帳ごとに出力ベクトルを選択し、
前記選択された少なくとも2個以上の出力ベクトルにおけるピッチ周期ベクトルに与える利得の要素の和で前記ピッチ周期ベクトルに対する利得が表現され、前記選択された少なくとも2個以上の出力ベクトルにおける雑音波形ベクトルに与える利得の要素の和と前記予測利得の積で前記雑音波形ベクトルに対する利得が表現され、
前記ターゲット入力音声ベクトルと前記駆動ベクトルとの歪を最小にする出力ベクトルの組み合わせを探索し、

10

前記歪を最小にする出力ベクトルの符号の組み合わせを伝送することを特徴とする音声の符号化方法。

【請求項 2】 線形予測係数の量子化において、現在のフレームにおける候補パラメータベクトルを少なくとも 2 個の予測パラメータ符号帳からそれぞれ選択される各サブパラメータベクトルの和によって表し、前記選択された各サブパラメータベクトルの和によって得られた現フレームの候補パラメータベクトルが安定か否かを判断し、安定でない場合には前記現フレームの候補パラメータベクトルを安定となるように変換する処理と、
現在のフレームにおける候補パラメータベクトルと以前のフレームにおいて用いられた候補パラメータベクトルとの加重平均を量子化パラメータベクトルとして求める処理と、
前記量子化パラメータベクトルと前記予測係数との歪が最小になるような前記各サブパラメータベクトルを各々前記予測パラメータ符号帳から選択する処理と、を有し前記選択された各サブパラメータベクトルの符号を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の音声の符号化方法。

【請求項 3】 前記適応符号帳および前記雑音符号帳から前記ピッチ周期ベクトルおよび前記雑音波形ベクトルをそれぞれ選択する際に、前記入力音声信号ベクトルと、前記ピッチ周期ベクトルおよび前記雑音波形ベクトルとの相関値をそれぞれ算出する処理を有し、大きい相関値を与えるピッチ周期ベクトル及び雑音波形ベクトルをそれぞれ選択候補とすることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の音声の符号化方法。

【請求項 4】 前記雑音符号帳が少なくとも 2 個のサブ雑音符号帳から構成され、前記各サブ雑音符号帳は少なくとも 2 個の励振ベクトルを記憶し、前記雑音波形ベクトルを前記各サブ雑音符号帳から選択された励振ベクトルの和で表現する処理を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の音声の符号化方法。

【請求項 5】 前記少なくとも 2 個の予測パラメータ符号帳は、
複数のサブパラメータベクトルを記憶する第 1 段予測パラメータ符号帳と低次のサブパラメータベクトルを記憶する第 2 段低次予測パラメータ符号帳と、高次のサブパラメータベクトルを記録する第 2 段高次予測パラメータ符号帳からなり、
前記候補パラメータベクトルを各サブパラメータの和で表す際、
第 1 段予測パラメータ符号帳から選択されたパラメータベクトル低次の要素と第 2 段予測パラメータ符号帳から選択された低次のサブパラメータベクトルを加算し、
第 2 段予測パラメータ符号帳から選択されたパラメータベクトル低次の要素と第 2 段予測パラメータ符号帳から選択された高次のサブパラメータベクトルを加算、

することを特徴とする請求項 2 に記載の音声の符号化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、自動車電話等のデジタル移動通信などに用いられ、音声を高効率に符号化する音声の符号化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、デジタル移動通信などの技術分野においては、電波を有効利用するなどの目的で、種々の高効率符号化方法が用いられている。これらの高効率符号化方法のうち、8 k b i t / s 程度の符号化速度で音声を符号化する高効率符号化方法としては、符号駆動型線形予測 (C E L P) 符号化方法やベクトル加算駆動型線形予測 (V S E L P) 符号化方法、あるいはマルチパス符号化方法等がある。

【0003】図 16 は、従来の C E L P 符号化方法を用いた音声の符号化装置の構成例を表すブロック図である。アナログの音声信号がサンプリング周波数 8 k H z でサンプリングされて生成された入力音声データが入力端子 1 から入力される。予測係数決定部 2 において、入力端子 1 から入力された入力音声データの複数のサンプルが 1 フレームとして 1 つのベクトルにまとめられ (以下、入力音声ベクトルという)、この入力音声ベクトルについて線形予測分析がなされ、伝達関数 $\{ 1 / A (z) \}$ を有する合成フィルタ 3 の予測係数 (線形予測符号化 (L P C) 係数、または線スペクトル対 (L S P) 係数) が計算され、決定される。これにより、予測係数量子化部 4 において、予測係数が量子化され、合成フィルタ 3 に設定される。

【0004】適応符号帳 5 は、音声の有声区間のピッチ周期に対応した複数のピッチ周期ベクトルが記憶されるように構成されている。この適応符号帳 5 から、後述する歪パワー計算部 1 2 によって選択され、取り出されたピッチ周期ベクトルに、利得部 6 において、同じく歪パワー計算部 1 2 によって設定された利得が乗算され、利得部 6 から出力される。

【0005】いっぽう、雑音符号帳 7 には、音声の無声区間に対応した複数の雑音波形ベクトル (たとえば、乱数ベクトル) があらかじめ記憶されている。この雑音符号帳 7 から、後述する歪パワー計算部 1 2 によって選択され、取り出された雑音波形ベクトルに、利得部 8 において、歪パワー計算部 1 2 によって設定された利得が乗算され、利得部 8 から出力される。そして、利得部 6 の出力ベクトルと、利得部 8 の出力ベクトルとが加算器 9 において加算され、加算器 9 の出力ベクトルが合成フィルタ 3 に駆動ベクトルとして供給され、合成フィルタ 3 において、設定された予測係数に基づいて音声ベクトル (以下、合成音声ベクトルという) が合成される。

【0006】また、パワー量子化部 10 において、入力

5

音声ベクトルのパワーが計算された後、そのパワーが量子化され、これにより、量子化された入力音声ベクトルのパワーが用いられて入力音声ベクトルとピッチ周期ベクトルとが正規化される。そして、減算器 11 において、正規化され、パワー量子化部 10 から出力された入力音声ベクトルから合成音声ベクトルが減算されて、歪データが求められる。

【0007】次に、歪パワー計算部 12 は、歪データのパワーを計算し、この歪データのパワーが最も小さくなるように、適応符号帳 5 および雑音符号帳 7 それぞれからピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルをそれぞれ選択するとともに、利得部 6 および 8 のそれぞれの利得を設定する。これにより、符号出力部 13 において、予測係数、入力音声ベクトルのパワー、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルそれぞれに対して選択された情報（コード）と利得などがビット系列の符号に変換されて出力され、これらの符号が伝送される。

【0008】いっぽう、従来の V S L E P 符号化方法は、上述した C E L P 符号化方法とほぼ同様であるが、C E L P 符号化方法のように、選択されたピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルにそれぞれ別々の利得を乗算するのではなく、量子化効率を上げるためにベクトル量子化方法を用いて、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルにそれぞれ乗算する利得を同時に決定して利得部 6 および 8 に設定している。

【0009】なお、C E L P 符号化方法の詳細については、たとえば、M.R.SchroederとB.S.Atalとが著した"Code-Excited Linear Prediction(CELP) : High-quality Speech at Very Low Rates" (Proc. ICASSP '85, 25.1.1, pp. 937-940, 1985)を、V S E L P 符号化方法の詳細については、たとえば、I.A.GersonとM.A.Jasiukとが著した"Vector Sum Excited Linear Prediction (VSELP) Speech Coding at 8kps" (Proc. ICASSP '90, S9.3, p. 461-464, 1990)を、マルチパス符号化方法の詳細については、たとえば、小澤一範と荒関卓とが著した"ピッチ情報を用いた 9.6 - 4.8 kbit/s マルチパス音声符号化方式" (信学誌(D-11), J72-D-11, 8, pp. 1125-1132, 1989)をそれぞれ参照されたい。

【0010】また、予測係数と入力音声ベクトルのパワーとに対して後方予測方法を用いることにより、予測係数の符号と入力音声ベクトルのパワーの符号とを伝送する必要のない高効率符号化方法として、16 kbit/s の符号化速度で音声を符号化する低遅延符号駆動型線形予測(LD-CELP)符号化方法がある。図17は、従来のLD-CELP符号化方法を用いた音声の符号化装置の構成例を表すブロック図である。この図において、図16の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。

【0011】予測係数決定部 14 においては、入力端子 50

6

1 から入力された、現在量子化しようとしているフレーム内の入力音声データについて線形予測分析がなされて合成フィルタ3の予測係数が計算されるのではなく、過去に処理された合成フィルタ3の出力ベクトルについて、音声のピッチの周期性も含めた50次の高次線形予測分析がなされて合成フィルタ3の予測係数が計算され、決定される。これにより、決定された予測係数が合成フィルタ3に設定される。

【0012】同様に、この音声の符号化装置においては、図16に示す音声の符号化装置のように、パワー量子化部10において、現在量子化しようとしているフレーム内の入力音声データのパワーが計算された後、そのパワーが量子化されるのではなく、予測利得決定部15において、過去に処理された利得部8の出力ベクトルのパワーについて線形予測分析がなされ、現在のフレームの処理において選択された雑音波形ベクトルに与えるパワー（すなわち、予測利得）が計算されて決定され、予測利得部16に設定される。

【0013】したがって、雑音符号帳7から、歪パワー計算部12によって選択され、取り出された雑音波形ベクトルに、予測利得部16において、予測利得決定部15によって設定された予測利得が乗算された後、利得部8において、歪パワー計算部12によって設定された利得が乗算され、利得部8から出力される。そして、利得部8の出力ベクトルが合成フィルタ3に駆動ベクトルとして供給され、合成フィルタ3において、設定された予測係数に基づいて合成音声ベクトルが合成される。

【0014】次に、減算器11において、入力音声ベクトルから合成音声ベクトルが減算されて、歪データが求められる。これにより、歪パワー計算部12は、歪データのパワーを計算し、この歪データのパワーが最も小さくなるように、雑音符号帳7から雑音波形ベクトルを選択するとともに、利得部8の利得を設定する。これにより、符号出力部13において、雑音波形ベクトルに対して選択されたコードと利得などがビット系列の符号に変換されて出力され、これらの符号が伝送される。

【0015】以上説明したように、従来のLD-CELP符号化方法においては、音声の符号化装置と音声の復号化装置との双方で過去に処理された合成音声ベクトルを共通に利用することができるので、予測係数と入力音声ベクトルのパワーとを伝送する必要がない。なお、LD-CELP符号化方法の詳細については、J.Chenが著した"High Quality 16kb/s Speech Coding with a One-Way Delay Less Than 2 ms" (Proc. ICASSP '90, 33. S9.1, 1990)を参照されたい。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の音声の符号化方法のうち、CELP符号化方法においては、現在量子化しようとしているフレーム内の入力音声データについてのみ線形予測分析がなされて合成フ

フィルタ 3 の予測係数が計算され、その予測係数が量子化されているので、伝送先において良い品質の復号化された音声（以下、復号音声という）を得るためには、予測係数量子化のためのビット数が多く必要となるという欠点があった。

【0017】また、入力音声ベクトルのパワーを量子化し、量子化された入力音声ベクトルのパワーに対して選択されたコードを符号として伝送しているため、この符号が伝送路で誤った場合には、復号音声の無音区間で突然音声が発生したり、逆に突然音声の途切れたりして、復号音声の品質が著しく劣化してしまうという問題があった。また、入力音声ベクトルのパワーを限られたビット数で量子化しているため、入力音声ベクトルの振幅が小さい場合には、量子化雑音が増加してしまうという欠点があった。

【0018】さらに、雑音波形ベクトルを 1 つの雑音符号帳 7 に記憶された 1 つの雑音波形ベクトルによって表現し、その雑音波形ベクトルに対して選択されたコードを符号として伝送しているため、この符号が伝送路で誤った場合には、伝送先の音声の復号化装置において、まったく異なる雑音波形ベクトルが用いられることになり、この場合にも、復号音声の品質が著しく劣化してしまう。

【0019】また、雑音符号帳に記憶される雑音波形ベクトルは、通常、実際の音声データが多数記憶された音声データベースを用いて実際の音声データにマッチするように学習を行って求めるが、雑音波形ベクトルを 1 つの雑音符号帳 7 の 1 つの雑音波形ベクトルによって表現した場合には、多くの記憶容量が必要となり、符号帳サイズが大きくなってしまふ。したがって、上述した学習が行えず、雑音波形ベクトルが実際の音声データとうまくマッチしないという欠点がある。

【0020】また、上述した従来の V S L E P 符号化方法においては、同時に設定された、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルに乗算すべき利得の符号が伝送路で誤った場合には、伝送先の音声の復号化装置において、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルにまったく異なる利得が乗算されることになり、この場合にも、復号音声の品質が著しく劣化してしまう。

【0021】さらに、上述した従来の C E L P 符号化方法や V S L E P 符号化方法などにおいては、歪データのパワーが最も小さくなるようなピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルを適応符号帳 5 および雑音符号帳 7 から選択している。しかしながら、最適なピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルを選択するためには、パワーが量子化された入力音声ベクトルを X とし、適応符号帳 5 または雑音符号帳 7 から選択されたピッチ周期ベクトルまたは雑音波形ベクトルを V_j ($j = 1 \sim N$; N は符号帳サイズ) とし、利得部 6 または 8 に設定される利得を g とし、合成フィルタ 3 および図示せぬ聴覚重み

付けフィルタを 1 個の F I R フィルタによって表した場合の F I R フィルタの係数であるインパルスレスポンス係数を H とし、歪データを d とした場合、歪パワー計算部 12 において、構成要素 3, 5 ~ 9, 11 および 12 によって構成されるクローズドループにおける (1) 式によって表される歪データ d のパワーの計算を、適応符号帳 5 および雑音符号帳 7 にそれぞれ記憶されたすべてのピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルについて行わなければならない、膨大な演算量が必要となるという問題があった。

$$d = |X - gHV_j|^2 \cdot \dots (1)$$

【0022】いっぽう、上述した従来の L D - C E L P 符号化方法においては、合成フィルタ 3 の予測係数を計算する際、過去に処理された合成音声ベクトルについてのみ線形予測分析する後方予測方法を用いているので、上述した C E L P 符号化方法や V S L E P 符号化方法において用いられている前方予測方法に比べて、予測誤差が大きい。このため、8 k b i t / s 程度の符号化速度では急激に波形歪が増大し、復号音声の品質が著しく劣化してしまう。この発明は、このような背景の下になされたもので、伝送路において誤りが発生した場合でも、その影響をあまり受けずに、遅い符号化速度で音声の高品質な符号化および復号化ができる音声の符号化方法を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】この発明は、入力音声信号を線形予測分析して線形予測係数を算出し、前記線形予測係数を量子化して合成フィルタ係数として設定し、前記線形予測係数に基づいて聴覚重み付けされた入力音声ベクトルからターゲット入力音声ベクトルを算出し、複数のピッチ周期ベクトルが記憶された適応符号帳と、複数の雑音波形ベクトルが記憶された雑音符号帳とからそれぞれピッチ周期ベクトルと雑音波形ベクトルを選択して、選択されたピッチ周期ベクトルと雑音波形ベクトルにそれぞれ利得を乗算したベクトルを加算して得られた駆動ベクトルでフレーム単位で合成フィルタを駆動する音声の符号化方法において、過去のフレームにおける利得を乗算した雑音波形ベクトルの強度に基づいて雑音波形ベクトルに与える予測利得を予測し、ピッチ周期ベクトルに与える利得の要素と雑音波形ベクトルに与える利得の要素とを有する出力ベクトルを記憶し少なくとも 2 個以上のサブ利得符号帳に分割された利得符号帳から各サブ利得符号帳ごとに出力ベクトルを選択し、前記選択された少なくとも 2 個以上の出力ベクトルにおけるピッチ周期ベクトルに与える利得の要素の和で前記ピッチ周期ベクトルに対する利得が表現され、前記選択された少なくとも 2 個以上の出力ベクトルにおける雑音波形ベクトルに与える利得の要素の和と前記予測利得の積で前記雑音波形ベクトルに対する利得が表現され、前記ターゲット入力音声ベクトルと前記駆動ベクトルとの歪を最

小にする出力ベクトルの組み合わせを探索し、前記歪を最小にする出力ベクトルの符号の組み合わせを伝送することを特徴とする。

【0024】

【作用】上記方法によれば、伝送路において誤りが発生した場合でも、その影響をあまり受けずに、遅い符号化速度で音声の高品質な符号化および復号化ができる。

【0025】

【実施例】以下、図面を参照して、この発明の実施例について説明する。図1はこの発明の一実施例による音声の符号化方法を用いた符号化装置の概略構成を表すブロック図であり、この図において、図16および図17の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。予測係数決定部2において、入力端子1から入力された複数サンプルの入力音声データについて線形予測分析がなされ、合成フィルタ3の予測係数が計算され、決定される。これにより、予測係数量子化部4において、予測係数が量子化され、合成フィルタ3に設定される。

【0026】いっぽう、適応符号帳17および雑音符号帳18からは、歪パワー計算部12によってそれぞれ選択されたピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルがそれぞれ取り出され、雑音波形ベクトルは、予測利得部16において、予測利得決定部15によって設定された予測利得が乗算される。予測利得決定部15においては、現在のフレームの処理における利得器19の利得部19bの出力ベクトルのパワーと、過去に処理され、記憶されている利得部19bの出力ベクトルのパワーとに基づいて線形予測分析がなされ、次のフレームにおいて選択される雑音波形ベクトルに与えるパワー（すなわち、予測利得）が計算されて決定され、予測利得部16に設定される。

【0027】そして、選択されたピッチ周期ベクトルおよび予測利得部16の出力ベクトルは、歪パワー計算部12によって同時に決定され、利得器19の利得部19aおよび19bに設定された利得が、利得部19aおよび19bにおいて乗算されて出力される。これにより、利得部19aの出力ベクトルと、利得部19bの出力ベクトルとが加算器9において加算され、加算器9の出力ベクトルが合成フィルタ3に駆動ベクトルとして供給され、合成フィルタ3において、合成音声ベクトルが合成*

$$S = B \times \tan^{-1} \{ (|X_{vi}| - n_u) / B \} \dots (4)$$

ここで、Bおよび n_u はそれぞれ定数（たとえば、 $B = 16384$ ， $n_u = 2516$ ）である。なお、上述したソフトリミット部22における処理は、入力音声ベクトル X_{vi} の絶対値がしきい値Lを越えた場合のみに行われるので、通常、すなわち、入力音声ベクトルが適正な値の範囲内に入っている場合には、入力音声ベクトルに対してなんらの影響も与えない。

【0031】ソフトリミット部22から出力された現在

*される。

【0028】次に、減算器11において、入力音声ベクトルから合成音声ベクトルが減算されて、歪データが求められ、この歪データが聴覚重み付けフィルタ20において人間の聴覚の特性に対応した係数によって重み付けされた後、歪パワー計算部12において、聴覚重み付けフィルタ20から出力された歪データのパワーが計算され、この歪データのパワーが最も小さくなるように、適応符号帳17および雑音符号帳18それぞれからピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルがそれぞれ選択されるとともに、利得部19aおよび19bのそれぞれの利得が設定される。これにより、符号出力部13において、予測係数、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルそれぞれに対して選択されたコードと利得などがビット系列の符号に変換され、必要に応じて誤り訂正符号が付加されて伝送される。

【0029】次に、図2にこの発明の一実施例による音声の符号化方法を用いた符号化装置のより詳細な構成を表すブロック図を示す。この図において、図1の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。アナログの音声信号がサンプリング周波数8kHzでサンプリングされて生成された入力音声データは、入力端子1から入力され、80サンプルを1フレームとして1つのベクトルにまとめられ、入力音声ベクトルとしてバッファ21に蓄積される。フレームは、さらに、40サンプルを単位とする2つのサブフレームに分割される。これ以降の処理は、フレーム単位、またはサブフレーム単位で行われる。

【0030】バッファ21から出力された入力音声ベクトルは、ソフトリミット部22において、フレーム単位でその振幅がチェックされ、入力音声ベクトルの振幅の絶対値があらかじめ設定されたしきい値Lより大きい場合、すなわち、入力音声ベクトルを X_{vi} とした時、 $|X_{vi}| > L$ である場合には、(2)または(3)式により入力音声ベクトルが圧縮され、音声ベクトル X_{vo} としてBR>出力される。 $X_{vi} > 0$ の場合には、

$$X_{vo} = n_u + S \dots (2)$$

$X_{vi} < 0$ の場合には、

$$X_{vo} = -n_u - S \dots (3)$$

ただし、

処理すべきフレーム（以下、現フレームという）の入力音声ベクトル（80サンプルの入力音声データ）と、過去に処理された176サンプル分の入力音声データとを含めた計256サンプルの入力音声データについて、LPC分析部23において、線形予測分析がなされてLPC係数が計算され、決定される。線形予測分析には、自己相関法、共分散法、またはラティス法など有効な方法であれば、いずれの方法を用いてもよい。この実施例に

10

20

30

40

50

おいては、自己相関法を用いる。また、線形予測分析には、図 3 に示す形を有する分析窓を用い、分析次数を 10 次元とする。さらに、この線形予測分析には、(5) 式に示す伝達関数 $A(z)$ を用いるものとする。

【数 1】

$$A(z) = 1 - \sum_{i=1}^{10} a_i z^{-i} \dots (5)$$

したがって、LPC 分析部 23 において、10 次の LPC 係数 a_i ($i = 1 \sim 10$) が計算され、決定される。

【0032】LPC 分析部 23 において決定された LPC 係数 a_i は、LPC 係数量子化部 24 において、LSP パラメータに変換された後、量子化され、さらに、量子化された LSP パラメータは、LPC 係数に変換される。この一連の処理によって得られた LPC 係数は、量子化されている。LSP パラメータの量子化に用いられたコードは、符号出力部 13 においてビット系列に変換された後、音声の復号化装置に伝送される。LPC 係数 a_i は、たとえば、ニュートンラプソン法により LSP パラメータに変換される。この実施例においては、LSP

パラメータの次数は、LPC 係数と同一の 10 次である。

【0033】LSP パラメータの量子化は、フレーム長が 10 msec と短く、各フレーム間の相関が高いため、これを利用して多段ベクトル量子化方法を用いて行う。ここで、図 4 に LPC 係数量子化部 24 内に設けられたベクトル量子化部の構成を表すブロック図を示す。現フレームより 1 つ前のフレームの処理において LSP 符号帳 25 から取り出された LSP 符号ベクトル V_{k-1} (k はフレーム番号) は、乗算器 26 および 27 において、それぞれ乗算係数 $(1 - g_1)$ および $(1 - g_2)$ が乗算された後、切換スイッチ 28 の入力端子 T_a および T_b に供給される。なお、符号 g_1 および g_2 は、加重平均の比率の定数である。切換スイッチ 28 は、歪計算部 29 による歪計算結果に応じて切り換えられるようになっており、乗算器 26、あるいは 27 のいずれかの出力ベクトルが選択されて共通端子 T_c を介して加算器 30 の一方の入力端に供給される。

【0034】いっぽう、現フレームの処理において LSP 符号帳 25 から取り出された LSP 符号ベクトル V_k は、切換スイッチ 31 のそれぞれの入力端子に供給される。この切換スイッチ 31 は、切換スイッチ 28 と同様に、歪計算部 29 による歪計算結果に応じて切り換えられるようになっており、選択された LSP 符号ベクトル V_k は、乗算器 32 および 33 において、それぞれ乗算係数 g_1 および g_2 が乗算された後、切換スイッチ 34 の入力端子 T_a および T_b に供給される。切換スイッチ 34 は、切換スイッチ 28 および 31 と同様に、歪計算部 29 による歪計算結果に応じて切り換えられるようになっており、乗算器 32、あるいは 33 のいずれかの出力ベ

クトルが選択されて共通端子 T_c を介して加算器 30 の他方の入力端に供給される。

【0035】これにより、加算器 30 において、切換スイッチ 28 および 34 のそれぞれの出力ベクトルが加算され、目的とする量子化された、フレーム番号 k の LSP パラメータベクトル v_k が出力される。すなわち、この量子化された LSP パラメータベクトル v_k は、(6) 式によって表される。

$$v_k = (1 - g_m) v_{k-1} + g_m v_k \dots (6)$$

(6) 式において、 m は 1、あるいは 2 である。

【0036】そして、歪計算部 29 において、量子化する前のフレーム番号 k の LSP パラメータベクトル v_k と、量子化されたフレーム番号 k の LSP パラメータベクトル v_k との歪データが計算され、この歪データが最も小さくなるように、切換スイッチ 28 および 34 が切り換えられる。これにより、歪計算部 29 からは、選択された LSP 符号ベクトル V_k のコードが符号 S_1 として出力されるとともに、乗算器 26、27 および乗算器 32、33 のそれぞれどちらの出力ベクトルを用いるかを示す選択情報 S_2 が出力される。

【0037】なお、LSP 符号ベクトル V_k は、LSP 符号帳 25 の記憶容量を削減するために、2 段のベクトルの和によって表現する。この実施例においては、LSP パラメータの次数は、上述したように、LPC 係数と同一の 10 次である。したがって、LSP 符号帳 25 は、10 次元のベクトル E_{1n} が複数記憶された第 1 段 LSP 符号帳 25_a と、低次と高次との 2 つに分けられたそれぞれ 5 次元のベクトルが複数記憶された第 2 段低次 LSP 符号帳 25_{b1} および第 2 段高次 LSP 符号帳 25_{b2} とからなる第 2 段 LSP 符号帳 25_b とによって構成される。そして、LSP 符号ベクトル V_k は、(7) および (8) 式によって表される。 $f < 5$ の場合は、

$$V_k = E_{1n} + E_{2f}^L \dots (7)$$

$f = 5$ の場合は、

$$V_k = E_{1n} + E_{2f}^H \dots (8)$$

ここで、 E_{1n} は第 1 段 LSP 符号帳 25_a の出力ベクトルであり、 $n=1 \sim 128$ である。すなわち、第 1 段 LSP 符号帳 25_a には 128 個の出力ベクトル E_{1n} が記憶されている。また、 E_{2f}^L は第 2 段低次 LSP 符号帳 25_{b1} の出力ベクトル、 E_{2f}^H は第 2 段高次 LSP 符号帳 25_{b2} の出力ベクトルである。

【0038】次に、ベクトル量子化部の動作を図 5 に示すフローチャートを参照して説明する。ステップ SP1 では、歪計算部 29 は、切換スイッチ 31 を適宜切り換えることにより、第 1 段 LSP 符号帳 25_a から LSP パラメータベクトル v_k に近い出力ベクトル E_{1n} を数個選択した後、ステップ SP2 へ進む。ステップ SP2 では、歪計算部 29 は、選択した出力ベクトル E_{1n} の低次および高次それぞれに、切換スイッチ 31 を適宜切り換えることにより、第 2 段 LSP 符号帳 23_b の第 2 段低次 LSP 符号帳 25_{b1} および第 2 段高次 LSP 符号帳 25_{b2} からそれぞれ選択した出力ベクトル E_{2f}^L および E_{2f}^H

z_fを加算してLSP符号ベクトルV_kとした後、ステップSP3へ進む。

【0039】ステップSP3では、歪計算部29は、ステップSP2の処理で得られたLSPパラメータベクトルV_kが安定であるか否かを判断する。この判断を行うのは、このLSPパラメータベクトルV_kが設定される合成フィルタ3を安定して動作させるためである。そして、合成フィルタ3が安定して動作するためには、得られた10次元のLSPパラメータベクトルV_kの各項 $\gamma_1 \sim \gamma_{10}$ の値は、(9)式に示す関係を満足してなければ

$$0 < \gamma_1 < \gamma_2 < \dots < \gamma_9 < \gamma_{10} < \dots \quad (9)$$

そして、歪計算部29は、LSPパラメータベクトルV_kの各項 $\gamma_1 \sim \gamma_{10}$ の値が(9)式に示す関係を満足していないため、不安定であるならば、安定となるように変換する。

【0040】次に、安定な、あるいは安定となるように変換されたLSPパラメータベクトルV_kは、乗算器32および33において、それぞれ乗算係数g₁およびg₂が乗算された後、乗算器32、あるいは33のいずれか一方の出力ベクトルが切換スイッチ34を経て加算器30の他方の入力端に供給される。いっぽう、現フレームより1つ前のフレームの処理においてLSP符号帳25から取り出されたLSP符号ベクトルV_{k-1}は、乗算器26および27において、それぞれ乗算係数(1-g₁)および(1-g₂)が乗算された後、乗算器26、あるいは27のいずれか一方の出力ベクトルが切換スイッチ28を経て加算器30の一方の入力端に供給されている。これにより、加算器30において、切換スイッチ28の出力ベクトルと切換スイッチ34の出力ベクトルとの加重平均が求められ、LSPパラメータベクトルV_kが出力される。

【0041】したがって、歪計算部29は、ステップSP4の処理へ進み、LSPパラメータベクトルV_kとLSPパラメータベクトルV_{k-1}との歪データを計算した後、ステップSP5へ進む。ステップSP5では、歪計算部29は、ステップSP4の処理で計算された歪データが最小であるか否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、歪計算部29は、切換スイッチ28、あるいは34を切り換えた後、ステップSP2の処理に戻り、上述したステップSP2~ステップSP5の処理を、ステップSP1の処理で選択した複数個の出力ベクトルE_{1n}について繰り返す。そして、ステップSP4の処理で計算された歪データが最小となると、ステップSP5の判断結果が「YES」となるので、歪計算部29は、LSP符号ベクトルV_kを決定し、そのコードを符号S₁として出力するとともに、選択情報S₂を出力し、それぞれベクトル量子化部内部の復号化部に伝送する。この復号化部は、図4に示す構成のうち、LSP符号帳25と切換スイッチ31とを有している。

【0042】これにより、復号化部は、ステップSP6の処理へ進み、伝送された符号S₁に基づいて切換スイッチ31を切り換え、第1段LSP符号帳25_aから出力ベクトルE_{1n}を選択した後、ステップSP7へ進む。ステップSP7では、復号化部は、選択した出力ベクトルE_{1n}の低次および高次それぞれに、伝送された選択情報S₂に基づいて切換スイッチ31を切り換え、第2段LSP符号帳23_bの第2段低次LSP符号帳25_{b1}および第2段高次LSP符号帳25_{b2}からそれぞれ選択した出力ベクトルE_{2f}およびE_{2r}を加算してLSP符号ベクトルV_kとした後、ステップSP8へ進む。

【0043】ステップSP8では、復号化部は、ステップSP7の処理で得られたLSPパラメータベクトルV_kが安定であるか否かを判断する。そして、復号化部は、LSPパラメータベクトルV_kが不安定であるならば、安定となるように変換する。これにより、安定な、あるいは安定となるように変換されたLSPパラメータベクトルV_kは、次のフレームにおいて、過去のLSP符号ベクトルV_{k-1}として用いられる。

【0044】次に、再び図2の説明に戻る。この実施例による音声の符号化装置において符号帳から最適なベクトルを探索する際、入力音声ベクトルと合成音声ベクトルとの比較を、これらの差である歪データが最小になること、すなわち、SNが最大になることだけで行うと、量子化雑音によって伝送先における復号音声の品質が劣化してしまう。このため、聴覚重み付けフィルタ20は、符号化雑音感を低減するために用いられる。

【0045】聴覚重み付けフィルタ20の伝達関数W(z)は、(10)式によって表される。

【数2】

$$W(z) = \frac{Q\left(\frac{z}{\gamma_1}\right)}{Q\left(\frac{z}{\gamma_2}\right)} \dots \quad (10)$$

ここで、

【数3】

$$Q\left(\frac{z}{\gamma_1}\right) = 1 - \sum_{i=1}^{10} (a_i \gamma_1^i) z^{-1} \dots \quad (11)$$

【数4】

$$Q\left(\frac{z}{\gamma_2}\right) = 1 - \sum_{i=1}^{10} (a_i \gamma_2^i) z^{-1} \dots \quad (12)$$

(11)式および(12)式において、係数a_iは、LPC分析部23において得られた量子化されていないLPC係数である。また、 γ_1 および γ_2 は定数(たとえば、 $\gamma_1 = 0.9$ 、 $\gamma_2 = 0.6$)である。この聴覚重み

付けフィルタ 2 0 から聴覚重み付けされた入力音声ベクトルおよび合成音声ベクトルが得られる。

【 0 0 4 6 】ところで、図 1 に示す合成フィルタ 3 は、自己回帰 (Auto-Regressive ; A R) モデルの伝達関数 { 1 / A (z) } を有し、上述した聴覚重み付けフィルタ 2 0 は、自己回帰移動平均 (Auto-Regressive Moving Average ; A R M A) モデルの伝達関数 W (z) を有する。そして、合成フィルタ 3 および聴覚重み付けフィルタ 2 0 は、ともに I I R フィルタによってしか実現できないが、この I I R フィルタは規模が大きくなってしまうとともに、後述する適応符号帳 1 7 および雑音符号帳 1 8 それぞれからの最適なベクトルの探索には不都合である。

【 0 0 4 7 】そこで、この実施例において、図 6 に示すように、合成フィルタ 3 と聴覚重み付けフィルタ 2 0 との縦続接続を 1 個の F I R フィルタ 3 5 によって表現する。そして、この実施例においては、この F I R フィル*

$$H = \begin{pmatrix} H(0) & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ H(1) & H(0) & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & H(1) & H(0) & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ H(38) & H(37) & H(36) & \dots & H(0) & 0 \\ H(39) & H(38) & H(37) & \dots & H(1) & H(0) \end{pmatrix} \dots (13)$$

【 0 0 4 9 】ターゲット入力音声ベクトル算出部 3 7 は、適応符号帳探索部 3 8 および雑音符号帳探索部 3 9 のそれぞれにおいて最適なベクトルを探索する際に用いられるターゲット入力音声ベクトル X_T を算出する。ターゲット入力音声ベクトル X_T は、(1 4) 式に示すように、聴覚重み付けフィルタ 2 0 において聴覚重み付けされた入力音声ベクトル X_w から、過去に局部復号化部 4 0 において復号化され、聴覚重み付けフィルタ 2 0 において聴覚重み付けされた復号音声ベクトルのゼロ入力応答ベクトル X_z を減算して算出する。ここで、ゼロ入力応答ベクトル X_z とは、現フレームの 1 つの前のフレームまでに処理された復号音声ベクトルが現フレームに影響を及ぼす成分であり、合成フィルタ 3 にゼロ系列からなるベクトルを入力することによって得られる。

$$X_T = X_w - X_z \dots (14)$$

【 0 0 5 0 】ここで、適応符号帳探索部 3 8 および雑音符号帳探索部 3 9 において行われる予備選択について説明する。適応符号帳探索部 3 8 および雑音符号帳探索部 3 9 においては、適応符号帳 1 7 および雑音符号帳 1 8 のそれぞれに記憶されている複数のピッチ周期ベクトルおよび複数の雑音波形ベクトルの中から (1 5) 式で表される歪データ d ' のパワーが最小となるピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルが選択される。

$$d' = |X_T|^2 - 2g' X_T^T H V'_i + |g' H V'_i|^2 \dots (16)$$

* タ 3 5 の係数であるインパルスレスポンス係数 H が適応符号帳 1 7 および雑音符号帳 1 8 のそれぞれから最適なベクトルを探索する際に用いられるのである。

【 0 0 4 8 】図 2 に示すインパルスレスポンス算出部 3 6 は、上述したインパルスレスポンス係数 H を、合成フィルタ 3 の係数である量子化された L P C 係数と、聴覚重み付けフィルタ 2 0 の係数である聴覚重み付け係数とにより算出する。具体的には、インパルスレスポンス係数 H は、図 6 (1) に示す、縦続接続された合成フィルタ 3 および聴覚重み付けフィルタ 2 0 にインパルスを入力し、得られた出力ベクトルを有限の長さ (この実施例においては、サブフレーム長の 4 0 サンプル) で打ち切ることによって得られた各サンプルの値である。このインパルスレスポンス係数 H は、実際は、値 H (0) , H (1) , \dots , H (3 9) であるが、他の式と関連づけるために、(1 3) 式で表される。

【 数 5 】

$$d' = |X_T - g' H V'_i|^2 \dots (15)$$

(1 5) 式において、V ' _i (i = 1 ~ N ; N は符号帳サイズ) は適応符号帳 1 7 または雑音符号帳 1 8 から選択されたピッチ周期ベクトルまたは雑音波形ベクトル、g ' は図 1 に示す利得器 1 9 の各利得部 1 9 a または 1 9 b に設定される利得、H は上述したインパルスレスポンス係数であり、H V ' _i は合成音声ベクトルという。

【 0 0 5 1 】ターゲット入力音声ベクトル X_T に対して最適なピッチ周期ベクトルまたは雑音波形ベクトル V_{opt} ' を探索するためには、既に〔発明が解決しようとする課題〕の項において説明したように、すべてのベクトル V ' _i について、(1 5) 式の演算を行わなければならない、膨大な演算量が必要となる。したがって、このような演算をハードウェアによって実行するためには、演算量を削減する必要がある。特に、合成音声ベクトル H V ' _i を演算するフィルタリングが演算の多くの部分を占めているので、フィルタリングの回数を削減することが各探索部における全演算量の削減につながる。そこで、以下に説明する予備選択は、このフィルタリングの回数を削減するために行われるのである。

【 0 0 5 2 】まず、上記 (1 5) 式は、(1 6) 式に示すように展開することができる。

(16)式において、第2項のターゲット入力音声ベクトル X_T と合成音声ベクトル HV' との相関値 $X_T^T H V'$ の値が大きい場合には、全体の歪データ d' は小さくなる。そのため、この相関値 $X_T^T H V'$ の値によって各符号帳からベクトル V' をあらかじめ選択する。すなわち、歪データ d' を各符号帳に記憶されているすべてのベクトル V' について演算するのではなく、相関値 $X_T^T H V'$ だけをすべてのベクトル V' について演算し、その値が大きいベクトル V' についてのみ歪データ d' を演算する。

【0053】ところで、相関値 $X_T^T H V'$ の演算において、一般的には、合成音声ベクトル HV' を演算した後、ターゲット音声ベクトル X_T と合成音声ベクトル HV' との相関演算を行う。しかしながら、このような演算方法では、合成音声ベクトル HV' の計算にN回のフィルタリング演算とN回の相関演算とが必要となる。というのは、ベクトル V' は、符号帳サイズNだけあるからである。

【0054】そこで、この実施例においては、J-P. Adoul等によって、文献"Fast CELP Coding based on algebraic codes" (Proc. ICASSP '87 pp. 1957-1960)において提案されている後方フィルタリングを採用する。これは、相関値 $X_T^T H V'$ の演算において、 $X_T^T H$ をまず演算し、次に、 $(X_T^T H) V'$ の演算を行う。この演算方法を採用することにより、相関値 $X_T^T H V'$ は、1回のフィルタリングとN回の相関演算とによって求められる。そして、相関値 $X_T^T H V'$ の大きな任意の個数のベクトル V' を選択し、この選択された任意の個数のベクトル V' についてのみ合成音声ベクトル HV' のフィルタリングを演算すればよく、演算量を大幅に削減することができる。

【0055】再び図2の説明に戻る。適応符号帳探索部38は、適応符号帳17と、予備選択部41と、最適ベクトル決定部42とから構成されており、現フレームの波形に一番合う過去の波形ベクトル(ピッチ周期ベクトル)の探索をサブフレーム単位で行う。適応符号帳17に記憶される各ピッチ周期ベクトルは、それぞれ復号音声ベクトルを逆フィルタに通すことによって得られる。逆フィルタの係数は、量子化されたLPC係数であり、逆フィルタの出力ベクトルは、復号音声ベクトルの残差波形ベクトルである。適応符号帳17の探索範囲は、図7に示すように、最小16サンプルから最大143サンプルまでの128サンプルである。つまり、整数遅延分として7ビットを用いる。

【0056】探索範囲を図7に示すように3つの部分A~Cに分け、サンプリング周波数を8kHzとし、その分解能を1とすると、16~47サンプルの範囲(範囲A)は4倍の分解能に、48~79サンプルの範囲(範囲B)は2倍の分解能にそれぞれアップサンプリングを行う。これは、サンプリング周波数が8kHzであるの

で、その精度を補うためである。そして、上述した整数遅延分の7ビットに、これらのアップサンプリングにおける小数遅延(フラクショナルディレイ)分の1ビットを加えた計8ビットをピッチ周期ベクトルの位置情報の表現に用いる。なお、アップサンプリングは、該当するサンプル点を含む前後3サンプルの値を用いてシーク関数に基づいて行う。

【0057】予備選択部41は、選択すべきピッチ周期ベクトルの候補(以下、ピッチ候補という)の予備選択を2回行う。1回目は整数遅延分に対してのみ行い、2回目は1回目において選択されたピッチ候補が範囲Aまたは範囲Bにあれば、その選択されたピッチ候補の前後の小数遅延分を含めて4つまたは2つのピッチ候補についてさらに予備選択を行う。

【0058】まず、1回目の予備選択においては、適応符号帳17において作成された過去の復号音声ベクトルの残差波形ベクトルにおいて、整数遅延分の探索範囲16~47サンプルから現フレームに最も合う残差波形ベクトルの切り出し点を求める。この実施例においては、サブフレーム長が40サンプルであるので、図8に示すように、検索範囲 T_p が40サンプルより狭い場合には、その検索範囲 T_p 内の残差波形ベクトルを繰り返し用いる。残差波形ベクトルより切り出した波形ベクトル P_a が作る音声波形ベクトル $H P_a$ とターゲット音声ベクトル X_T との相関値CORを(17)式に基づいて求める。

$$COR = X_T^T H P_a \cdots (17)$$

(17)式において、 $d = 1 \sim 128$ である。次に、128個の相関値CORからその値が大きいM個を選択する。M個の個数については自由に設定できるが、たとえば、 $M = 16$ とする。

【0059】2回目の予備選択は、1回目の予備選択において選択されたM個の相関値CORを有するM個のピッチ候補について行う。選択されたピッチ候補が検索範囲Aから選択されたピッチ候補であれば、整数遅延分の前後の3つの小数遅延分に対する切り出し点より残差波形ベクトルを切り出し、これら3つの波形ベクトルと、選択されたピッチ候補との4つの波形ベクトルについて、もう一度ターゲット音声ベクトル X_T との相関値CORを(17)式に基づいて求める。そして、これら4つの波形ベクトルのうち、最も相関値CORが大きな波形ベクトルを最終的なピッチ候補として残す。

【0060】また、選択されたピッチ候補が検索範囲Bから選択されたピッチ候補であれば、サンプル値の間の切り出し点より残差波形ベクトルを切り出し、この波形ベクトルと、選択されたピッチ候補との2つの波形ベクトルについて、もう一度ターゲット音声ベクトル X_T との相関値CORを(17)式に基づいて求める。そして、これら2つの波形ベクトルのうち、相関値CORが大きな方の波形ベクトルを最終的なピッチ候補として残

す。以上説明した 2 回の予備選択によって、最終的に M 個 (たとえば、16 個) のピッチ候補が選択される。

【0061】最終ベクトル決定部 4 2 は、予備選択部 4 1 において選択されたピッチ候補の中から最適なピッチ候補を出力すべきピッチ周期ベクトルとして決定する。上述した (16) 式は、最適な利得 g' を (18) 式に示すように設定すると、(19) 式に示すように変形できる。

【数 6】

$$g' = \frac{X_T^T H P_d}{|H P_d|} \dots (18)$$

【数 7】

$$d' = |X_T|^2 - \frac{(X_T^T H P_d)^2}{|H P_d|^2} \dots (19)$$

そして、最も小さい歪データ d' を与えるピッチ候補を求めることは、(19) 式の第 2 項を最大にするピッチ候補を求めることに他ならない。したがって、この最終ベクトル決定部 4 2 においては、上述した予備選択部 4 1 において選択された M 個のピッチ候補について (19) 式の第 2 項をそれぞれ計算し、その計算結果が最大となるピッチ候補を出力すべきピッチ周期ベクトル $H P$ として決定する。

【0062】雑音符号帳探索部 3 9 は、雑音符号帳 1 8 と、予備選択部 4 3 と、最適ベクトル決定部 4 4 とから構成されており、現フレームの波形に一番合う波形ベクトル (雑音波形ベクトル) を、雑音符号帳 1 8 に記憶されている複数の雑音波形ベクトルの中からサブフレーム単位で探索する。雑音符号帳 1 8 は、図 9 に示すように、サブ符号帳 1 8 a および 1 8 b から構成されており、サブ符号帳 1 8 a および 1 8 b には、それぞれ複数の励振ベクトルが記憶されている。

【0063】そして、雑音波形ベクトル C_d は、(20) 式に示すように、2 つの励振ベクトルの和によって表される。

$$C_d = c_1 \cdot C_{sub1p} + c_2 \cdot C_{sub2q} \dots (20)$$

(20) 式において、 C_{sub1p} および C_{sub2q} はそれぞれサブ符号帳 1 8 a および 1 8 b に記憶されている励振ベクトル、 c_1 および c_2 はそれぞれ励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} の +、あるいは - のサイン、 $d = 1 \sim 128$ 、 $p = 1 \sim 128$ 、 $q = 1 \sim 128$ である。以上説明したように、1 つの雑音波形ベクトル C_d を 2 つの励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} によって表現し、これらのコードをビット系列の符号を伝送することにより、これらの符号の一方が伝送路で誤った場合でも、他方の符号によって伝送路誤りの影響を少なくすることができる。

$$X_T^T [H C_d] = X_T^T [H C_{sub1p}] + X_T^T [H C_{sub2q}] \dots (23)$$

したがって、(22) 式に示す演算を、それぞれの励振

【0064】また、この実施例においては、励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} をそれぞれ 7 ビットで表現し、サイン c_1 および c_2 を 1 ビットで表現しているが、この雑音波形ベクトル C_d を従来のように単独で表すと、本体 15 ビット、サイン 1 ビットとなり、雑音符号帳に多くの記憶容量が必要で符号帳サイズが大きすぎてしまう。しかしながら、この実施例によれば、雑音波形ベクトル C_d を 2 つの励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} の和によって表しているため、雑音符号帳 1 8 の符号帳サイズを従来に比べて大幅に削減できる。したがって、雑音符号帳 1 8 に記憶される雑音波形ベクトル C_d を、実際の音声ベクトルが多数記憶された音声データベースを用いて実際の音声ベクトルにマッチするように学習して求めることができる。

【0065】予備選択部 4 3 は、ターゲット入力音声ベクトル X_T に一番合う雑音波形ベクトル C_d を選択するために、サブ符号帳 1 8 a および 1 8 b からそれぞれ励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} を予備選択する。すなわち、それぞれの励振ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} と、ターゲット入力音声ベクトル X_T との相関値を演算し、選択すべき雑音波形ベクトル C_d の候補 (以下、雑音候補という) の予備選択を行う。

【0066】この雑音波形ベクトルの探索は、量子化効率を高めるために、各雑音候補を先に求めたピッチ周期ベクトル $H P$ に対して直交化して行う。ピッチ周期ベクトル $H P$ に対して直交化された雑音波形ベクトル $[H C_d]$ は、(21) 式で表される。

【数 8】

$$[H C_d] = H C_d - \frac{(H C_d)^T H P}{|H P|^2} H P \dots (21)$$

次に、この直交化された雑音波形ベクトル $[H C_d]$ とターゲット入力音声ベクトル X_T^T との相関値 $X_T^T [H C_d]$ は、(22) 式で与えられる。

【数 9】

$$X_T^T [H C_d] = X_T^T H C_d - \frac{(H C_d)^T H P}{|H P|^2} X_T^T H P \dots (22)$$

そして、相関値 $X_T^T [H C_d]$ によって雑音候補の予備選択を行う。(22) 式において、第 2 項の分子項 $(H C_d)^T H P$ は、 $(H P)^T H C_d$ と等価である。そこで、(22) 式の第 1 項 $X_T^T H C_d$ と $(H P)^T H C_d$ とに対して先に説明した後方フィルタリングを適用する。雑音波形ベクトル C_d は、(20) 式に示すように励振ベクトル C_{sub1p} と C_{sub2q} との和であるため、相関値 $X_T^T [H C_d]$ は、(23) 式で表される。

ベクトル C_{sub1p} および C_{sub2q} について行い、算出され

10

20

30

40

50

たそれぞれの相関値の中で値が大ききM個をそれぞれ選択する。

【0067】最適ベクトル決定部44は、予備選択部43において選択されたそれぞれM個の励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の中から最適な組み合わせの雑音候補を出力すべき雑音波形ベクトルとして決定する。上述したピッチ候補の最適候補決定の手法と同様、ターゲット入力音声ベクトルX_Tと雑音候補とから求められる歪データd'を表す(24)式の第2項が最大となる励振ベクトルC_{sub1p}とC_{sub2q}との組み合わせを探索する。

【数10】

$$d' = |X_T|^2 - \frac{(X_T^T(HC_d))^2}{|(HC_d)|^2} \dots (24)$$

各サブ符号帳18aおよび18b毎に上述した予備選択によってそれぞれM個の励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}を選択してあるので、(24)式に示す演算をトータルM²回行えばよい。

【0068】以上説明したように、この実施例では、予備選択部43においてそれぞれM個の励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の予備選択を行うとともに、最適ベクトル決定部44においてこれらそれぞれM個の励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の最適な組み合わせを選択しているため、伝送路誤りに対してさらに耐性が向上する。

【0069】すなわち、既に説明したように、1つの雑音波形ベクトルC_dを2つの励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}によって表現しているため、これらの符号の一方が伝送路で誤った場合でも、他方の符号がその伝送路誤りを補うことができるが、予備選択によりあらかじめターゲット入力音声ベクトルX_Tと相関の高い励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}を選択し、さらにこれらの励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の最適な組み合わせを出力すべき雑音波形ベクトルとして決定しているため、伝送路誤りが発生していない雑音波形ベクトルもターゲット入力音声ベクトルX_Tと相関が高く、予備選択を行わない場合に比べて伝送路誤りの影響を少なくできる。

【0070】ここで、図10に従来の1つの雑音符号帳から選択された雑音波形ベクトルと、この実施例によるサブ符号帳18aおよび18bからそれぞれ予備選択された励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}を最適に組み合わせた雑音波形ベクトルとのそれぞれの符号を伝送した場合の伝送路誤り率とSNとの関係を示す。曲線aが従来例、曲線bがこの実施例によるものである。なお、各雑音波形ベクトルのサイズは、演算量を考慮して10ビットとし、また、伝送路誤りは、雑音波形ベクトルのみ発生させている。図10によれば、伝送路誤りがない場合には、従来例および実施例ともほぼ等しいSNであ

るが、誤り率が高くなるにつれて従来例と実施例との差が大きくなっており、実施例の方が伝送路誤りに強いことがわかる。

【0071】また、図11は、誤り率をパラメータ(0, 0.1, 1, 3%)とした場合の、各サブ符号帳18aおよび18bから選択される励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の候補数MとSNとの関係を示す。図11によれば、候補数Mが16の場合でもすべての候補(128個)について探索を行ったのと同じSNが得られている。したがって、候補数Mが128の場合には、(24)式の演算を16,384回行わなければならないが、候補数Mが16の場合には、256回でよく、SNを低下させることなく、演算量を大幅に削減することができる。

【0072】ベクトル量子化(Vector Quantization: VQ)利得探索部45は、図12に示すように、予測利得決定部15と、予測利得部16と、VQ利得決定部46とから構成されている。予測利得決定部15においては、現在のフレームの処理における利得器19の利得部19bの出力ベクトルのパワーと、過去に処理された利得部19bの出力ベクトルのパワーとについて線形予測分析がなされ、次のフレームにおいて選択される雑音波形ベクトルに与える予測利得が計算され、決定されて予測利得部16に設定される。また、VQ利得部46においては、ピッチ周期ベクトルと雑音波形ベクトルとの利得が計算され、決定されて利得器19の利得部19aおよび19bに設定される。

【0073】予測利得決定部15は、雑音波形ベクトルの予測利得を予測する。サブ符号帳18aおよび18bにそれぞれ記憶されている励振ベクトルC_{sub1p}およびC_{sub2q}の振幅は、ターゲット入力音声ベクトルX_Tの振幅に比べて大きくないため、これらを組み合わせた雑音波形ベクトルに適切な利得を与える必要がある。しかしながら、この利得すべてを、VQ利得決定部46内に設けられた利得器19(あらかじめ複数の利得ベクトルが記憶された利得符号帳によって構成されている。以下、利得符号帳19という)を用いて与えようとする、ターゲット入力音声ベクトルX_Tのダイナミックレンジが大きいため、利得符号帳19に多くのビット数が必要となる。いっぽう、利得符号帳19に十分なビットを与えない場合には、雑音波形ベクトルの量子化誤差による量子化雑音が増加してしまう。

【0074】そこで、上記不都合を防止するために、この実施例においては、図12に示すように、予測利得決定部15において、現在及び過去に利得符号帳19から出力された雑音波形ベクトルのパワーに基づいて次のフレームの雑音波形ベクトルの予測利得を予測し、VQ利得決定部46では現在のフレームにおけるターゲット音声ベクトルX_Tを用いて残りの利得を符号化する構成としている。これにより、利得の符号化に際して利得符号帳

に多くのビット数が必要ないばかりではなく、振幅の小さいターゲット入力音声ベクトル X_T に対しても精度よく追従できる。また、利得符号帳 1 9 は、ベクトル量子化によって量子化効率を向上させるとともに、伝送路誤りに対する耐性を向上させるために、2つのサブ利得符号*

$$d_G = |X_T ? (g_{1pu} + g_{2pv}) HP ? g_o (g_{1cu} + g_{2cv}) HC|^2 \dots (25)$$

(25)式において、 X_T はターゲット入力音声ベクトル、HPはピッチ周期ベクトル、HCは雑音波形ベクトル、 $|g_{1pu}, g_{1cu}|$ サブ利得符号帳19aの出力ベクトル、 $|g_{2pv}, g_{2cv}|$ はサブ利得符号帳19bの出力ベクトルである。(25)式からわかるように、ピッチ周期ベクトルHPおよび予測利得が与えられた雑音波形ベクトルHCのそれぞれに対する利得は、2つの出力ベクトルの要素の和によって表現されており、(25)式で表される歪データ d_G が最小となる出力ベクトルの符号の組み合わせ [u,v] が探索されて伝送される。

【0076】ここで、図13に、ピッチ周期ベクトルおよび雑音波形ベクトルに与える利得を、従来の1つの利得符号帳の出力ベクトルによって表現した場合と、この実施例において2つのサブ利得符号帳の出力ベクトルの和によって表現した場合との伝送誤り率に対するSNの特性例を示す。曲線aが従来例、曲線bがこの実施例である。図13によれば、利得を2つのサブ利得符号帳の出力ベクトルの和によって表現した方が伝送誤りに強いことがわかる。

【0077】図2に示す局部復号化部40は、この符号化装置において次のフレームに対する処理のために、図2に示す構成要素各部から出力され、復号化装置に伝送される各種データと同じデータを用いて復号音声ベクトルを合成する。なお、局部復号化部40の構成は、以下

【0078】図14は復号化装置の構成を表すブロック図であり、この図において、図2、図9および図12の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。この復号化装置は、伝送された符号に基づいて、復号音声ベクトルを合成する。符号入力部47は、伝送されたビット系列の符号を元の形式の情報(コード)に変換した後、変換された各コードのうち、各符号帳17, 18, 19および25にそれぞれ記憶されている各ベクトルに関するコードを各符号帳17, 18, 19および25に供給する。これにより、各符号帳17, 18, 19および25から、供給されたコードに該当するベクトルが出力される。

【0079】また、符号入力部47において変換されたコードに基づいてLSP符号帳25から出力されたLSPパラメータベクトルは、前のフレームのLSPパラメータベクトルと加算され、目的とするLSPパラメータとなる。これにより、LSP変換部48において、LSPパラメータがLPC係数に変換された後、伝達関数 $\{1/A(z)\}$ を有する合成フィルタ49に設定され

*帳19aおよび19bに分割されている。なお、図1の説明においては符号19aおよび19bを利得部と呼んでいる。

【0075】そして、(25)式で表される歪データ d_G が最小となるサブ利得符号帳19aおよび19bの出力ベクトルの組み合わせを探索する。

る。

【0080】そして、雑音符号帳18から出力された雑音波形ベクトルは、予測利得部16において、予測利得決定部15によって設定された予測利得が乗算される。予測利得決定部15においては、現在のフレームの処理における利得符号帳19のサブ利得符号帳19bの出力ベクトルのパワーと、過去に処理された利得符号帳19のサブ利得符号帳19bの出力ベクトルのパワーとについて線形予測分析がなされ、次のフレームにおいて選択される雑音波形ベクトルに与える予測利得が計算され、決定される。

【0081】そして、適応符号帳17から出力されたピッチ周期ベクトルおよび予測利得部16の出力ベクトルは、利得符号帳19のサブ利得符号帳19aおよび19bに設定された利得が乗算されて出力される。これにより、サブ利得符号帳19aの出力ベクトルと、サブ利得符号帳19bの出力ベクトルとが加算器9において加算され、加算器9の出力ベクトルが合成フィルタ49に駆動ベクトルとして供給され、合成フィルタ49において、合成音声ベクトルが合成される。次に、ポストフィルタ係数算出部50において、合成音声ベクトルが分析され、その分析結果に基づいた係数がポストフィルタ51に設定される。これにより、合成音声ベクトルが、ポストフィルタ51を通過することにより、たとえば、ホルマント強調、ピッチ強調および高域強調されて復号音声ベクトルとして出力される。

【0082】ここで、図15に、従来例およびこの実施例による音声の符号化装置によって符号化され、伝送されて復号化装置において復号化された場合の復号音声の品質をオピニオン試験によって評価した結果を示す。この図15には、伝送路誤りのない場合に符号化装置における入力音声データのレベルを3段階(A:大, B:中, C:小)とした際の復号音声の品質と、ランダム誤り率が0.1%である場合Dの復号音声の品質とを示している。斜線の棒グラフが従来例のADPCMによるもの、黒く塗りつぶした棒グラフがこの実施例によるものである。図15によれば、この実施例による音声の符号化装置は、伝送路誤りがない時には入力音声データのレベルに関係なく、ADPCMと同等の品質が得られ、伝送路誤りがある時にはADPCMより品質がよいことがわかる。すなわち、この実施例による音声の符号化装置は、伝送路誤りに対してロバストである。

【0083】以上説明したように、上述した一実施例によれば、8 k b i t / s の符号化速度で国際標準である

10

20

30

40

50

3 2 k b i t / s の符号化速度の A D P C M なみの高品質な音声の符号化・復号化が実現できる。また、伝送路においてビット誤りが発生した場合でも、その影響を受けずに、良い品質の復号音声を得ることができる。以上、この発明の実施例を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。

【 0 0 8 4 】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、伝送路において誤りが発生した場合でも、その影響をあまり受けずに、遅い符号化速度で音声の高品質な符号化および復号化ができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施例による音声の符号化方法を用いた符号化装置の概略構成を表すブロック図である。

【図 2】図 1 に示す音声の符号化装置のより詳細な構成の一例を表すブロック図である。

【図 3】この発明の一実施例において入力音声ベクトルに対してなされる線形予測分析に用いられる分析窓の一例を表す図である。

【図 4】L P C 係数量子化部 2 4 内に設けられたベクトル量子化部の構成の一例を表すブロック図である。

【図 5】ベクトル量子化部の動作を表すフローチャートである。

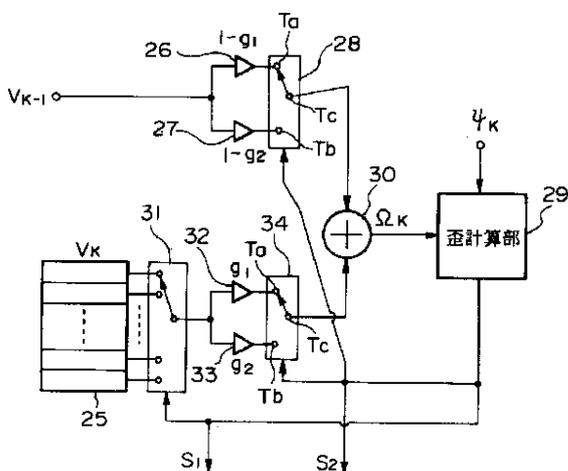
【図 6】F I R フィルタ 3 5 のインパルスレスポンス係数 H の算出の仕方を説明するための図である。

【図 7】ピッチ周期ベクトルの探索範囲の一例を表す図である。

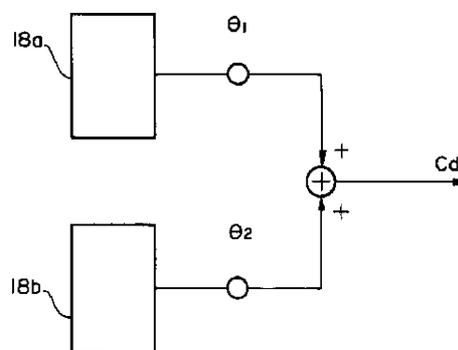
【図 8】ピッチ周期ベクトルの探索方法を説明するための

【図 9】雑音符号帳 1 8 の構成の一例を表すブロック図

【図 4】



【図 9】



である。

【図 1 0】従来例とこの発明の一実施例による音声の符号化装置とにおける伝送路誤り率に対する S N の特性の一例を表す図である。

【図 1 1】雑音符号帳探索部 3 9 において予備選択された雑音候補の数 M に対する S N の特性の一例を表す図である。

【図 1 2】V Q 利得探索部 4 5 の構成の一例を表すブロック図である。

【図 1 3】従来の利得符号帳を用いた場合とこの発明の一実施例による利得符号帳を用いた場合とにおける伝送路誤り率に対する S N の特性の一例を表す図である。

【図 1 4】音声の復号化装置の構成の一例を表すブロック図である。

【図 1 5】この発明の一実施例による音声の符号化装置における各種評価条件に対する復号音声のオピニオン値の一例を表す図である。

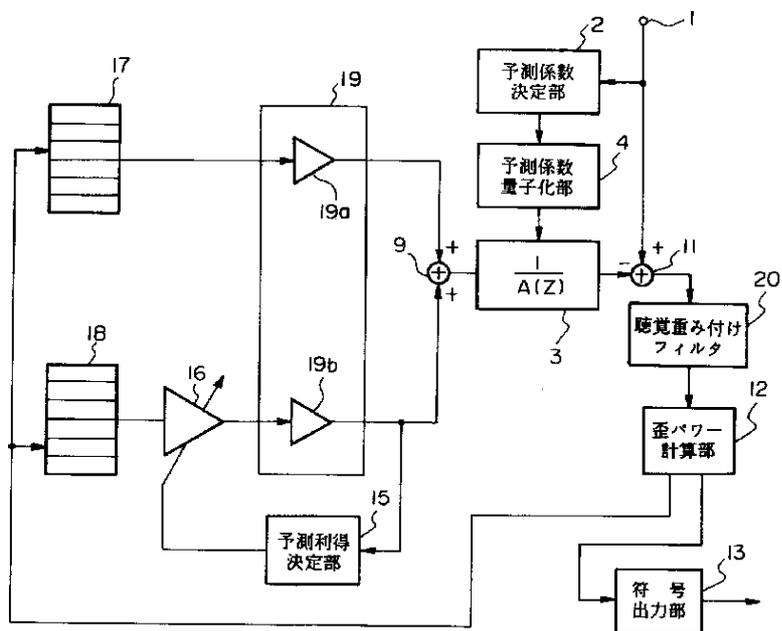
【図 1 6】従来の C E L P 符号化方法を用いた音声の符号化装置の構成例を表すブロック図である。

【図 1 7】従来の L D - C E L P 符号化方法を用いた音声の符号化装置の構成例を表すブロック図である。

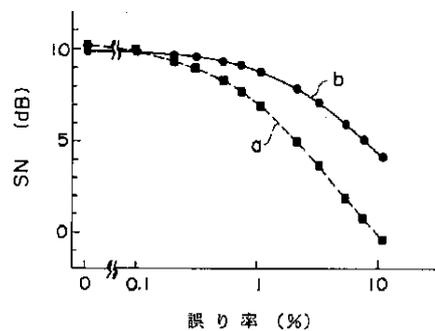
【符号の説明】

- 2 予測係数決定部
- 3 合成フィルタ
- 4 予測係数量子化部
- 1 2 歪パワー計算部
- 1 5 予測利得決定部
- 1 6 予測利得部
- 1 7 適応符号帳
- 1 8 雑音符号帳
- 1 9 利得符号帳
- 2 0 聴覚重み付けフィルタ

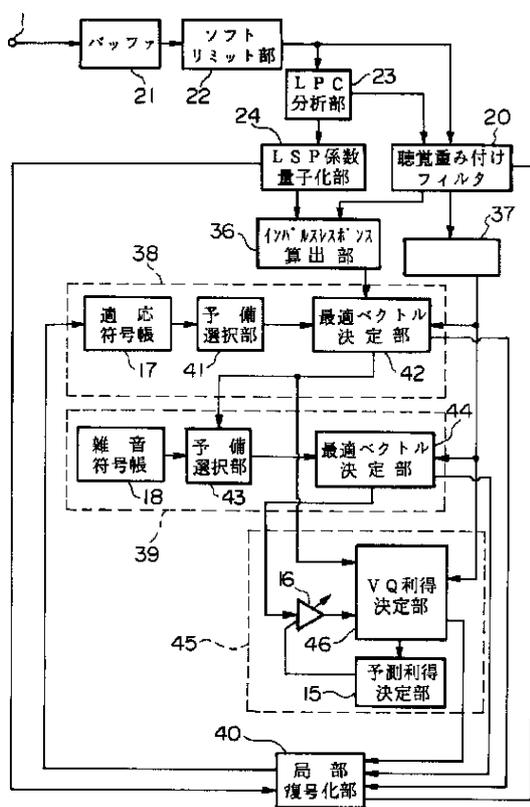
【図 1】



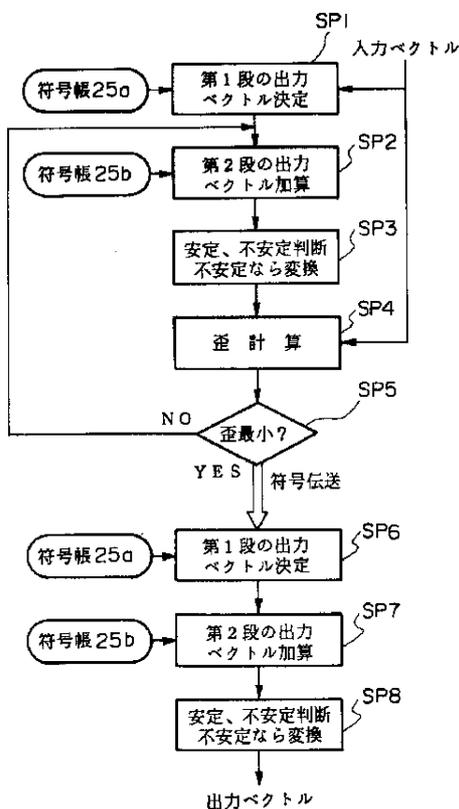
【図 10】



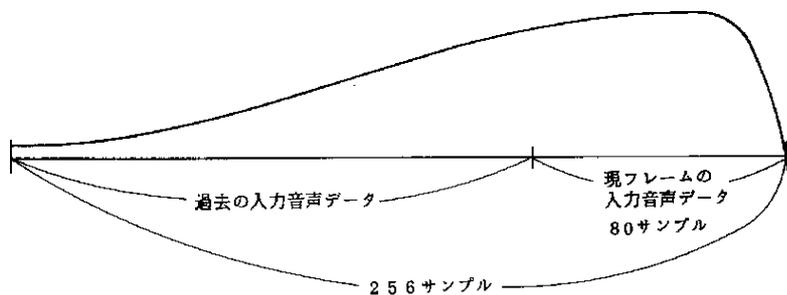
【図 2】



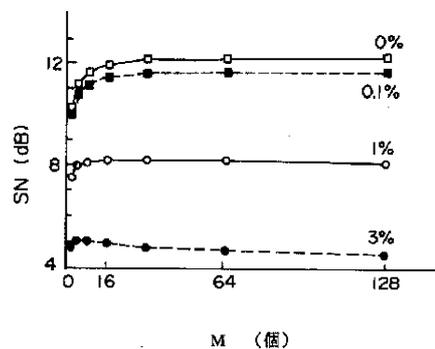
【図 5】



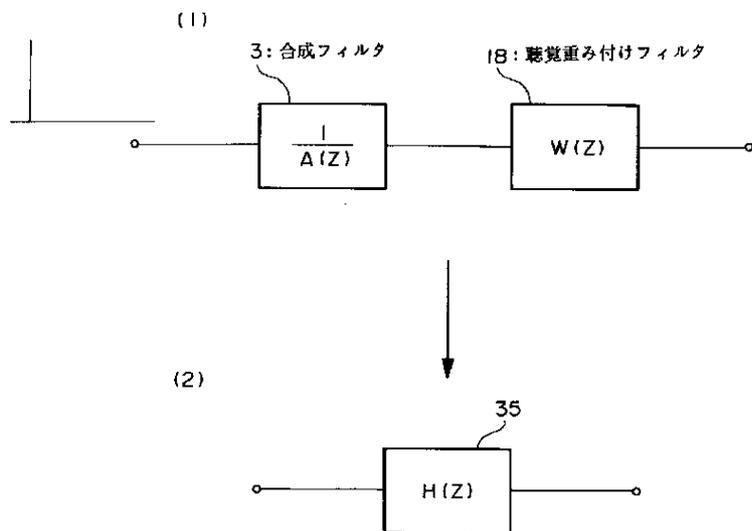
【図 3】



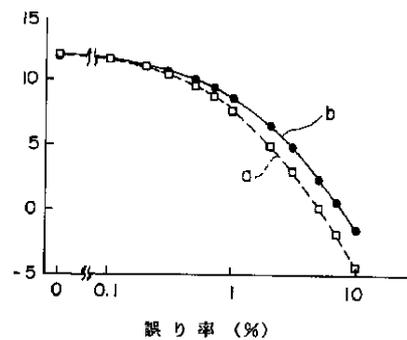
【図 1 1】



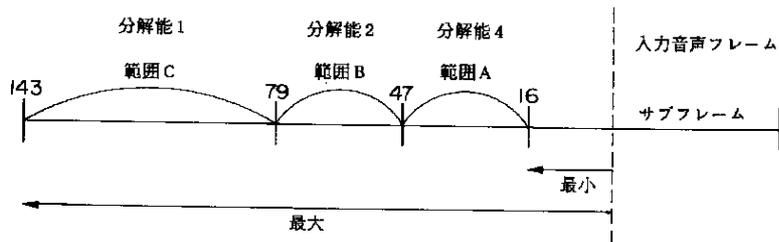
【図 6】



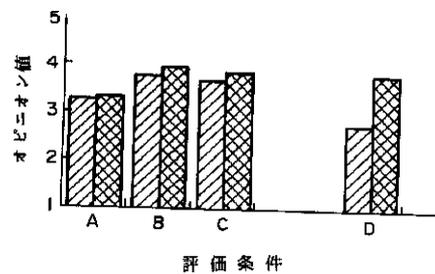
【図 1 3】



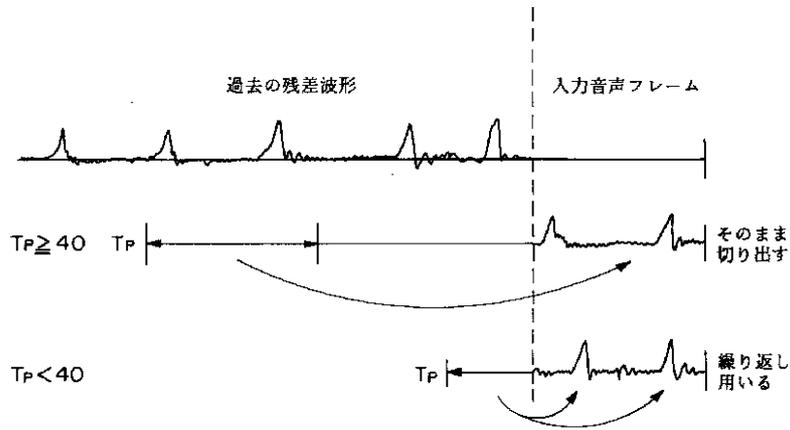
【図 7】



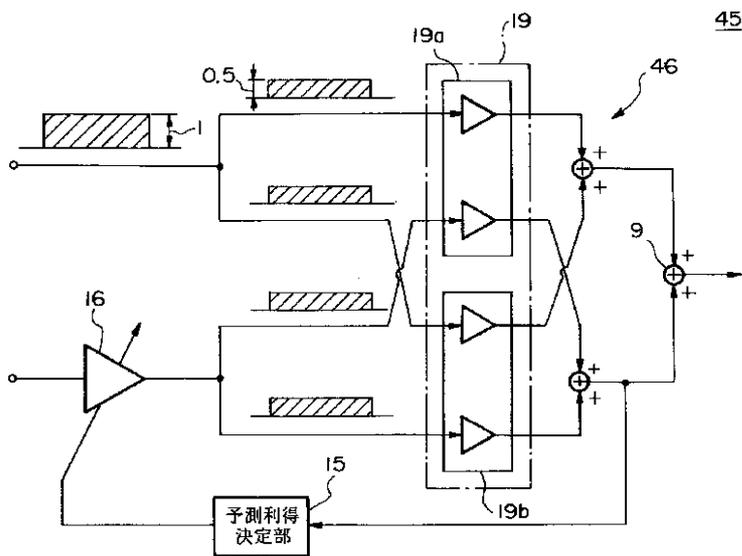
【図 1 5】



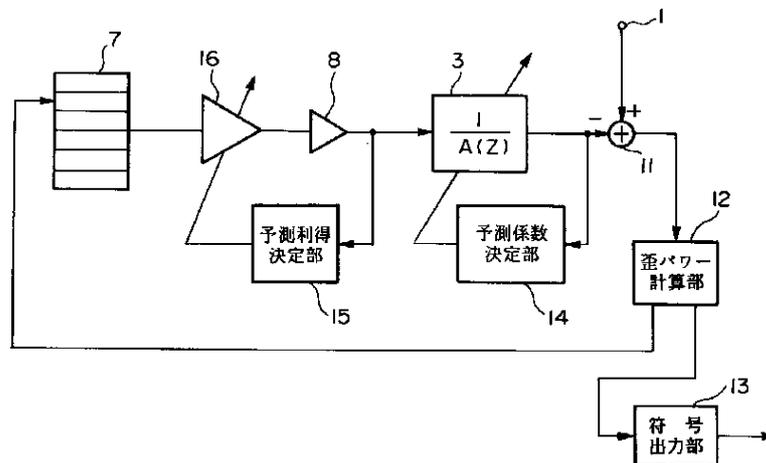
【図 8】



【図 12】

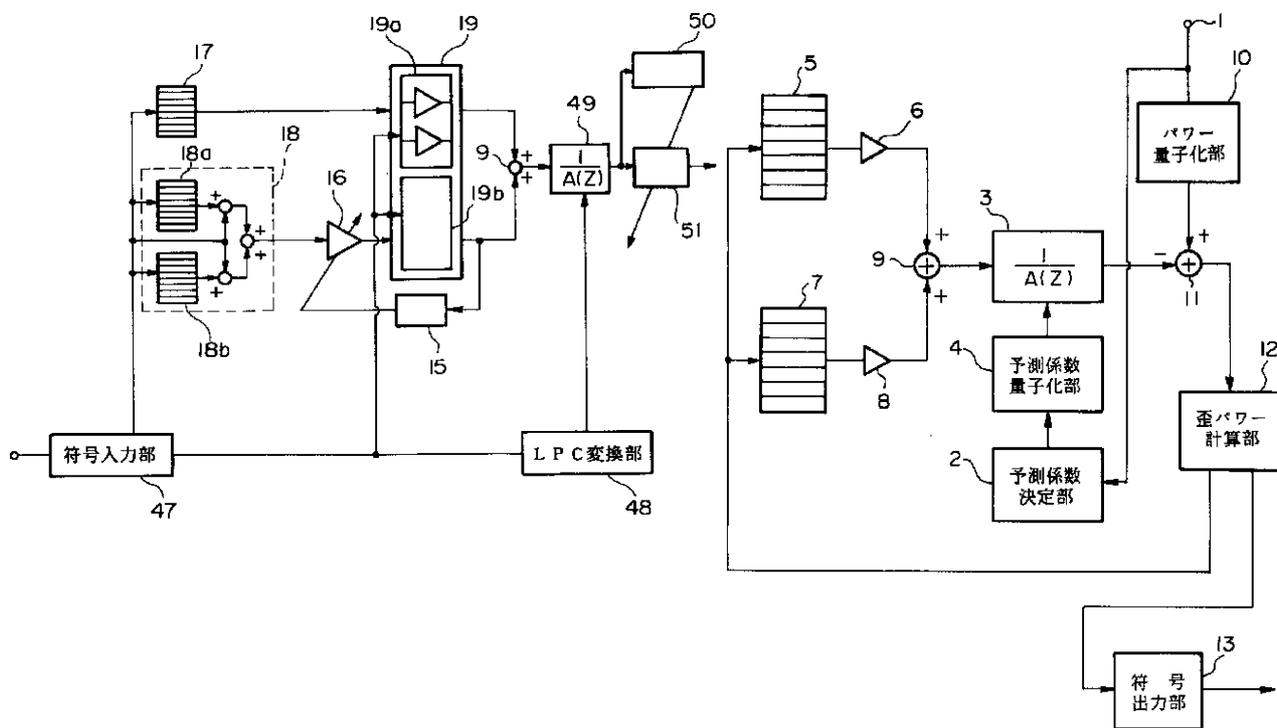


【図 17】



【図 1 4】

【図 1 6】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭60 - 68400 (J P , A)
 特開 平 6 - 118999 (J P , A)
 特開 平 6 - 12097 (J P , A)
 間野、守屋ら「自動車電話用ハーフレート音声コーデックの検討」信学技報 S P 92 - 133 (1993年 2月12日)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)
 G10L 19/12