

る段階とを有することを特徴とする請求項 1 記載の変換符号化方法。

【請求項 4】 上記周波数領域の信号を複数の小帯域に分割する段階を有し、上記第 2 の段階は上記分割された各小帯域の信号の各代表値を求めた後、量子化して、全体として上記周波数領域信号の量子化された信号の概形を得る段階であり、上記第 3 の段階は上記小帯域に分割された周波数領域の信号を、対応する上記小帯域信号の代表値の量子化されたものでそれぞれ正規化する段階と、これら正規化された信号を帯域合成して上記残差信号を得る段階とよりなることを特徴とする請求項 1 記載の変換符号化方法。

【請求項 5】 上記第 4 の段階は上記残差信号のサンプル系列を、その順に上記複数の小系列に 1 個ずつ分配することを繰返して上記複数の小系列を得るものであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の変換符号化方法。

【請求項 6】 入力された第 1 インデックスによりそれぞれベクトルよりなる複数の小系列を再生する第 1 の段階と、

上記複数の小系列を合成して 1 つの系列の残差信号を得る第 2 の段階と、

入力された第 2 インデックスにより周波数領域信号の概形を求める第 3 の段階と、

上記周波数領域信号の概形で上記残差信号を逆正規化して周波数領域信号を得る第 4 の段階と、

上記周波数領域信号を逆 M D C T して時間領域信号とする第 5 の段階とを有する変換復号化方法。

【請求項 7】 上記第 3 の段階は上記入力された第 2 インデックスにより線形予測分析係数を再生する段階と、上記線形予測分析係数を離散フーリエ変換する段階と、上記離散フーリエ変換結果のスペクトル振幅を得る段階とよりなることを特徴とする請求項 6 記載の変換復号化方法。

【請求項 8】 上記第 3 の段階は上記入力された第 2 インデックスにより複数の小帯域の各代表値を再生し、これら代表値の全体で上記周波数領域信号の概形を得る段階であり、上記第 4 の段階は上記残差信号を上記複数の小帯域と対応した各帯域に分割する段階と、上記分割された各帯域の残差信号を、対応帯域の上記代表値でそれぞれ逆正規化する段階と、上記逆正規化された複数の信号を帯域合成して上記周波数領域信号を得る段階とよりなることを特徴とする請求項 6 記載の変換復号化方法。

【請求項 9】 上記第 2 の段階は、上記複数の小系列の各サンプルをその順に各 1 個ずつ取出して順に一系列の上記残差信号とするものであることを特徴とする請求項 6 乃至 8 の何れかに記載の変換復号化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は音声信号や音楽信号な

どの音響信号を、周波数領域の信号に変換し、その周波数特性概形を除去して少ない情報量でデジタル符号化する高能率信号変換符号化方法、及びそのように符号化された信号を復号する変換復号化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、オーディオ信号を高能率に符号化する方法として、原音をフレームと呼ばれる 5 ~ 50 ms 程度の一定間隔の区間に分割し、その 1 フレームの信号に M D C T (変形離散コサイン変換)を用いた時間 - 周波数変換を行って得た周波数領域信号を、その周波数特性の包絡形状(周波数特性概形)と、周波数領域信号を周波数特性概形で平坦化して得られる残差信号という 2 つの情報に分離し、それぞれを符号化することが提案されている。即ち図 6 に示すように入力端子 11 から入力されたデジタル化された音響入力信号は時間 - 周波数変換手段 12 により周波数領域信号に変換され、この周波数領域信号は帯域分割手段 13 により複数の小帯域に分割され、これら小帯域信号はそれぞれ代表値計算、量子化手段 14₁ ~ 14_n でその平均値や最大値などの代表値が計算され、かつその代表値は量子化されて、全体として周波数領域信号の概形が得られる。前記分割された各小帯域信号は正規化手段 15₁ ~ 15_n でそれぞれ対応する帯域の前記量子化された代表値で正規化され、これら正規化された信号は帯域合成手段 16 で帯域合成されて、前記周波数領域信号がその周波数特性の概形が取り除かれ、平坦化された残差信号となり、その残差信号は量子化される。この残差信号の量子化を示すインデックスと、前記代表値を量子化したインデックスとがそれぞれ復号器へ送出される。

【0003】このような符号化法として、例えば適応スペクトル聴感制御エントロピー符号化法 (A S P E C , Adaptive Spectral Perceptual Entropy Coding) やエムペグ - オーディオ・レイヤ 3 方式 (M P E G - A u d i o L a y e r I I I) などがある。それぞれの技術については、K. Brandenburg, J. Herre, J. D. Johnston et al: "A S P E C : Adaptive spectral entropy coding of high quality music signals", Proc. AES '91 および I S O / I E C 標準 I S - 1 1 1 7 2 - 3 に述べられている。また M D C T の技術については例えば I S O / I E C 標準 I S - 1 1 1 7 2 - 3 に述べられている。

【0004】これらの符号化法では、周波数特性の平坦な残差信号を高能率に符号化するために、残差信号を量子化した後、その量子化インデックスをハフマン符号化している。ハフマン符号化の規則はハフマン符号テーブルに従って行う。即ち図 7 に示すように残差信号は量子化手段 21 でスカラー量子化され、その量子化インデッ

クスはハフマン符号化手段 2 2 で符号化されるが、その際に複数個用意されたハフマン符号帳 2 3 の中からもっとも高能率に符号化できるハフマン符号テーブルを最適符号テーブル選択手段 2 4 により選択し、その選択したテーブルを示すインデックスと、残差信号の量子化インデックスが、選択されたハフマン符号テーブルにより符号化された量子化インデックスコードとが送出される。

【0005】しかし、この方法では、1つの残差信号の量子化インデックスに対応する符号長は可変であるため、符号器から復号器へ伝送する際に符号誤りが生じた場合の復号化信号の品質劣化は著しい。例えばハフマン符号テーブルのインデックスを誤った場合、誤り箇所以降のフレーム内のすべての符号は復元不能となる。また、残差信号の量子化インデックスを高圧縮に符号化するためには、より大きなハフマン符号帳が必要となるが、符号帳が大きくなると補助情報であるハフマン符号テーブルのインデックスの伝送情報量が大きくなるため、量子化器の最適化が困難である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、M D C T を使った変換符号化の方法で信号を少ない情報量で符号化するとき、符号の伝送誤りに強く且つ高い能率で残差信号を量子化する方法及びその復号化方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の符号化方法によれば、M D C T を用いて時間 - 周波数変換した後、周波数特性概形（スペクトラム概形）で正規化して得られる残差信号を、複数の小系列に分割し、これら分割された小系列のそれぞれを、周波数特性概形と対応した重みをつけた距離尺度でベクトル量子化する。

【0008】前記周波数特性概形を得るには、M D C T を行う前の時間領域信号を自己相関をとった後線形予測分析し、その結果を離散フーリエ変換し、その変換結果のスペクトル振幅の概形が周波数特性概形の逆数として得られる。あるいは M D C T により変換された周波数領域信号の絶対値をとった後、逆フーリエ変換し、その逆フーリエ変換出力を線形予測分析し、その結果について同様に離散フーリエ変換し、その結果のスペクトル振幅の概形を求めてもよい。更に M D C T を行う前の時間領域信号を、複数の小帯域に分割し、その各小帯域ごとの平均値や、最大振幅などの代表値（スケールファクタ）を求めて、その全体として周波数特性概形としてもよい。

【0009】この発明の復号化方法によれば、入力された第 1 インデックスによりそれらはベクトルよりなる複数の小系列を再生し、これら複数の小系列を合成して 1 つの系列の残差信号を得る。また入力された第 2 インデックスにより周波数領域信号の概形を求め、その周波数領域信号の概形で前記残差信号を逆正規化して周波数領

域信号を得る。

【0010】第 2 インデックスにより線形予測分析係数を再生し、その線形予測分析係数を離散フーリエ変換してその結果のスペクトル振幅の概形を求めて前記周波数領域信号の概形とする。あるいはこの周波数領域信号の概形は、複数の小帯域の各代表値として第 2 インデックスを再生して得る。

【0011】この時、前記合成した 1 系列の残差信号を小帯域信号に分割し、その各小帯域信号を、対応する帯域の再生代表値でそれぞれ逆正規化し、これらを帯域合成する。

【0012】

【実施例】図 1 にこの発明による符号化方法、復号化方法をそれぞれ適用した符号器 3 1、復号器 3 2 の実施例を示す。符号器 3 1 において入力端子 3 3 からデジタル化した音響入力信号系列がフレーム分割手段 3 4 に入力されて、N 入力サンプルごとに過去 $2 \times N$ サンプルの入力系列を抽出し、長さ $2 \times N$ サンプルの入力フレームに生成され、窓掛手段 3 5 でその入力フレームに時間窓がかけられる。その窓形状はハニング窓を用いるのが一般的であり、この実施例でもこれを用いた。その窓かけされた入力信号系列は M D C T 手段 3 6 で変形離散コサイン変換されて、N サンプルの周波数領域信号に変換される。

【0013】また前記窓かけされた入力信号系列は線形予測分析手段 3 7 で線形予測分析され、P 次の予測係数が求められる。この線形予測分析は自己相関を求めた後に行われる。その予測係数は量子化手段で量子化される。この量子化の方法としては、予測係数を L S P パラメータに変換して量子化する L S P 量子化の方法、予測係数を k パラメータに変換してから量子化する方法などを用いることができる。この量子化された予測係数を示すインデックス 3 9 が送出される。

【0014】また前記量子化予測係数は周波数概形計算手段 4 1 によりパワースペクトルを計算して周波数特性概形信号が求められる。具体的には、例えば図 2 A に示すように P + 1 個の量子化予測係数（パラメータ）の後に $4 \times N - P - 1$ 個の 0 をつなげて作った長さ $4 \times N$ のサンプル系列を F F T 分析し（高速フーリエ変換：離散フーリエ変換）、更にその $2 \times N$ 次のパワースペクトルを計算し、このスペクトルの奇数次をそれぞれ取り出し、それらについてそれぞれ平方根をとり、その得られた N 点のスペクトル振幅を、周波数特性概形の逆数として得る。

【0015】あるいは図 2 B に示すように P + 1 個の量子化予測係数（パラメータ）の後に $2 \times N - P - 1$ 個の 0 をつなげた長さ $2 \times N$ のサンプル系列を F F T 分析し、その結果について N 次のパワースペクトルを計算する。0 番目から始めて i 番目の周波数特性概形の逆数は、 $i = N - 1$ 以外では $i + 1$ 番目と i 番目の各パワー

スペクトルの平方根を平均して、つまり補間して得る。
 N - 1 番目の周波数特性概形の逆数は、N - 1 番目のパ
 ワースペクトルの平方根をとって得る。

【0016】図1の説明に戻って、正規化手段42にお
 いて、MDC T手段36からの周波数領域信号の各サン
 プルが、前記周波数概形信号の各サンプルとかけあわせ
 て正規化され、平坦化された残差信号とされる。この残
 差信号はパワー正規化・ゲイン量子化手段43で残差信
 号はその振幅の平均値、またはパワーの平均値の平方根
 である正規化ゲインで割算されて正規化され、正規化残
 差信号とされ、更にその正規化ゲインが量子化され、そ
 の量子化された正規化ゲインを示すインデックス44が
 出力される。

【0017】また周波数概形計算手段41からの周波数
 特性概形の逆数の信号は必要に応じて重み計算手段45
 で聴感制御が施されて重み付け信号とされる。この実施
 例では周波数概形計算手段41の出力に対し、0.6前
 後の定数がべき乗され、小さい値を大とし、大きい値を
 小とするように聴感制御される。この他の聴感制御方法
 として、エムペグ - オーディオ方式で用いられている聴
 覚モデルによって求めた各サンプルごとに必要なSNR
 (Signal to Noise Ratio: 信号*

$$y_i^k = x_{iM+k}, k = 0, 1, \dots, N/M - 1 \quad (1)$$

N = 16、M = 4の場合の式(1)の分割方法を図3A
 に示す。このようにして得られたM個の小系列対のお
 のおについて重み付きベクトル量子化する。正規化残差
 信号の値を、 y_i^k 、重み付け信号の値を w_i^k 、イン

$$d_i^k(o^k) = \{w_i^k \{y_i^k - C_i^k(o^k)\}\}^2 \quad (2)$$

は $i = 0$ から $(N/M) - 1$ まで

この距離尺度 d が最小になる符号ベクトルを探索し、こ
 のベクトルのインデックスを量子化インデックス47と
 して出力する。その1つの小系列 y_i^k についての量子
 化を図3Bに示す。符号帳48から選択したベクトル値
 $C_i^k(o^k)$ と残差信号小系列 y_i^k との差が引算手
 段49でとられ、その差が2乗手段51で2乗され、そ
 の2乗出力に重み付け信号小系列 w_i^k を2乗手段52
 BR>で2乗したものが内程手段53で内程され、その値
 d_i^k が最小となるベクトル値 $C_i^k(o^k)$ を符号帳
 48から探索することが最適符号帳探索手段54で行わ
 れ、その d_i^k が最小となるベクトル値を示すインデ
 クス47kが出力される。

【0021】以上のように符号器31から、予測係数量
 子化インデックス39と、ゲイン量子化インデックス4
 4と残差量子化インデックス47とが出力される。これ
 らインデックス39、44、47を入力された復号器3
 2は図1に示すように次のように復号する。即ち予測係
 数量子化インデックス39は再生手段56で対応する量
 子化予測係数が再生され、その量子化予測係数は周波数
 概形計算手段57で周波数概形計算手段41と同じ方法
 で周波数特性概形の逆数が計算され、更に再生手段58

* 帯雑音比) を非対数化して前記周波数特性概形の逆数と
 掛け合わせる方法としてもよい。この方法では、入力信
 号を分析して得られた周波数特性から、各周波数サン
 プルごとに聴感的にノイズが検知できる最小のSNRを、
 聴覚モデルによってマスキング量を推定することによっ
 て計算する。このSNRが各サンプルごとに必要なSN
 Rである。エムペグ - オーディオにおける聴覚モデルの
 技術についてはISO / IEC 標準IS - 11172 -
 3に述べられている。また、聴感制御を省略して、前記
 10 周波数概形計算手段41の出力の逆数を重みづけ信号と
 してもよい。

【0018】正規化残差量子化手段46で、手段43か
 らの正規化残差信号を手段45からの重み付け信号によ
 り適応重みづけベクトル量子化する。このベクトル量子
 化は計算量を少なくするため、正規化残差信号と重み付
 け信号とのN対を、長さN / MのM個の小系列にそれぞ
 れ分割する。この分割は、各小系列の概形が、分割前
 の原系列の概形となるべくほぼ等しくなるようにする。こ
 のため例えば、k番目の小系列のiサンプル目の値 y_i^k
 20 k と、もとの系列のjサンプル目の値 x_j^k との関係が式
 (1) で与えられるようにする。

【0019】

デックス o^k 番の符号帳ベクトルの値を $C_i^k(o^k)$
 としたときのベクトル量子化の際の重み付き距離尺度 d
 $^k(o^k)$ を、式(2)に示す。

【0020】

で入力されたインデックス47から複数の小系列、つま
 り、図3Bによる量子化される前の小系列残差符号 y_i^k
 30 k と対応するものがそれぞれ再生され、これら小系列残
 差符号は各小系列残差符号から順に1つつサンプルが
 集められ、例えば図3Aに示した分割と逆の統合がなさ
 れて量子化正規化残差信号が再生される。再生手段59
 で入力されたインデックス44から正規化ゲインが再生
 される。パワー逆正規化手段61において再生された量
 子化正規化残差信号に再生された正規化ゲインが掛け合
 わされてパワー逆正規化され量子化残差信号が得られ
 る。その量子化残差信号は逆正規化手段62で周波数概
 形計算手段57から周波数概形の逆数により各対応サン
 プルごとに割算されて逆平坦化される。その逆平坦化さ
 れた残差信号は逆MDC T手段63でN次の逆変形離散
 コサイン変換されて、時間領域信号とされ、この時間領
 域信号に対し、窓掛け手段64で時間窓がかけられる。
 ここでは窓形状としてハニング窓が用いられている。こ
 の窓掛けされた信号はフレーム重ね合せ手段65で長さ
 2 x Nサンプルのフレームの前半Nサンプルと前フレ
 ームの後半Nサンプルとが加え合わされて出力端子66に
 出力される。

【0022】この実施例では、符号器31において、入

力された信号は窓掛け手段 35 の出力が 2 経路に分岐され、その一方は MDC T 手段 36 を通って時間領域の信号が周波数領域に変換され、もう一方は手段 37 で線形予測分析される。この線形予測分析により得られる予測係数は信号の周波数特性を平坦化する線形予測分析フィルタ、いわゆる逆フィルタのインパルス応答と等しいものであり、したがって前記予測係数の周波数特性は前記線形予測分析フィルタの周波数特性に相当する。そこで、手段 41 では、前述したように予測係数のスペクトル振幅により入力信号の周波数特性概形の逆数を得、この周波数特性概形の逆数を MDC T 手段 36 より周波数領域信号を掛け合わせると、周波数特性が平坦化された残差信号となる。

【0023】前記の P 、 N 、 M の各値は、 $P = 60$ 前後、 $N = 512$ 、 $M = 64$ 程度を目安に自由に選べるが、 $P + 1 < N \times 4$ でなくてはならない。また、上記実施例では、残差量子化の際の信号の分割数 M の値は、 N / M が割り切れるように設定されることが前提になっているが、 M の値は、必ずしも N / M が割り切れるように設定する必要はない。割り切れない場合には、分割した小系列の一部を 1 サンプルずつ長くして、不足サンプル数を補えばよい。各小系列と対応するインデックスに与える情報量を同一とする点から、各小系列の概形が、分割前の系列の概形と相似するように、小系列を作るとよい。

【0024】上記実施例では線形予測分析の際、入力信号の自己相関係数を用いて予測係数を求めた。しかし図 4 に示すように MDC T 手段 36 より周波数領域信号の各サンプル（スペクトル）の絶対値を絶対値手段 67 でとり、その絶対値出力を逆フーリエ変換手段 68 で逆フーリエ変換することによって自己相関係数を求め、その自己相関係数を線形予測分析手段 37 で線形予測分析してもよい、この場合はその分析に先立ち相関を求める必要はない。次に図 5 を参照して残差信号を得る他の手法を説明する。図 5 において図 1 と対応する部分に同一符号を付けてある。この実施例では符号器 31 において、MDC T 手段 36 からの周波数領域信号は小帯域分割手段 71 でいくつかの小帯域に分割し、これらの各小帯域ごとに代表値計算・量子化手段 72₁ ~ 72_n。代表値（スケーリングファクタ）が計算され、更に量子化され、その量子化された代表値で前記分割された小帯域の周波数領域信号が正規化手段 73₁ ~ 73_n。でそれぞれ各サンプルが割算されて正規化され、これら正規化された信号が帯域抵抗手段 74 で帯域合成されて周波数領域信号を平坦化した残差信号が得られる。また量子化した代表値を示すインデックスが復号器 32 へ出力される。

【0025】代表値（スケーリングファクタ）は例えば小帯域ごとの周波数領域信号の振幅の平均値や周波数領域信号の振幅の最大値を計算することによって求める。

また前記各小帯域ごとに聴感上ノイズが聞こえる最小の SNR (Signal to Noise Ratio: 信号対雑音比) を求めて、この SNR を満たしていない小帯域のスケーリングファクタを小さくすることによって聴感制御を施すこともできる。聴感上ノイズが聞こえる最小の SNR は、聴覚モデルによってマスキング量を推定することによって求めることができる。

【0026】復号器 32 では、入力された量子化代表値インデックスを再生手段 75₁ ~ 75_n で小帯域ごとに再生される。また逆正規化手段 61 からの再生量子化残差信号は小帯域分割手段 76 で小帯域分割手段 71 と同様に n 個の小帯域に分割され、その分割された小帯域量子化残差信号は逆正規化手段 77₁ ~ 77_n でそれぞれ代表値再生手段 75₁ ~ 75_n からの再生代表値が掛け合わされて逆正規化され、これら逆正規化された信号が帯域抵抗手段 78 で帯域合成されて再生周波数領域信号が得られる。

【0027】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明の符号化方法によれば、残差信号をベクトル量子化しているため、従来のスカラー量子化とハフマン符号帳とを用いる場合よりも量子化能率がよい。しかも、この発明では残差信号を複数小系列に分割して、それぞれについてベクトル量子化しているため、この分割をすることなくベクトル量子化する場合と比較して演算量を著しく減少させることができる。かつ周波数特性の概形の適応した重み付きベクトル量子化をしているため、一層量子化能率を向上させることができる。更に適応情報割り当て等を必要としないため、残差信号の量子化符号長は一定であって、符号誤りにも強い特徴がある。

【0028】この発明の復号化方法によれば、前記符号化方法により符号化された符号が入力されるため、少ない情報量で高品質の信号を再生することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 の発明の符号化方法、請求項 6 の発明の復号化方法をそれぞれ適用した符号器及び復号器の例を示すブロック図。

【図 2】予測係数から周波数特性の概形を得る手法を示す図。

【図 3】A は残差信号を複数の小系列に分割する例を示す図、B は 1 つの小系列の重み付きベクトル量子化を示すブロック図である。

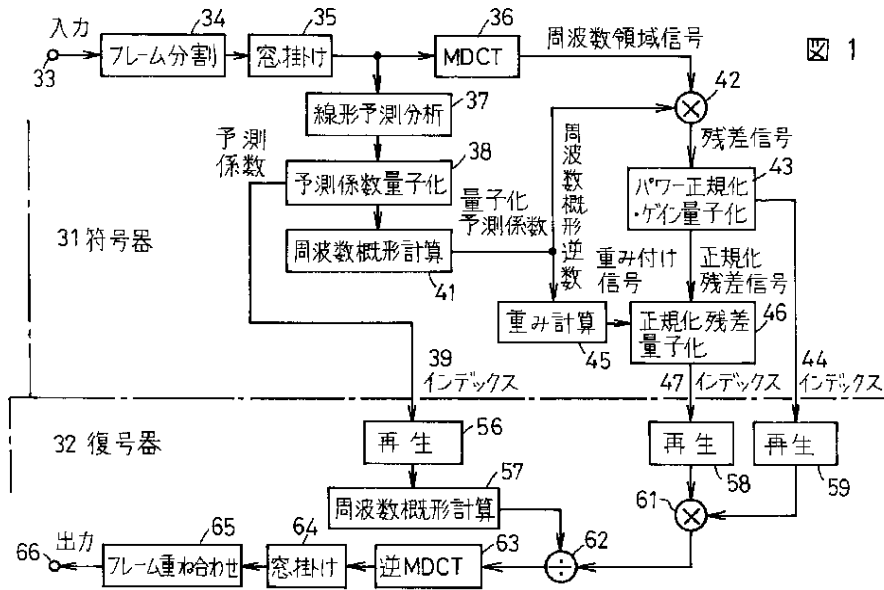
【図 4】図 1 の中の符号器 31 における一部変形例を示すブロック図。

【図 5】請求項 4 及び 8 の各実施例の一部を示すブロック図。

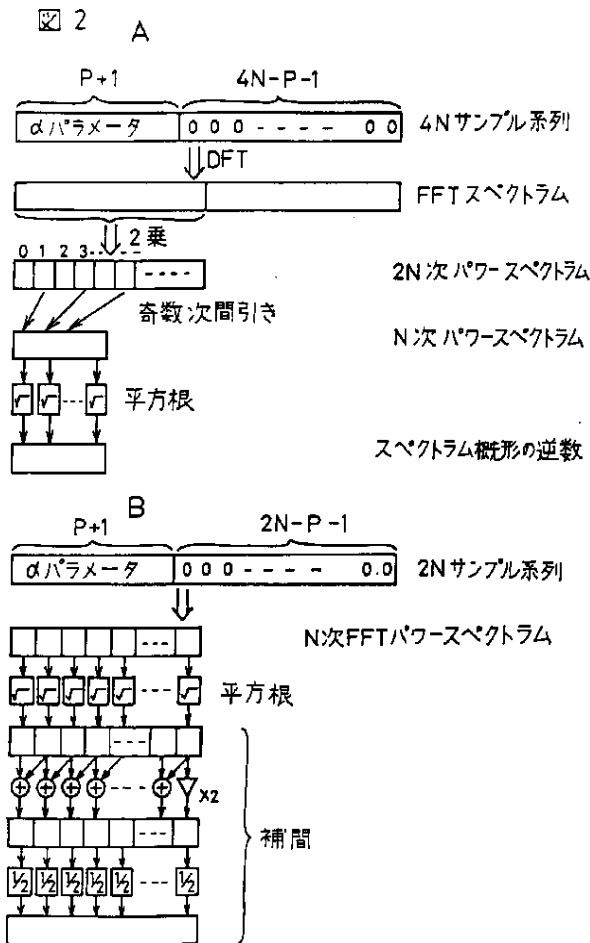
【図 6】従来の符号化法を示すブロック図。

【図 7】従来の残差信号の量子化法を示すブロック図。

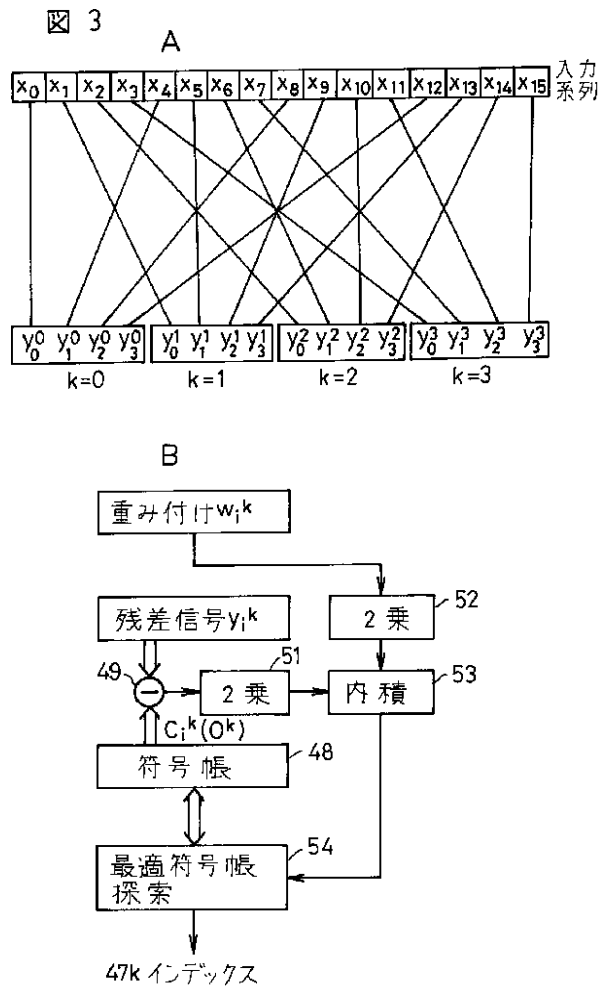
【図1】



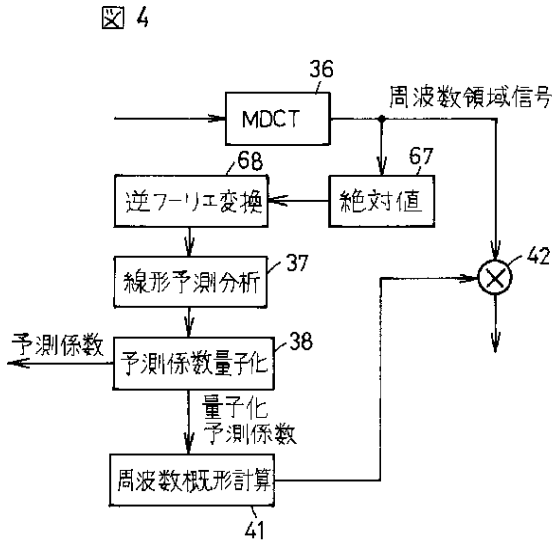
【図2】



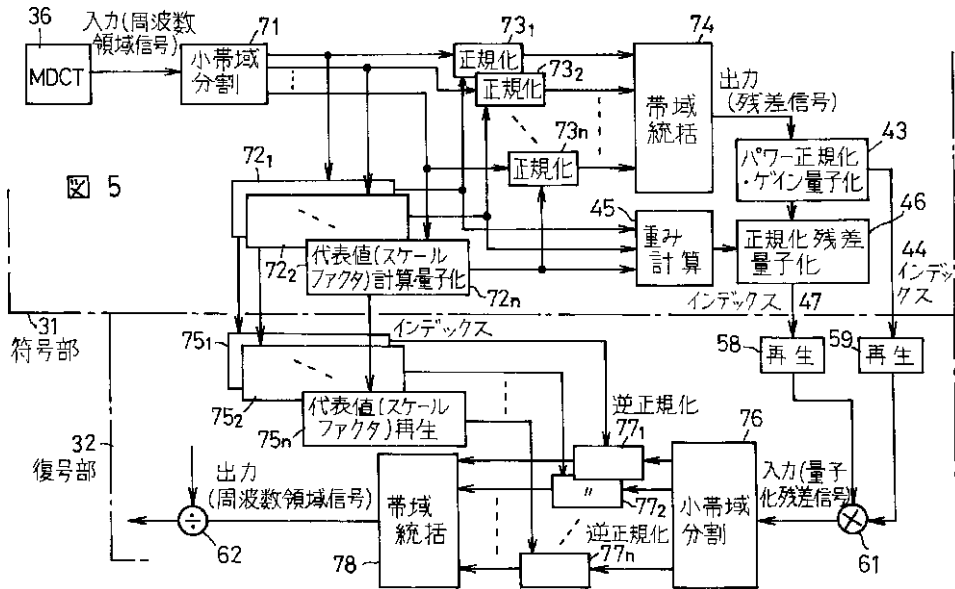
【図3】



【図 4】

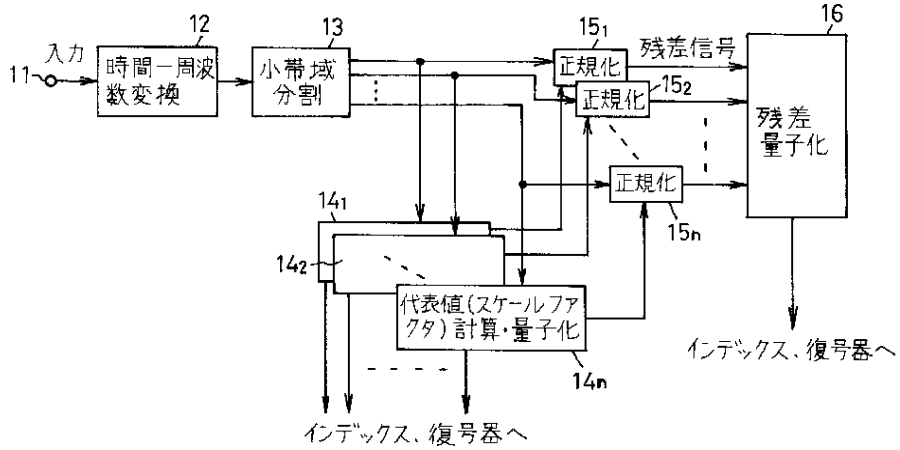


【図 5】



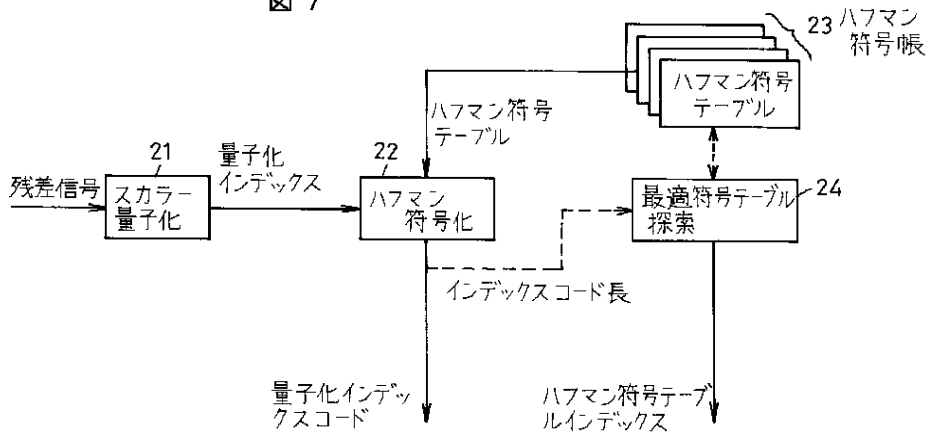
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭63 - 37400 (J P , A)
 特開 平 5 - 108100 (J P , A)
 特開 平 4 - 63400 (J P , A)
 特開 昭55 - 57900 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
 G10L 19/00