

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4866484号
(P4866484)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011.11.18)

(51) Int.Cl.		F I	
H03M 7/40	(2006.01)	H03M	7/40
G10L 19/14	(2006.01)	G10L	19/14 400E
G10L 19/06	(2006.01)	G10L	19/06 Z

請求項の数 16 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2010-547533 (P2010-547533)	(73) 特許権者	000004226
(86) (22) 出願日	平成22年1月22日 (2010.1.22)		日本電信電話株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/050794		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(87) 国際公開番号	W02010/084951	(74) 代理人	100121706
(87) 国際公開日	平成22年7月29日 (2010.7.29)		弁理士 中尾 直樹
審査請求日	平成23年6月23日 (2011.6.23)	(74) 代理人	100128705
(31) 優先権主張番号	特願2009-13265 (P2009-13265)		弁理士 中村 幸雄
(32) 優先日	平成21年1月23日 (2009.1.23)	(74) 代理人	100147773
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 義村 宗洋
		(72) 発明者	守谷 健弘
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	原田 登
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パラメータ選択方法、パラメータ選択装置、プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択するパラメータ選択方法であって、

(A) 前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第1区間とし、当該第1区間よりも後の時間区間を第2区間とした場合における、当該第2区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第2区間パラメータを、前記第2区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、

(B) 前記第2区間パラメータと前記第2区間を含む時間区間での時系列信号の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、
を有するパラメータ選択方法。

【請求項2】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択するパラメータ選択方法であって、

(A) 前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第1区間とし、当該第1区間よりも後の時間区間を第2区間とした場合における、当該第2区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第2区間パラメータを、前記第2区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、

(B) 前記離散時間区間に属する時系列信号に対応する或る次数のPARCOR係数の大きさが

第1値である場合に、前記第2区間パラメータと、正の第1加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとし、前記PARCOR係数の大きさが前記第1値よりも大きな第2値である場合に、前記第2区間パラメータと前記第1加算値以上の第2加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、

を有するパラメータ選択方法。

【請求項3】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択するパラメータ選択方法であって、

10

(A) 前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第1区間とし、当該第1区間よりも後の時間区間を第2区間とした場合における、当該第2区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第2区間パラメータを、前記第2区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、

(B) 前記第2区間パラメータと前記離散時間区間の時系列信号の長期予測分析を行った場合の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップと、

を有するパラメータ選択方法。

【請求項4】

20

請求項1のパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記第2区間を含む時間区間での時系列信号の平均振幅に対する予測残差の平均振幅の比の単調非増加関数値に相当する、パラメータ選択方法。

【請求項5】

請求項1のパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記離散時間区間に属する時系列信号に対応する或る次数のPARCOR係数の大きさの単調非減少関数値に相当する、パラメータ選択方法。

【請求項6】

請求項1のパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記離散時間区間の時系列信号の短期予測分析を行う際に適応的に選択される最適予測次数の単調非減少関数値に相当する、パラメータ選択方法。

30

【請求項7】

請求項1のパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記離散時間区間の時系列信号を予測次数Pで短期予測分析して得られる1次からP次までの各PARCOR係数を $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)とした場合における $\sum_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の単調非増加関数値に相当する、パラメータ選択方法。

【請求項8】

請求項1のパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記離散時間区間に属する離散時間数未満の正の整数をLとし、前記第1区間を前記離散時間区間の最先の離散時間からL番目の離散時間までの時間区間とし、前記第1区間の最先からL番目までの離散時間の各インデックスを r ($r=0, \dots, L-1$)とした場合における、各インデックス r に対応する各離散時間にそれぞれ設定され、

40

インデックス $r=0$ に対応する離散時間での前記加算値は、前記離散時間区間の時系列信号を予測次数Pで短期予測分析して得られる1次からP次までの各PARCOR係数を $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)とした場合における $1 - \sum_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の単調非減少関数値に相当し、 $0 < r < P$ のインデックス r に対応する離散時間での前記加算値は、 $\sum_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \sum_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の単調非減少関数値に相当し、

前記ステップ(B)は、前記第2区間パラメータと、前記インデックス r に対応する離散時間での前記加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、当該インデックス r に対応する離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップである、パラメータ

50

タ選択方法。

【請求項 9】

請求項 1 のパラメータ選択方法であって、

前記ステップ(B)は、前記第 2 区間パラメータが所定値よりも大きい場合に実行されるステップであり、

前記第 2 区間パラメータが前記所定値以下である場合には、前記第 2 区間パラメータと前記加算値より小さな正の第 2 加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第 1 区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとするステップが実行され、

前記所定値は、0 以上であって前記第 2 区間パラメータの最大振幅値未満の値である、パラメータ選択方法。 10

【請求項 10】

請求項 1 から 3 の何れかのパラメータ選択方法であって、

前記加算値は、前記離散時間区間に属する時系列信号数の単調非減少関数値に相当する、パラメータ選択方法。

【請求項 11】

請求項 1 から 3 の何れかのパラメータ選択方法であって、

前記第 1 区間は、前記離散時間区間の最先の離散時間から L 番目の離散時間までの時間区間であり、

前記第 2 区間は、前記離散時間区間の L+1 番目の離散時間から当該離散時間区間の最後の離散時間までの時間区間であり、 20

L は前記離散時間区間に属する離散時間数未満の正の整数である、パラメータ選択方法。

【請求項 12】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択する装置であって、

前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第 1 区間とし、当該第 1 区間よりも後の時間区間を第 2 区間とした場合における、当該第 2 区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第 2 区間パラメータを、前記第 2 区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとする第 2 区間パラメータ算出部と、 30

前記第 2 区間パラメータと前記第 2 区間を含む時間区間での時系列信号の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第 1 区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとする第 1 区間パラメータ算出部と、

を有する装置。

【請求項 13】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択する装置であって、

前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第 1 区間とし、当該第 1 区間よりも後の時間区間を第 2 区間とした場合における、当該第 2 区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第 2 区間パラメータを、前記第 2 区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとする第 2 区間パラメータ算出部と、 40

前記離散時間区間に属する時系列信号に対応する或る次数の PARCOR 係数の大きさが第 1 値である場合に、前記第 2 区間パラメータと正の第 1 加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第 1 区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとし、前記 PARCOR 係数の大きさが前記第 1 値よりも大きな第 2 値である場合に、前記第 2 区間パラメータと前記第 1 加算値以上の第 2 加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第 1 区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとする第 1 区間パラメータ算出部と、

を有する装置。 50

【請求項 14】

或る離散時間区間に属する時系列信号の予測残差の可変長符号化用パラメータを選択する装置であって、

前記離散時間区間が含む最先の時間区間を第1区間とし、当該第1区間よりも後の時間区間を第2区間とした場合における、当該第2区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の単調非減少関数値に相当する正の第2区間パラメータを、前記第2区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとする第2区間パラメータ算出部と、

前記第2区間パラメータと前記離散時間区間の時系列信号の長期予測分析を行った場合の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の単調非減少関数値に相当する値を、前記第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとする第1区間パラメータ算出部と、

を有する装置。

【請求項 15】

請求項1から3の何れかのパラメータ選択方法の各ステップの処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 16】

請求項1から3の何れかのパラメータ選択方法の各ステップの処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時系列信号を予測分析して符号化する技術に関し、特に、予測残差の可変長符号化用パラメータを選択する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

音響信号や映像情報などの時系列信号を通信路によって伝送したり、情報記録媒体に記録する場合、時系列信号を圧縮符号に変換してから伝送したり記録する方法が、伝送効率や記録効率の点で有効である。また、近年のブロードバンドの普及や記憶装置の容量増加に伴い、圧縮率の高さを優先する非可逆圧縮符号化方式よりも原信号の完全再生を条件とした可逆圧縮符号化方式が重視されつつある（例えば、非特許文献1参照）。そのような中、隣接する時系列信号を用いた自己相関分析である短期予測分析や、遅延値（ピッチ周期）だけ離れた時系列信号間の自己相関分析である長期予測分析などの技術を用いて音響信号を可逆圧縮符号化する予測符号化方式がMPEG（Moving Picture Expert Group）の国際標準規格「MPEG-4 ALS」として承認されている（例えば、非特許文献2参照）。

【0003】

図1は、従来における予測符号化方式の符号化装置2100の機能構成を説明するためのブロック図である。図2は、従来における予測符号化方式の復号装置2200の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図3Aは、図1に示す残差符号化部2120の機能構成を説明するためのブロック図であり、図3Bは、図2に示す残差復号部2220の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図4は、短期予測分析を用いた予測符号化方式における予測次数と符号量の関係を説明するためのグラフである。なお、図4の横軸は予測次数を示し、縦軸は符号量を示す。まず、これらの図を用い、従来の短期予測分析を用いた予測符号化方式を説明する。

【0004】

<符号化方法>

符号化装置2100（図1）のフレームバッファ2111には、標本化・量子化されたPCM（pulse code modulation）形式の時系列信号 $x(n)$ が入力される。なお、 n は離散時間を示すインデックスであり、インデックス n に対応する離散時間を「離散時間 n 」と呼ぶ。また、小さいインデックス n ほど先の離散時間を示す。また、時系列信号 $x(n)$ は、離散時間 n での時系列信号を意味する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

フレームバッファ 2 1 1 1 は、予め定められた時間区間（以下、「フレーム」と呼ぶ）分の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) (N は予め定められた 2 以上の整数) をバッファする。なお、離散時間 $n=0, \dots, N-1$ からなる時間区間を「時間区間(0, ..., N-1)」と表現する。バッファされた 1 フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) は予測符号化部 2 1 1 0 の短期予測分析部 2 1 1 2 に送られる。短期予測分析部 2 1 1 2 は、短期予測分析によって 1 次から P_{opt} 次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) を算出する。

【 0 0 0 6 】

[短期予測分析と最適予測次数]

短期予測分析では、ある時点 n の時系列信号 $x(n)$ と、その時点 n よりも過去の P 個 (P を「予測次数」と呼ぶ) の時点 $n-1, n-2, \dots, n-P$ の時系列信号 $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-P)$ をそれぞれ係数 (m) ($m=1, \dots, P$) (「短期予測係数」と呼ぶ) で重み付けしたものと、予測残差 $e(n)$ (「予測誤差」と呼ぶ場合もある) と間に線形1次結合が成り立つと仮定する。この仮定に基づいた線形予測モデルは以下の式(1)のようになる。線形予測分析では、入力された時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) に対し、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) のエネルギーを最小化する短期予測係数 (m) ($m=1, 2, \dots, P$) 又はそれに変換可能なPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, 2, \dots, P$) などの係数を算出する。

$$e(n)=x(n)+ (1) \cdot x(n-1)+ (2) \cdot x(n-2)+\dots+ (P) \cdot x(n-P) \quad \dots(1)$$

【 0 0 0 7 】

短期予測分析の具体例としては、レビンソン・ダービン (Levinson-Durbin) 法やバーグ (Burg) 法などの逐次的方法や、自己相関法や共分散法のように予測次数ごとに連立方程式 (予測残差を最小にする短期予測係数を解とする連立方程式) を解く方法などがある。

【 0 0 0 8 】

また、ある時点 n の時系列信号 $y(n)$ を、その時点 n よりも過去の P 個の時点 $n-1, n-2, \dots, n-P$ の時系列信号 $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-P)$ を用いて推定する式(2)の線形FIR(Finite Impulse Response)フィルタを「短期予測フィルタ」と呼ぶ。

$$y(n)=-\{ (1) \cdot x(n-1)+ (2) \cdot x(n-2)+\dots+ (P) \cdot x(n-P) \} \quad \dots(2)$$

【 0 0 0 9 】

また、 P_{opt} は最適な予測次数 P を示す正の整数であり、これを「最適予測次数」と呼ぶ。非特許文献 2 の方式では、MDL原理 (Minimum Description Length Principle) に基づいて、最適予測次数 P_{opt} を決定する。MDL原理では、

(符号語長) = (モデルの記述長) + (そのモデルによるデータの記述長) を最小にするモデルを最良とする。すなわち、非特許文献 2 の方式では、

(ロスレスで復号するために必要な符号量) = (PARCOR係数のために必要な符号量) + (予測残差のために必要な符号量) $\dots(3)$

を最小にする予測次数 P を最適予測次数 P_{opt} とする。

【 0 0 1 0 】

図 4 の直線 4 A で模式的に示すようにPARCOR係数のために必要な符号量は予測次数に比例して増加する。また、一般に予測次数が高くなれば予測残差のエネルギーは小さくなり、予測残差をエントロピー符号化した場合の符号量は、曲線 4 B で模式的に示すように対数的に小さくなる。そのため、直線 4 A と曲線 4 B の和である曲線 4 C で模式的に示すように、ロスレスで復号するために必要な符号量は、予測次数が高くなるほど小さくなるのではなく、或る予測次数で最小となる。短期予測分析部 2 1 1 2 は、予め定められた最小予測次数 P_{min} 以上かつ最大予測次数 P_{max} 以下のすべての整数を探索範囲とし、ロスレス復号するために必要な符号量が最小となる予測次数を最適予測次数 P_{opt} とする。

【 0 0 1 1 】

また、上記のように適応的に最適予測次数 P_{opt} を決定するのではなく、最適予測次数 P_{opt} を固定値とすることも可能である ([短期予測分析と最適予測次数] の説明終わり)。

【 0 0 1 2 】

10

20

30

40

50

算出されたPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)は、量子化部2113に送られ、量子化されて量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)が生成される。量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)は、係数符号化部2114に送られ、そこで可変長符号化される。また、量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)は、短期予測係数変換部2115にも送られる。短期予測係数変換部2115にはさらに最適予測次数 P_{opt} が送られ、短期予測係数変換部2115は、これらを用いて短期予測係数 $i(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)を算出する。次に、短期予測部2116は、1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)と各短期予測係数 $i(m)$ ($m=1,2,\dots,P_{opt}$)と最適予測次数 P_{opt} とを用い、 $P=P_{opt}$ での短期予測フィルタ(式(2))に従って短期予測値 $y(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)を計算する。そして、減算部2117は、時系列信号 $x(n)$ から短期予測値 $y(n)$ を減算した予測残差 $e(n)$ を算出する(予測フィルタ処理)。

10

【0013】

予測残差 $e(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)は所定の範囲の整数で表現された値である。例えば、入力された時系列信号 $x(n)$ が有限ビット数の整数形式で表現され、小数点以下を四捨五入するなどして整数化された線形予測係数をフィルタ係数とする線形予測フィルタの出力値を線形予測値 $y(n)$ とする場合には、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した値を予測残差 $e(n)$ とすることで、有限ビット数の整数形式で表現された(所定の範囲の整数で表現された)予測残差 $e(n)$ が得られる。また、時系列信号 $x(n)$ や線形予測値 $y(n)$ が整数形式で表現されたものでない場合には、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した値が有限ビット数の整数形式で表現されたものが、予測残差 $e(n)$ とされてもよい。残差符号化部2120(図3A)は、当該整数表現された予測残差 $e(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)をゴロム・ライス符号化(Golomb-Rice Coding)する。ゴロム・ライス符号化では、まず、パラメータ算出部2121が、入力された予測残差 $e(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)を用い、整数であるパラメータ s (「ライスパラメータ」と呼ぶ場合もある)を生成する。

20

【0014】

[パラメータ s の生成]

パラメータ s の最適値は、入力された予測残差 $e(n)$ ($n=0,\dots,N-1$)の振幅に依存する。通常、フレームやそれを複数の時間区分に区分したサブフレームなどの或る離散時間区間毎に予測残差 $e(n)$ の振幅が均一であると仮定され、その区間での予測残差 $e(n)$ の平均振幅から当該区間でのパラメータ s が設定される。

30

【0015】

しかし、ランダムアクセスされた離散時間区間(フレームやサブフレームなど)の場合、その離散時間区間の各予測残差 $e(n)$ の振幅がすべて均一であるとの仮定は妥当ではない。すなわち、ランダムアクセスされた離散時間区間では、その離散時間区間以前の時系列信号を短期予測フィルタ(式(2))による計算に利用することができない。そのため、離散時間区間の最先から P_{opt} 番目までの離散時間では、短期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号数が最適予測次数 P_{opt} 未満に制限される。その結果、離散時間区間の最先から P_{opt} 番目までの離散時間での各予測残差 $e(n)$ の振幅が、 $P_{opt}+1$ 番目以後の離散時間での各予測残差 $e(n)$ の振幅よりも大きくなる場合が多い。

40

【0016】

そのため、非特許文献2の方法では、以下に例示するように、時系列信号 $x(n)$ の表現ビット長から固定的に定まる値が離散時間 $n=0$ でのパラメータ s とされ、離散時間 $n=3$ 以後の予測残差 $e(n)$ の平均振幅から求めたパラメータに固定値を加算した値が離散時間 $n=1,2$ でのパラメータ s とされ、離散時間 $n=3$ 以後の予測残差 $e(n)$ の平均振幅から求めたパラメータが離散時間 $n=3,\dots,N-1$ でのパラメータ s とされる。例えば、「時系列信号 $x(n)$ の表現ビット長-4」が離散時間 $n=0$ でのパラメータ s とされ、「予測残差 $e(n)$ の平均振幅から求めたパラメータ+3」が離散時間 $n=1$ でのパラメータ s とされ、「予測残差 $e(n)$ の平均振幅から求めたパラメータ+1」が離散時間 $n=2$ でのパラメータ s とされ、「予測残差 $e(n)$ の平均振幅から求めたパラメータ」が離散時間 $n=3,\dots,N-1$ でのパラメータ s とされる([パラメータ s の生成]の説明終わり)。

50

【0017】

次に、符号化部 2 1 2 2 の分離演算部 2 1 2 2 a に予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とパラメータ s とが入力される。分離演算部 2 1 2 2 a は、これらを用いた所定の除算によって、整数の商 $q(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とその剰余を特定する情報 $sub(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とを算出する。この除算は、基本的には予測残差 $e(n)$ を 2^s で割る演算である。しかし、正負が存在する予測残差 $e(n)$ を区別して取り扱う必要性や符号長削減等の観点から、単に予測残差 $e(n)$ を 2^s で割る演算から多少変更された演算がなされる場合もある。次に、可変長符号化部 2 1 2 2 b が、この商 $q(n)$ をアルファ符号化し、情報 $prefix(n)$ を生成する。生成された情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ とは合成部 2 1 2 2 c に入力される。合成部 2 1 2 2 c は、情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ のビット結合値 $prefix(n)|sub(n)$ を予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e(n)$ として出力する。また、残差符号化部 2 1 2 0 は、例えば、この残差符号 $C_e(n)$ とともにパラメータ s を出力する。

10

【0018】

短期予測分析部 2 1 1 2 で選択された最適予測次数 P_{opt} と、予測符号化部 2 1 1 0 で生成された係数符号 C_k と、残差符号化部 2 1 2 0 で生成された残差符号 $C_e(n)$ 及びパラメータ s とは、合成部 2 1 3 0 に送られ、そこで合成されて符号 C_g が生成される。

【0019】

< 復号方法 >

復号装置 2 2 0 0 (図 2) に入力された符号 C_g は、分離部 2 2 1 0 で最適予測次数 P_{opt} と係数符号 C_k と残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とパラメータ s とに分離される。最適予測次数 P_{opt} 及び係数符号 C_k は予測復号部 2 2 3 0 に入力され、残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) 及びパラメータ s は残差復号部 2 2 2 0 に入力される。

20

【0020】

残差復号部 2 2 2 0 (図 3 B) の分離部 2 2 2 1 は、入力された残差符号 $C_e(n)$ を情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ とに分離する。分離された情報 $prefix(n)$ は、可変長復号部 2 2 2 2 で復号されて商 $q(n)$ が生成される。そして、合成演算部 2 2 2 3 に情報 $sub(n)$ と商 $q(n)$ とパラメータ s とが入力され、合成演算部 2 2 2 3 はこれらを用いて予測残差 $e(n)$ を復号する。

【0021】

一方、係数符号 C_k は、予測復号部 2 2 3 0 の係数復号部 2 2 3 1 に入力される。係数復号部 2 2 3 1 は、係数符号 C_k を復号して量子化 PARCOR 係数 $i(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) を生成する。量子化 PARCOR 係数 $i(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) は短期予測係数変換部 2 2 3 2 に送られる。短期予測係数変換部 2 2 3 2 は、量子化 PARCOR 係数 $i(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) を用い、最適予測次数 P_{opt} の短期予測フィルタ (式 (2)) の各短期予測係数 $i(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) を算出する。短期予測部 2 2 3 3 は、算出された各短期予測係数 $i(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$) と、過去に加算部 2 2 3 4 から出力された時系列信号 $x(n)$ とを用い、 $P=P_{opt}$ の短期予測フィルタ (式 (2)) によって、短期予測値 $y(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を生成する。加算部 2 2 3 4 は、当該短期予測値 $y(n)$ と、残差復号部 2 2 2 0 で復号された予測残差 $e(n)$ とを加算して、時系列信号のロスレス復号値 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を生成する (逆予測フィルタ処理) 。

30

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0022】

【非特許文献 1】Mat Hans and Ronald W. Schafer, "Lossless Compression of Digital Audio", IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, July 2001, pp.21-32.

【非特許文献 2】ISO/IEC 14496-3 AMENDMENT 2: Audio Lossless Coding (ALS), new audio profiles and BSAC extensions.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

50

上述のように非特許文献2の方法では、時系列信号の表現ビット長から固定的に定まる値や、予測残差の平均振幅から求めたパラメータに固定値を加算した値を、離散時間区間の先頭付近の予測残差を可変長符号化するためのパラメータとしていた。

しかし、このような方法では最適なパラメータからの乖離が大きくなる場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明では、離散時間区間が含む最先の時間区間を第1区間とし、当該第1区間よりも後の時間区間を第2区間とした場合における、当該第2区間を含む時間区間での予測残差の平均振幅の広義単調増加関数値に相当する正の第2区間パラメータが、第2区間の予測残差の可変長符号化用パラメータとして算出される。さらに、第2区間パラメータと、第2区間を含む時間区間での時系列信号の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の広義単調増加関数値に相当する値が、第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用パラメータとして算出される。

10

【発明の効果】

【0025】

本発明では、予測残差の可変長符号化用パラメータを適切に選択できる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来における予測符号化方式の符号化装置の機能構成を説明するためのブロック図。

20

【図2】従来における予測符号化方式の復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図3】図3Aは、図1に示す残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図であり、図3Bは、図2に示す残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図である。

【図4】短期予測分析を用いた予測符号化方式における予測次数と符号量の関係を示すためのグラフ。

【図5】図5A、5Bは、ランダムアクセスされたフレームの予測残差 $e(n)$ の振幅 $(|e(n)|)$ を模式的に例示した図である。

【図6】図6A~6Cは、ランダムアクセスされたフレームの予測残差 $e(n)$ の振幅 $(|e(n)|)$ を模式的に例示した図である。

30

【図7】第1実施形態の符号化装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図8】図7に示した残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図9】第1実施形態の復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図10】図9に示した残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図11】第1実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図12】図11のステップS30の一例を説明するためのフローチャート。

【図13】図11のステップS50の詳細を例示するためのフローチャート。

【図14】第1実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【図15】ステップS250の詳細を例示するためのフローチャート。

【図16】第2実施形態における符号化装置の残差符号部の機能構成を説明するためのブロック図。

40

【図17】第2実施形態における復号装置の残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図18】加算値 $a(r)$ を特定する基準の一例を説明するためのフローチャート。

【図19】第2実施形態の変形例における符号化装置の残差符号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図20】第2実施形態の変形例の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図21】図20のステップS630の一例を説明するためのフローチャート。

【図22】第3実施形態の符号化装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図23】図22に示した残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

50

【図24】第3実施形態の復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図25】図24に示した残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図26】第3実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図27】図26のステップS730の一例を説明するためのフローチャート。

【図28】第3実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下では、本形態の原理を説明した後、各実施形態の説明を行っていく。

〔原理〕

まず、従来方式で予測残差の可変長符号化用のパラメータを選択した場合に、最適なパラメータからの乖離が大きくなる原因を検証する（非公知）。 10

まず、時系列信号の表現ビット長から固定的に定まる値をパラメータとした場合、予測残差の振幅によっては、最適なパラメータからの乖離が大きくなる場合がある。

【0028】

また、予測残差の平均振幅から求めたパラメータに固定値を加算して得られる値を、ランダムアクセスされた離散時間区間の先頭付近でのパラメータとした場合、当該離散時間区間での短期予測の程度（予測効果の程度）によっては最適な値からの乖離が大きくなる場合がある。すなわち、各時系列信号の自己相関が大きい場合には、予測次数を大きくすることで予測残差を小さくでき、最適予測次数が大きくなる（図4参照）。この場合、短期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号を十分確保（例えば最適予測次数の時系列信号が確保）できる時間区間（以下「時系列信号を十分確保できる時間区間」という）であれば、時系列信号の平均振幅に対する予測残差の平均振幅の比を小さくできる。しかし、短期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号を十分確保できない先頭付近などの区間（以下「時系列信号を十分確保できない時間区間」という）では予測残差を十分小さくすることができない。そのため、各時系列信号の自己相関が大きい場合には、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差が大きくなる。一方、各時系列信号の自己相関が小さい場合には、予測次数を大きくしても、時系列信号の平均振幅に対する予測残差の平均振幅の比はさほど小さくならないため、最適予測次数は小さくなる（図4参照）。この場合には、そもそも最適予測次数が小さいため、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差は小さくなる。つまり、各時系列信号の自己相関の大小に応じ、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差が変動する。そして、最適なパラメータは予測残差の振幅に依存するのであるから、各時系列信号の自己相関の大小、すなわち、時系列信号の平均振幅に対する予測残差の平均振幅の比に応じ、時系列信号を十分確保できる時間区間での最適なパラメータと時系列信号を十分確保できない時間区間での最適なパラメータとの差が変動する。非特許文献2の方法では、これらの最適なパラメータの差を固定値とし、時系列信号を十分確保できない時間区間でのパラメータを設定していた。そのため、各時系列信号の自己相関の大きさによっては、時系列信号を十分確保できない時間区間でのパラメータが不適切なものとなる。 30 40

【0029】

同様な問題は、最適予測次数を固定値とした場合でも生じる。すなわち、各時系列信号の自己相関が大きい場合、時系列信号を十分確保できる時間区間であれば予測残差を小さくできるが、時系列信号を十分確保できない時間区間では予測残差を十分小さくすることができない。そのため、各時系列信号の自己相関が大きい場合には、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差が大きくなる。一方、各時系列信号の自己相関が小さい場合には、短期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号が増加しても予測残差はさほど減少しないため、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十 50

分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差は小さくなる。この場合も、各時系列信号の自己相関の大小に応じ、時系列信号を十分確保できる時間区間での最適なパラメータと時系列信号を十分確保できない時間区間での最適なパラメータとの差が変動し、非特許文献2の方法では、時系列信号を十分確保できない時間区間でのパラメータが不適切となる場合がある。

【0030】

また、同様な問題は、長期予測分析を用いた予測符号化方式や、短期予測分析と長期予測分析とを組み合わせた予測符号化方式でも生じる。

【0031】

長期予測分析は、時系列信号の振幅特性が基本周期で繰り返される性質を利用した予測分析である。長期予測分析では、ある時点 n の時系列信号 $x(n)$ を、その時点 n よりも $+j$ だけ過去の時点 $n-j$ の各時系列信号 $x(n-j)$ (T は基本周期(遅延値)、 $j=-\text{tap}, \dots, \text{tap}$ (tap は0や1を用いることが多い))をそれぞれ係数 $g(j)$ («ゲイン」と呼ぶ)で重み付けしたものと、予測残差 $e(n)$ と間に線形1次結合が成り立つと仮定した長期予測モデル

$$e(n) = x(n) + g(-\text{tap}) \cdot x(n - \text{tap}) + \dots + g(\text{tap}) \cdot x(n - \text{tap}) \dots (4)$$

を定める。そして、入力された時系列信号 $x(n)$ に対し、予測残差 $e(n)$ のエネルギーを最小化するゲイン $g(j)$ や遅延値 T が算出される。ここで、

$$y(n) = -\{ g(-\text{tap}) \cdot x(n - \text{tap}) + \dots + g(\text{tap}) \cdot x(n - \text{tap}) \} \dots (5)$$

の線形FIRフィルタを「長期予測フィルタ」と呼ぶ。

【0032】

長期予測分析の場合も、基本周期ごとの各時系列信号の自己相関が大きい場合、長期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号を十分確保できる時間区間では予測残差を小さくできるが、時系列信号を十分確保できない時間区間では予測残差を十分小さくすることができない(式(4)参照)。一方、各時系列信号の自己相関が小さい場合には、長期予測フィルタによる計算に利用できる時系列信号が増加しても予測残差はさほど減少しないため、時系列信号を十分確保できる時間区間での予測残差の振幅と、時系列信号を十分確保できない時間区間での予測残差の振幅との差は小さくなる。そのため、各時系列信号の自己相関の大小に応じ、時系列信号を十分確保できる時間区間での最適なパラメータと時系列信号を十分確保できない時間区間での最適なパラメータとの差が変動し、非特許文献2の方法では、時系列信号を十分確保できない時間区間でのパラメータが不適切となる場合がある。

【0033】

また、上述したような問題は、予測残差をゴロム・ライス符号化するためのライスパラメータのみに限定されたものではなく、予測残差を可変長符号化するためのパラメータであって、符号量を最小化するための最適値が当該予測残差の振幅が大きくなるに従って広義単調増加又は単調増加するパラメータに共通する問題である。

【0034】

本発明の実施形態では、以下のように、このような問題を解決する。

まず、短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合を例にとって説明する。

【0035】

図5A、5B及び図6A~6Cは、ランダムアクセスされたフレーム(「或る離散時間区間」に相当)の予測残差 $e(n)$ の振幅($|e(n)|$)を模式的に例示した図である。なお、これらの図における横軸は離散時間 n であり、縦軸は予測残差の振幅である。また、フレームは離散時間 $n=0, \dots, N-1$ からなる離散時間区間 $(0, \dots, N-1)$ であり、 T_1 はフレームの最先の離散時間から L 番目の離散時間までの時間区間(第1区間:離散時間区間が含む最先の時間区間)であり、 T_2 はフレームの $L+1$ 番目の離散時間から最後の離散時間までの時間区間(第2区間:第1区間よりも後の時間区間)である。なお、 N は予め定められた2以上の整数である。また、 L は離散時間区間 $(0, \dots, N-1)$ に属する離散時間数 N 未満の予め定められた正の整数(1以上の整数)である。短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を

符号化する場合、 L は短期予測分析の最大予測次数 P_{max} 以下の予め定められた正の整数である。

【 0 0 3 6 】

図 5 A は、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きい場合の予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の振幅を模式的に例示している。また、図 5 B は、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が小さい場合の予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を模式的に例示している。

【 0 0 3 7 】

図 5 A に例示するように、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きい場合には、最適予測次数 P_{opt} が大きくなるため、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない先頭付近の時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅が大きくなり、それ以後の時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅が小さくなる。一方、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が小さい場合には、最適予測次数 P_{opt} が小さくなるため、図 5 B に例示するように、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅だけでなく、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅も大きくなる。このように、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大小に応じ、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅と、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間での予測残差 $e(n)$ の振幅との差が変動する。そして、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を可変長符号化するために最適なパラメータは予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の振幅に依存するのであるから、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大小に応じ、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間で最適なパラメータと、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間で最適なパラメータとの差が変動する。

【 0 0 3 8 】

本形態では、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を可変長符号化するときに、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間で最適なパラメータと、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値との和又はその補正值（これらは当該加算値の広義単調増加関数値に相当する）を、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間で最適なパラメータとして推定する。

【 0 0 3 9 】

すなわち、図 5 A のように、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きく、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$, $\mu_{min} < \mu_{max}$) の平均振幅に対する予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅の比が小さい場合（予測効果が大きい場合）には、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間（第 2 区間 T_2 を含む時間区間）で最適なパラメータに大きな加算値を加えたもの又はその補正值を、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間（第 1 区間 T_1 ）でのパラメータとして推定する。

【 0 0 4 0 】

一方、図 5 B のように、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が小さく、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅に対する予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅の比が大きい場合（予測効果が小さい場合）には、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できる時間区間（第 2 区間 T_2 を含む時間区間）で最適なパラメータに小さな加算値（0 を含む）を加えたもの又はその補正值を、時系列信号 $x(n)$ を十分確保できない時間区間（第 1 区間 T_1 ）でのパラメータとして推定する。

【 0 0 4 1 】

つまり、第 2 区間 T_2 を含む時間区間で最適なパラメータと、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅に対する予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅の比が小さくに従って広義単調増加する関係にある加算値と、の和に対して広義単調増加する関係にある値を、第 1 区間 T_1 でのパラメータとして推定する。加算値は、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での時系列信号の平均振幅に対する予測残差の平均振幅の比の広義単調減少関数値に相当する。

【 0 0 4 2 】

言い換えると、本形態では、第 2 区間 T_2 を含む時間区間で最適なパラメータと、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の予測効果を表す指標に対応する正の加算値との和の広義単調増加関数値に相当する値を、第 1 区間 T_1 でのパラメータとする。これにより、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大小 (予測効果の大小) に応じた最適なパラメータを推定できる。

【 0 0 4 3 】

ここで、最適予測次数 P_{opt} の短期予測フィルタによる計算に必要なすべての時系列信号 $x(n)$ を確保できない時間区間は、先頭から P_{opt} 番目までの離散時間からなる時間区間 $(0, \dots, P_{opt}-1)$ である。また、最適予測次数 P_{opt} は、最小予測次数 P_{\min} 以上かつ最大予測次数 P_{\max} 以下の範囲から適応的に選択される。そのため、短期予測フィルタによる計算に必要なすべての時系列信号 $x(n)$ を確保できない時間区間となり得るのは、先頭から P_{\max} 番目までの離散時間からなる時間区間 $(0, \dots, P_{\max}-1)$ である。

【 0 0 4 4 】

そこで、本形態では、時間区間 $(0, \dots, P_{\max}-1)$ のうちの時間区間 $(0, \dots, L-1)$ を第 1 区間 T_1 とする。また、残りの時間区間 $(L, \dots, N-1)$ を第 2 区間 T_2 とする。そして、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するとき、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の第 2 区間パラメータ s が、第 2 区間 T_2 の予測残差 $e(z)$ を可変長符号化するためのパラメータとして算出される。第 2 区間パラメータ s は、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の平均振幅の広義単調増加関数値に相当する。

【 0 0 4 5 】

さらに、本形態では、第 2 区間パラメータ s と、フレームに属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値との和又はその補正值である第 1 区間パラメータが、第 1 区間 T_1 に属する或る離散時間での予測残差を可変長符号化するためのパラメータとされる。第 1 区間パラメータは、第 2 区間パラメータ s と、時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の予測効果を表す指標に対応する正の加算値と、の和の広義単調増加関数値に相当する。予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するときと同一の基準に従い、正の加算値が求められる。さらに、第 2 区間 T_2 を含む時間区間での予測残差の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の第 2 区間パラメータと、当該加算値と、の和又はその補正值である第 1 区間パラメータが、第 1 区間 T_1 に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号を復号するためのパラメータとされる。

【 0 0 4 6 】

なお、本形態では、ランダムアクセスされた或る離散時間区間の一例として、ランダムアクセスされたフレームが例示される。しかしながら、ランダムアクセスされた先頭のサブフレームが「或る離散時間区間」であってもよい。また、本形態で使用する「広義単調増加」は「単調非減少」と同義であり、値 f が大きくなるに従って広義単調増加する値 (広義単調増加関数値に相当する値) を $f(\mu_1)$ と表現した場合、任意の μ_1, μ_2 に対して $f(\mu_1) \leq f(\mu_2)$ の関係が成り立つ。また、「広義単調減少」は単調非増加と同義であり、値 g が大きくなるに従って広義単調減少する値 (広義単調減少関数値に相当する値) を $g(\mu_1)$ と表現した場合、任意の μ_1, μ_2 に対して $g(\mu_1) \geq g(\mu_2)$ の関係が成り立つ。

【 0 0 4 7 】

以下に、短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合の加算値の設定例を列挙する。

< PARCOR 係数の大きさを指標とする例 >

フレームに属する時系列信号 $x(n)$ の自己相関の大きさを示す指標 (時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の予測効果を表す指標) の一つに PARCOR 係数 $k(m)$ がある。PARCOR 係数 $k(m)$ は $-1.0 \leq k(m) \leq 1.0$ の値をとり、時系列信号 $x(n)$ の自己相関が大きいほど絶対値が大き

10

20

30

40

50

くなる。そのため、或る次数のPARCOR係数 $k(m)$ の大きさを指標とし、その大きさに応じて加算値の値を変化させることで、第1区間 T_1 で最適なパラメータを選択することが可能となる。すなわち、フレームに属する時系列信号に対応する或る次数のPARCOR係数の大きさが第1値である場合に、第2区間パラメータと、正の第1加算値との和の広義単調増加関数値に相当する値を、第1区間 T_1 に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用のパラメータとする。PARCOR係数の大きさが第1値よりも大きな第2値である場合に、第2区間パラメータと、第1加算値以上の第2加算値との和の広義単調増加関数値に相当する値を、第1区間 T_1 に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号化用のパラメータとする。なお、PARCOR係数の大きさは、例えば、PARCOR係数の振幅の大きさ、PARCOR係数の絶対値の大きさ、PARCOR係数のエネルギーの大きさなどである。また、PARCOR係数の写像値の大きさを評価することで、PARCOR係数の大きさが評価されてもよい。

10

【0048】

この例では、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するとき、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を短期予測分析して得られた或る次数のPARCOR係数 $k(m)$ の絶対値 $|k(m)|$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値を加算値とし、第1区間 T_1 での最適なパラメータを設定する。この場合の加算値は、或る次数のPARCOR係数 $k(m)$ の大きさの広義単調増加関数値に相当する。そして、予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、符号化時に加算値の決定に用いられた次数のPARCOR係数に対応する符号の復号値を用い、符号化時と同じ基準に従って加算値を定め、第1区間 T_1 でのパラメータを算出する。

【0049】

20

[例1~4]

例1~4は $L=3$ の例である。各加算値 $a(r)$ が1次のPARCOR係数 $k(1)$ の絶対値 $|k(1)|$ の増加に応じて段階的に大きくなるように設定されている。また、加算値 $a(r)$ は離散時間 r での加算値であり、各離散時間 $r=0, 1, 2$ での第1区間パラメータは $s(r)=s+a(r)$ ($r=0, 1, 2$)となる。なお、第1区間 T_1 の最先から L 番目までの離散時間の各インデックスを r ($r=0, \dots, L-1$)とし、インデックス r が示す離散時間を「離散時間 r 」と呼ぶ。なお、フレームの先頭に近い離散時間での予測残差ほど大きさが大きくなる傾向がある。そのため、加算値 $a(r)$ は、インデックス r の広義単調減少関数値に相当する値であることが望ましい。

【0050】

また、例3のように $|k(1)|$ の値に応じ、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で0とされてもよいし、例4のように $|k(1)|$ の値に応じ、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で同値とされてもよい。また、例5のように、 $|k(1)|$ の値の変化に応じて連続的に変化する関数値を加算値 $a(r)$ としてもよい。

30

《例1》

0.9 $|k(1)| \geq 1.0$ のとき : $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$

0.6 $|k(1)| < 0.9$ のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$

0 $|k(1)| < 0.6$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$

《例2》

0.9 $|k(1)| \geq 1.0$ のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$

0 $|k(1)| < 0.9$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$

40

《例3》

0.9 $|k(1)| \geq 1.0$ のとき : $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$

0.6 $|k(1)| < 0.9$ のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$

0 $|k(1)| < 0.6$ のとき : $a(0)=0, a(1)=0, a(2)=0$

《例4》

0.9 $|k(1)| \geq 1.0$ のとき : $a(0)=2, a(1)=2, a(2)=2$

0 $|k(1)| < 0.9$ のとき : $a(0)=1, a(1)=1, a(2)=1$

《例5》

$a(0)=2|k(1)|+1, a(1)=2|k(1)|, a(2)=|k(1)|$

【0051】

50

[例 6 , 7]

例 6 , 7 もL=3の例であるが、第 1 区間 T 1 の一部の離散時間のみに本発明が適用される。この例では、離散時間r=0でのパラメータが固定値（例えば、時系列信号x(n)の表現ビット長 - 4）とされ、離散時間r=1,2でのパラメータが第 1 区間パラメータs(r)=s+a(r) (r=1,2)とされる。また、例 7 では、離散時間r=1での加算値a(1)が|k(1)|の増加に応じて段階的に大きくなるように設定され、離散時間r=2での加算値a(2)が固定値となっている。

《 例 6 》

- 0.9 |k(1)| 1.0のとき : a(1)=3, a(2)=2
- 0.6 |k(1)| < 0.9のとき : a(1)=2, a(2)=1
- 0 |k(1)| < 0.6のとき : a(1)=1, a(2)=0

10

《 例 7 》

- 0.9 |k(1)| 1.0のとき : a(1)=3, a(2)=1
- 0.6 |k(1)| < 0.9のとき : a(1)=2, a(2)=1
- 0 |k(1)| < 0.6のとき : a(1)=1, a(2)=1

【 0 0 5 2 】

< 最適予測次数を指標とする例 >

フレームに属する時系列信号x(n) (n=0, ..., N-1) の自己相関の大きさを示す指標（時系列信号x(μ) (μ=μ_{min}, ..., μ_{max}) の予測効果を表す指標）として、最適予測次数P_{opt} が用いられてもよい。時系列信号x(n) (n=0, ..., N-1) の自己相関が大きいほど（予測効果が大きいほど）、予測次数の増加に伴う予測残差e(n)のエネルギー減少量が大きくなり、適応的に選択される最適予測次数P_{opt} が大きくなる。そのため、最適予測次数P_{opt} を指標とし、その大きさに応じて加算値の値を変化させることで、第 1 区間 T 1 での最適なパラメータ設定が可能となる。

20

【 0 0 5 3 】

この例では、予測残差e(n)を可変長符号化するとき、フレームに属する時系列信号x(n) (n=0, ..., N-1) の短期予測分析を行う際に適応的に選択された最適予測次数P_{opt} が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値を加算値とし、第 1 区間 T 1 での最適なパラメータを設定する。この例の場合の加算値は、最適予測次数P_{opt} の広義単調増加関数値に相当する。そして、予測残差e(n)の符号を復号するときには、符号化時に加算値の決定に用いられた最適予測次数P_{opt} を用い、符号化時と同じ基準に従って加算値を定め、第 1 区間 T 1 でのパラメータを算出する。

30

【 0 0 5 4 】

[例 8 , 9]

例 8 はL=3の例である。各加算値a(r)が最適予測次数P_{opt}の増加に応じて段階的に大きくなるように設定されている。各離散時間r=0,1,2での第 1 区間パラメータはs(r)=s+a(r) (r=0,1,2)となる。なお、フレームの先頭に近い離散時間での予測残差ほど大きさが大きくなる傾向がある。そのため、加算値a(r)はインデックスrの広義単調減少関数値に相当する値であることが望ましい。また、例 9 はL=2の例である。その他、PARCOR係数を指標とする場合と同様、最適予測次数P_{opt}の値に応じ、加算値a(r)が各離散時間r=0,1,2で0とされてもよいし、加算値a(r)が各離散時間r=0,1,2で同値とされてもよい。また、この例の場合も、第 1 区間 T 1 の一部の離散時間のみに本発明が適用されてもよい。また、最適予測次数P_{opt}の変化に応じて連続的に変化する関数値が加算値a(r)とされてもよい。

40

《 例 8 》

- 16 P_{opt} P_{max}のとき : a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1
- 4 P_{opt} < 16のとき : a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0
- P_{min} P_{opt} < 4のとき : a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0

《 例 9 》

- 16 P_{opt} P_{max}のとき : a(0)=3, a(1)=2
- 4 P_{opt} < 16のとき : a(0)=2, a(1)=1

50

$P_{min} \leq P_{opt} < 4$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0$

【 0 0 5 5 】

< 予測残差のエネルギーを指標とする例 1 >

フレームに属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関が大きい場合 (時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu=\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の予測効果が大きい場合) には、フレーム内の予測残差のエネルギーが小さくなる。逆に自己相関が小さい場合 (時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu=\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の予測効果が小さい場合) には、フレーム内の予測残差のエネルギーが大きくなる。そのため、フレームに属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大きさを示す指標 (時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu=\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の予測効果を表す指標) として、フレーム内の予測残差のエネルギーが用いられてもよい。フレーム内の予測残差のエネルギーの総和は、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を予測次数 P で短期予測分析して得られた1次から P 次までの各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) を用いて $E(0) \cdot \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ によって算出できる。なお、 $E(0)$ は、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) のエネルギーの総和 $E(0) = \sum_{n=0}^{N-1} \{x(n)\}^2$ である。また、予測次数 P が適応的に選択される場合、予測次数 P は最適予測次数 P_{opt} となる。ただ、 $E(0)$ は時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大小の指標とはならないため、 $E(p) = \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ を指標として用いる。

10

【 0 0 5 6 】

この例では、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を可変長符号化するとき、 $E(p) = \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調増減少の関係にある値 ($E(p)$ の広義単調増減少関数値に相当する値) が加算値とされ、第1区間 T_1 での最適なパラメータが設定される。なお、各予測次数 m での $1-k(m)^2$ は、バーグ (Burg) 法など短期予測分析の過程で計算される値であるため、その過程で得られた各 $1-k(m)^2$ をメモリに保存しておけば、各 $1-k(m)^2$ を再計算することなく $E(p)$ を算出できる。そして、予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、1次から P 次までの各PARCOR係数に対応する符号の復号値を用い、符号化時と同じ基準に従って加算値が定められ、第1区間 T_1 でのパラメータが算出される。

20

【 0 0 5 7 】

[例 1 0 , 1 1]

例 1 0 は $L=3$ の例である。各加算値 $a(r)$ が $E(p)$ の増加に応じて段階的に小さくなるように設定されている。各離散時間 $r=0, 1, 2$ での第1区間パラメータは $s(r)=s+a(r)$ ($r=0, 1, 2$) となる。フレームの先頭に近い離散時間での予測残差ほど大きくなる傾向がある。そのため、加算値 $a(r)$ はインデックス r の広義単調減少関数値に相当する値であることが望ましい。また、例 1 1 は $L=2$ の例である。その他、PARCOR係数を指標とする場合と同様、 $E(p)$ の値に応じ、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で0とされてもよいし、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で同値とされてもよい。また、この例の場合も、第1区間 T_1 の一部の離散時間のみにも本発明を適用することとしてもよい。また、 $E(p)$ の値の変化に応じて連続的に変化する関数値が加算値 $a(r)$ とされてもよい。

30

《 例 1 0 》

0 $E(p) < 0.1$ のとき : $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$

0.1 $E(p) < 0.6$ のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$

0.6 $E(p) \geq 1$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$

40

《 例 1 1 》

0 $E(p) < 0.1$ のとき : $a(0)=3, a(1)=2$

0.1 $E(p) < 0.6$ のとき : $a(0)=2, a(1)=1$

0.6 $E(p) \geq 1$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0$

【 0 0 5 8 】

< 予測残差のエネルギーを指標とする例 2 >

第1区間 T_1 の先頭の離散時間 $r=0$ では、短期予測フィルタによる計算に用いることができる時系列信号が存在しない。そこで、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の平均エネルギー $E(0)/N$ を用い、離散時間 $r=0$ での予測残差 $e(0)$ のエネルギーを $E(0)/N$ と推定する。また、 $P > r > 0$ の場合、第1区間 T_1 の離散時間 r での予測残差 $e(r)$ のエネルギー

50

ーは、 $\{E(0)/N\} \cdot \prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\}$ と推定される。なお、予測次数Pが適応的に選択される場合、予測次数Pは最適予測次数 P_{opt} となる。また、L = Pの場合、第2区間T2の離散時間zでの予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)の各エネルギーは $\{E(0)/N\} \cdot \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ で推定され、第2区間T2の予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)の平均エネルギーは $\{E(0)/N\} \cdot \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ で近似される。

【0059】

よって、L = Pの場合、第1区間T1の先頭の離散時間 $r=0$ の予測残差 $e(0)$ のエネルギーと、第2区間T2の予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)の平均エネルギーとの差は、

$$\{E(0)/N\} \{1 - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}\}$$

で近似される。また、L = P > r > 0の場合、第1区間T1の離散時間rでの予測残差 $e(r)$ のエネルギーと、第2区間T2の予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)の平均エネルギーとの差は、

$$\{E(0)/N\} \{ \prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\} \}$$

で近似される。

【0060】

そのため、この例では、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するとき、 $1 - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値 ($1 - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の広義単調増加関数値に相当する値)を離散時間 $r=0$ での加算値 $a(0)$ とする。また、 $\prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値 ($\prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の広義単調増加関数値に相当する値)を離散時間 r ($0 < r < P$)での加算値 $a(r)$ とする。そして、これらの加算値を用い、第1区間T1で最適なパラメータが設定される。そして、予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、1次からP次までの各PARCOR係数に対応する符号の復号値を用い、符号化時と同じ基準に従って加算値が求められ、第1区間T1でのパラメータが算出される。

【0061】

なお、この例の場合、各離散時間 r ($r=0, \dots, L-1$)での第1区間パラメータは、 $s(r)=s+a(r)$ となる。その他、PARCOR係数を指標とする場合と同様、 $1 - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ や $\prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の値に応じ、加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)が各離散時間 r ($r=0, \dots, L-1$)で0とされてもよいし、加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)が各離散時間 r ($r=0, \dots, L-1$)で同値とされてもよい。また、この場合も、第1区間T1の一部の離散時間のみに本発明が適用されてもよい。また、 $1 - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ や $\prod_{m=1}^r \{1-k(m)^2\} - \prod_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ の値の変化に応じて連続的に変化する関数値が加算値 $a(r)$ とされてもよい。

【0062】

<フレームのサンプル数と加算値との関係の一例>

図6Aは、図5Aよりもフレームに属するサンプル数が少ない場合の予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の振幅を模式的に例示している。図5Aと図6Aとを比較すれば分かるように、フレームに属するサンプル数が少ないほど、第2区間T2での予測残差の平均振幅が増加する傾向がある。これは、フレームに属するサンプル数が少ないほど、第2区間T2中に占める「短期予測フィルタによる計算に必要なすべての時系列信号 $x(n)$ を確保できない時間区間」の割合が大きくなることに起因する。そのため、加算値は、符号化の処理単位となるランダムアクセスされた離散時間区間に属する時系列信号数が大きくなるに従って広義単調増加する関係にあることが望ましい。言い換えると、加算値は、離散時間区間に属する時系列信号数の広義単調増加関数値に相当する値であることが望ましい。例えば、符号化の処理単位がフレーム又はサブフレームに切り替え可能とされ、サブフレームを処理単位として用いる場合の加算値よりも、フレームを処理単位として用いる場合の加算値が大きくされてもよい。

【0063】

<第2区間パラメータの大きさと加算値との関係の一例>

図6Bは、フレームに属する予測残差 $e(n)$ の振幅が0に近い場合を模式的に例示している。また、図6Cは、フレームに属する予測残差 $e(n)$ の振幅が最大振幅値MAXに近い場合を模式的に例示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

図 6 B のように、フレームに属する各予測残差 $e(n)$ の振幅が 0 に近い場合には、そのフレームが無音区間である可能性が高い。この場合、第 1 区間 T 1 での予測残差 $e(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) の平均振幅と第 2 区間 T 2 での予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$) の平均振幅との差も 0 に近くなる。この場合には、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大きさの変動(時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の予測効果の大きさの変動)に対応する、第 1 区間 T 1 と第 2 区間 T 2 とでの平均振幅の差の変動幅も小さくなる。

【 0 0 6 5 】

また、図 6 C のようにフレームに属する各予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の振幅が最大振幅値 MAX に近い場合には、各予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) が飽和する。この場合、第 1 区間 T 1 での予測残差 $e(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) の平均振幅と第 2 区間 T 2 での予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$) の平均振幅との差が 0 に近くなる場合が多い。この場合には、各時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の自己相関の大きさの違いに対応する、第 1 区間 T 1 と第 2 区間 T 2 とでの平均振幅の差の違いも小さくなる。

【 0 0 6 6 】

以上より、フレームに属する各予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の振幅が 0 に近い場合や最大振幅値 MAX に近い場合には、加算値を小さくする設定が望ましい。具体的には、0 以上最大振幅値 MAX 以下の範囲に所定値 TH1 と所定値 TH2 とを設定し ($0 < TH1 < TH2 < MAX$)、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH1 以下である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第 2 区間パラメータが当該所定値 TH1 よりも大きく所定値 TH2 よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにしてもよい。すなわち、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH1 以下である場合の加算値が、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH1 よりも大きい場合の加算値よりも小さくてもよい。又は、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH2 以上である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第 2 区間パラメータ s が所定値 TH1 よりも大きく当該所定値 TH2 よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにしてもよい。すなわち、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH2 以上ある場合の加算値が、第 2 区間パラメータ s が所定値 TH2 よりも小さい場合の加算値よりも小さくてもよい。又は、これら両方の設定を行ってもよい。

【 0 0 6 7 】

< 付加情報 >

上述した加算値を特定するために必要な PARCOR 係数などの指標は、従来の短期予測符号化方式でも復号装置に与えられるものである。すなわち、本形態の処理を行うにあたり、符号化装置は、符号に新たな情報を付加する必要はない。

【 0 0 6 8 】

しかし、符号化装置が、加算値を特定するための基準を選択できる構成とし、符号化装置が選択した基準を示す補助情報 d が符号に含まれてもよい。例えば、符号化装置が、上述した《例 1》の基準と《例 2》の基準とから 1 つの基準を選択し、その基準に従って加算値を決定し、選択した基準を示す補助情報 d を符号に含めて復号装置に与えてもよい。また、符号化装置が上述した PARCOR 係数を指標とする基準と最適予測次数を指標とする基準とから 1 つの基準を選択し、その基準に従って加算値を決定し、選択した基準を示す補助情報 d を符号に含めて復号装置に与えてもよい。

【 0 0 6 9 】

また、第 2 区間パラメータと加算値との和を第 1 区間パラメータとするのではなく、第 2 区間パラメータと加算値との和に対して広義単調増加する関係にある補正値を第 1 区間パラメータとしてもよい。この場合、符号化装置が、その補正内容を示す補助情報 c を符号に含めて復号装置に与えることにしてもよい。補正内容を示す補助情報 c の一例は、第 1 区間 T 1 の予測残差 $e(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) の平均振幅から実際に計算したパラメータと、第 2 区間パラメータと加算値との和との差である。

【 0 0 7 0 】

< 基準の組み合わせ >

上述した基準を組み合わせると加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) が設定されてもよい。例えば、

10

20

30

40

50

異なる離散時間で異なる基準が用いられてもよい。例えば、離散時間 $r=1$ では、上述したP ARCOR係数を指標とする基準に従って加算値 $a(1)$ が定められ、離散時間 $r=2$ では、上述した最適予測次数を指標とする基準に従って加算値 $a(2)$ が定められてもよい。

【0071】

<パラメータ>

なお、本形態で設定を行うパラメータとは、予測残差を可変長符号化するためのパラメータであって、符号量を最小化するための最適値が当該予測残差の振幅が大きくなるに従って広義単調増加又は単調増加する関係にあるパラメータである。このようなパラメータの一例は、予測残差をゴロム・ライス符号化するためのライスパラメータである。しかし、これは本発明を限定するものではない。本発明は、例えば、予測残差又はその絶対値の増加に応じて単調増加する関係にある0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する時間区間に対して設定されたパラメータに依存する整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第2情報とを含む情報を予測残差に対応する符号とする、あらゆる可変長符号化方式のパラメータに適用できる。このようなパラメータの例としては、ライスパラメータの他に予測残差をゴロム符号化(Golomb Coding)するためのゴロムパラメータや、ゴロム・ライス符号やゴロム符号のアルファ符号部分をハフマン符号(Huffman Code)に置き換えた可変長符号化方式のパラメータを例示できる。

10

【0072】

また、第2区間パラメータ s は、第2区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する値である。第2区間パラメータ s は、第2区間 T_2 の各予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)の平均振幅を用いて設定されてもよいし、第1区間 T_1 及び第2区間 T_2 の各予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の平均振幅を用いて設定されてもよいし、第1区間 T_1 の一部と第2区間 T_2 の各予測残差の平均振幅を用いて設定されてもよい。また、第2区間 T_2 を含む時間区間の各予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅に対して広義単調増加するのであれば、第2区間 T_2 の一部の区間の各予測残差の平均振幅を用いて、第2区間パラメータ s が設定されてもよい。

20

【0073】

また、前述した予測残差又はその絶対値の増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する時間区間に対して設定されたパラメータに依存する整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第2情報とを含む情報を予測残差に対応する符号とする、可変長符号化方式の場合、第2区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の符号の平均振幅を最小化するように第2区間パラメータ s が算出される。ライスパラメータの場合には、例えば、 $\log_2\{\ln 2 \cdot (2 \cdot D)\}$ (D は第2区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅)が整数に量子化された値が第2区間パラメータ s とされる。

30

【0074】

<長期予測フィルタを用いて得られた予測残差の符号化>

時系列信号の長期予測分析を行い、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差の符号化を行う場合、前述の L は、長期予測分析における遅延値の最大値以下の予め定められた整数である。前述のように、長期予測分析は、入力された時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)に対し、式(4)に示す予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)のエネルギーを最小化するゲイン (j) や遅延値を算出する処理であり、遅延値は最小遅延値 $_{min}$ 以上かつ最大遅延値 $_{max}$ 以下の範囲から適応的に選択される。そのため、長期予測フィルタによる計算に必要なすべての時系列信号 $x(n)$ を確保できない時間区間となり得るのは、先頭から $_{max}$ 番目までの離散時間からなる時間区間 $(0, \dots, _{max}-1)$ である。そこで、本形態では、この時間区間 $(0, \dots, _{max}-1)$ のうちの時間区間 $(0, \dots, L-1)$ を第1区間 T_1 とする。また、残りの時間区間 $(L, \dots, N-1)$ を第2区間 T_2 とする。そして、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するとき、第2区間 T_2 を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の

40

50

平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する正の第2区間パラメータ s が、第2区間 T_2 の予測残差 $e(z)$ を可変長符号化するためのパラメータとして算出される。また、第2区間パラメータ s と、フレームに属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の自己相関が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値(時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の長期予測分析を行った場合の予測効果を表す指標に対応する値)との和又はその補正值である第1区間パラメータが、第1区間 T_1 に属する或る離散時間での予測残差を可変長符号化するためのパラメータとされる。すなわち、第1区間パラメータは、第2区間パラメータ s と、時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の長期予測分析を行った場合の予測効果を表す指標に対応する値との和の広義単調増加関数値に相当する値である。

【0075】

予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するときと同一の基準に従い、第1区間に属する或る離散時間での予測残差の可変長符号を復号するための第1区間パラメータが算出される。

【0076】

長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合の加算値は、例えば、離散時間区間 $(0, \dots, N-1)$ の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を長期予測分析して得られた長期予測フィルタの予測係数であるゲイン (j) の絶対値 $| (j) |$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値である。この例では、予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するとき、ゲイン (j) が大きくなるに従って広義単調増減少する関係にある値が加算値とされ、第1区間 T_1 で最適なパラメータが設定される。そして、予測残差 $e(n)$ の符号を復号するときには、ゲイン (j) に対応する符号の復号値を用い、符号化時と同じ基準に従って加算値が定められ、第1区間 T_1 でのパラメータが算出される。

【0077】

[例12, 13]

例12は $L=3$ の例である。例12では、各加算値 $a(r)$ がゲイン (j) の絶対値 $| (j) |$ の増加に応じて段階的に大きくなるように設定されている。各離散時間 $r=0, 1, 2$ での第1区間パラメータは $s(r)=s+a(r)$ ($r=0, 1, 2$)となる。フレームの先頭に近い離散時間での予測残差ほど大きさが大きくなる傾向がある。そのため、加算値 $a(r)$ は、インデックス r の広義単調減少関数値に相当する値であることが望ましい。また、例13では、各加算値 $a(r)$ がゲイン $(-tap), \dots, (tap)$ の絶対値の平均値 $_{ave}$ の増加に応じて段階的に大きくなるように設定されている。その他、ゲインの値に応じ、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で0とされてもよいし、加算値 $a(r)$ が各離散時間 $r=0, 1, 2$ で同値とされてもよい。また、この例の場合も、第1区間 T_1 の一部の離散時間のみの本発明が適用されてもよい。また、ゲインの変化に応じて連続的に変化する関数値が加算値 $a(r)$ とされてもよい。

《例12》

| (0) | 60のとき : $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$
 60 > | (0) | 40のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$
 40 > | (0) | のとき : $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$

《例13》

$_{ave}$ 60のとき : $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$
 60 > $_{ave}$ 40のとき : $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$
 40 > $_{ave}$ のとき : $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$

【0078】

その他、加算値の具体的な設定方法以外の事項については、上述した短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合と同様である。また、短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を時系列信号として長期予測分析を行い、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合に本発明を用いてもよい。逆に、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を時系列信号として短期予測分析を行い、短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合に本発明を用いてもよい。このように短期予測分析と長期予測分析とを組み合わせる場合の加算値は、上述した短期予測フィルタを用い

10

20

30

40

50

て得られた予測残差を符号化する場合の加算値と同様であってもよいし、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合の加算値と同様であってもよいし、それらの設定基準を組み合わせて設定された加算値であってもよい。

【 0 0 7 9 】

〔 第 1 実施形態 〕

次に、本発明の第 1 実施形態を説明する。本形態は、短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する形態である。本形態では、PARCOR係数の大きさを指標として加算値を設定する例を説明する。また、具体的な基準として《例 1》の基準を用いる場合を示す。さらに、本形態の例では、0 以上最大振幅値MAX以下の範囲に所定値TH1と所定値TH2とを設定し ($0 < TH1 < TH2 < MAX$)、第 2 区間パラメータsが所定値TH1以下である場合の加算値a(r)が、当該第 2 区間パラメータが当該所定値TH1よりも大きく所定値TH2よりも小さい場合の加算値a(r)以下となるようにし、第 2 区間パラメータsが所定値TH2以上である場合の加算値a(r)が、当該第 2 区間パラメータsが所定値TH1よりも大きく当該所定値TH2よりも小さい場合の加算値a(r)以下となるようにする。ただし、これらは本発明を限定するものではない。

【 0 0 8 0 】

< 構成 >

図 7 は、第 1 実施形態の符号化装置 1 0 0 の機能構成を説明するためのブロック図であり、図 8 は、図 7 に示した残差符号化部 1 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図 9 は、第 1 実施形態の復号装置 2 0 0 の機能構成を説明するためのブロック図であり、図 1 0 は、図 9 に示した残差復号部 2 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、これらの図において図 1 から図 3 と同じ構成については、図 1 から図 3 と同じ符号を用い、説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

図 7 に示すように、本形態の符号化装置 1 0 0 は、予測符号化部 2 1 1 0、残差符号化部 1 2 0、及び合成部 2 1 3 0 を有する。また、図 8 に示すように、残差符号化部 1 2 0 は、パラメータ算出部 1 2 1、及び符号化部 1 2 2 を有する。また、パラメータ算出部 1 2 1 は、第 2 区間パラメータ算出部 1 2 1 a、加算値決定部 1 2 1 b、及び第 1 区間パラメータ算出部 1 2 1 c を有する。また、符号化部 1 2 2 は、分離演算部 1 2 2 a、可変長符号化部 2 1 2 2 b、及び合成部 2 1 2 2 c を有する。

【 0 0 8 2 】

また、図 9 に示すように、本形態の復号装置 2 0 0 は、分離部 2 2 1 0、残差復号部 2 2 0、及び予測復号部 2 2 3 0 を有する。また、図 1 0 に示すように、残差復号部 2 2 0 は、分離部 2 2 2 1、可変長復号部 2 2 4、合成演算部 2 2 5、加算値決定部 2 2 2、及びパラメータ算出部 2 2 3 を有する。

【 0 0 8 3 】

なお、本形態の符号化装置 1 0 0 や復号装置 2 0 0 は、例えば、CPU (central processing unit)、RAM (random-access memory)、ROM (read-only memory) 等を備えた公知のコンピュータや専用コンピュータに所定のプログラムが読み込まれ、CPU がそれを実行することによって構成される特別な装置である。すなわち、フレームバッファ 2 1 1 1 は、例えば、RAM、キャッシュメモリ、レジスタ等のメモリであり、その他の各処理部は、例えば、CPU が所定のプログラムを実行することで構築される処理部である。また、これらの処理部の少なくとも一部が集積回路等の電子回路によって構成されてもよい。さらに、必要に応じ、符号化装置 1 0 0 や復号装置 2 0 0 に、各処理部の処理によって出力されたデータを格納し、各処理部の別の処理時にデータが読み出される一時メモリを設けてもよい。また、このような各処理部の実現方法は、以下の各実施形態やその変形例でも同様である。

【 0 0 8 4 】

< 符号化方法 >

図 1 1 は、第 1 実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。また、

図12は、図11のステップS30の一例を説明するためのフローチャートであり、図13は、図11のステップS50の詳細を例示するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

【0085】

符号化装置100(図7)の予測符号化部2110には、標本化・量子化されたPCM形式の時系列信号 $x(n)$ が入力される。これらの時系列信号 $x(n)$ は、線形量子化(「一様量子化」と呼ぶ場合もある)されたものであってもよいし、圧伸量子化(例えば、ITU-T Recommendation G.711, “Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies”参照)のような非線形量子化(「非一様量子化」と呼ぶ場合もある)されたものであってもよい。また、時系列信号 $x(n)$ がPCM形式の信号ではなく、量子化されていない信号であって

10

【0086】

フレームバッファ2111でバッファされた1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)は、短期予測分析部2112に送られる。短期予測分析部2112は、時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の短期予測分析を行い、最小予測次数 P_{min} 以上かつ最大予測次数 P_{max} 以下の範囲から最適予測次数 P_{opt} を選択するとともに、各予測次数 m での各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)をそれぞれ生成する。なお、短期予測分析部2112は、時系列信号 $x(n)$ をそのまま短期予測分析する構成であってよいし、非線形量子化されて入力された時系列信号 $x(n)$ を線形量子化や他の非線形量子化にマッピングしてから短期予測分析を行う構成であってよい。その後、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, 2, \dots, P_{opt}$)に対応する係数符号 C_k

20

【0087】

予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)は、残差符号化部120の第2区間パラメータ算出部121aに入力される。第2区間パラメータ算出部121aは、各予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を用い、第2区間($L, \dots, N-1$)を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu=\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の第2区間パラメータ s を、第2区間($L, \dots, N-1$)の予測残差 $e(n)$ を可変長符号化するためのパラメータとして算出する。この第2区間パラメータの算出方法は前述の通りである。第2区間パラメータ算出部121aは、例えば、 $\log_2\{\ln 2 \cdot (2 \cdot D)\}$ (D は第2区間 T_2 を含む時間区間での

30

【0088】

次に、加算値決定部121bに、ステップS10で生成された1次のPARCOR係数 $k(1)$ と、ステップS20で生成された第2区間パラメータ s とが入力される。加算値決定部121bは、これらを用い、第2区間($L, \dots, N-1$)を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu=\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅に対する予測残差 $e(n)$ の平均振幅の比が小さくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を求める。この例の加算値 $a(r)$ は、離散時間区間($0, \dots, N-1$)に属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の自己相関が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある値である。また、この例の加算値 $a(r)$ は、時

40

【0089】

[ステップS30の一例]

図12に示す処理は $L=3$ の場合の一例である。この例の場合、まず、加算値決定部121bは、 s_{TH1} を満たすか否かを判断し(ステップS31)、 s_{TH1} を満たすのであれば、加算値を $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS32)。また、 s_{TH1} を満たさないのであれば、加算値決定部121bは、 s_{TH2} を満たすか否かを判断し(ステップS33)、 s_{TH2} を満たすのであれば、加算値を $a(0)=0, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS34)。さらに、 s_{TH2} も満たさないのであれば、加算値決定部121bは、 $|k(1)| > 0$ 。

50

9を満たすか否かを判断し(ステップS35)、 $|k(1)| \geq 0.9$ を満たすのであれば、加算値を $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$ とする(ステップS36)。また、 $|k(1)| < 0.9$ も満たさないのであれば、加算値決定部121bは、 $|k(1)| \geq 0.6$ を満たすか否かを判断し(ステップS37)、 $|k(1)| \geq 0.6$ を満たすのであれば、加算値を $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$ とする(ステップS38)。 $|k(1)| < 0.6$ も満たさないのであれば、加算値決定部121bは、加算値を $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS39)。なお、この例では1次のPARCOR係数 $k(1)$ の絶対値 $|k(1)|$ を指標にして加算値 $a(r)$ を決定している。しかし、1次のPARCOR係数 $k(1)$ の量子化誤差が原因となって、符号化装置100で選択された加算値 $a(r)$ が復号装置200で選択される加算値 $a(r)$ (後述する)と相違してしまうことを防止するために、1次のPARCOR係数 $k(1)$ を量子化してから逆量子化して得られた1次のPARCOR係数 $k(1)$ の絶対値を指標にし、上述のように加算値 $a(r)$ が決定されもよい([ステップS30の一例]の説明終わり)。

10

【0090】

次に、第1区間パラメータ算出部121cに、ステップS20で生成された第2区間パラメータ s と、ステップS30で生成された加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とが入力される。第1区間パラメータ算出部121cは、これらを用い、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和である第1区間パラメータ $s(r)=s+a(r)$ を、第1区間($0, \dots, L-1$)に属する離散時間 r での予測残差 $e(r)$ を可変長符号化するためのパラメータとして算出する(ステップS40)。

【0091】

20

次に、符号化部2122に、ステップS20で生成された第2区間パラメータ s と、ステップS40で生成された第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)と、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)とが入力される。符号化部2122は、第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)をそれぞれ用いて第1区間($0, \dots, L-1$)に属する離散時間 r での予測残差 $e(r)$ を可変長符号化し、第2区間パラメータ s を用いて第2区間($L, \dots, N-1$)に属する離散時間 z ($z=L, \dots, N-1$)での予測残差 $e(z)$ を可変長符号化し、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e(n)$ を生成する(ステップS50)。予測残差 $e(z)$ を可変長符号化するための符号化方式の一例は、予測残差 $e(n)$ 又はその絶対値の増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差 $e(n)$ が属する時間区間に対して設定されたパラメータに依存する整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第2情報とを含む情報を予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e(n)$ とする方式である。このような符号化方式としては、ゴロム・ライス符号化方式、ゴロム符号化方式、ゴロム・ライス符号やゴロム符号のアルファ符号部分をハフマン符号に置き換えた可変長符号化方式などを例示できる。

30

【0092】

[ステップS50の一例]

図13に示す処理は、予測残差 $e(n)$ をゴロム・ライス符号化する場合の一例である。なお、以下では離散時間 n についての処理を説明するが、実際は各離散時間 $n=0, \dots, N-1$ についてそれぞれ同様な処理が実行される。

【0093】

40

この例では、まず、分離演算部122aが $n \leq L-1$ であるか否かを判断する(ステップS51)。これは処理中の離散時間 n が第1区間 $T1$ に属するか否かの判断である。そして、分離演算部122aは、 $n \leq L-1$ である場合に $w(n)=s(n)$ とし(ステップS52a)、 $n > L-1$ である場合に $w(n)=s$ とする(ステップS52b)。

【0094】

次に、分離演算部122aは、 $w(n)$ が0であるか否かを判定する(ステップS53)。ここで、 $w(n)=0$ でなかった場合、分離演算部122aは、入力された予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定し(ステップS54a)、 $e(n) < 0$ であると判定された場合、

$$q(n) = \text{floor}(e(n)/2^{w(n)-1}) \quad (\text{for } e(n) < 0) \quad \dots (6)$$

に従って整数の商 $q(n)$ を生成し(ステップS55a)、

50

$$\text{sub}(n) = e(n) - 2^{w(n)-1} \cdot q(n) + 2^{w(n)-1} \quad (\text{for } e(n) \geq 0) \quad \dots(7)$$

に従って剰余を特定するための情報sub(n)を生成して出力する(ステップS56a)。

【0095】

一方、ステップS54aで $e(n) < 0$ でないと判定された場合、分離演算部122aは、
 $q(n) = \text{floor}\{(-e(n) - 1) / 2^{w(n)-1}\} \quad (\text{for } e(n) < 0) \quad \dots(8)$

に従って整数の商q(n)を生成し(ステップS55b)、

$$\text{sub}(n) = (-e(n) - 1) - 2^{w(n)-1} \cdot q(n) \quad (\text{for } e(n) < 0) \quad \dots(9)$$

に従って剰余を特定するための情報sub(n)を生成して出力する(ステップS56b)。

【0096】

一方、ステップS53で $w(n)=0$ であると判定された場合、分離演算部122aは、入力された予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定し(ステップS54b)、 $e(n) < 0$ であると判定された場合、

$$q(n) = 2 \cdot e(n) \quad (\text{for } e(n) \geq 0) \quad \dots(10)$$

に従って商q(n)を生成し(ステップS55c)、sub(n)をnullとして出力する(ステップS56c)。

【0097】

一方、ステップS54bで $e(n) < 0$ でないと判定された場合、分離演算部122aは、
 $q(n) = -2 \cdot e(n) - 1 \quad (\text{for } e(n) < 0) \quad \dots(11)$

に従って商q(n)を生成し(ステップS55d)、sub(n)をnullとして出力する(ステップS56c)。

【0098】

次に、分離演算部122aから出力された商q(n)は可変長符号化部2122bに入力される。可変長符号化部2122bは、例えば、アルファ符号化方法等の可変長符号化方法によって商q(n)を符号化し、商q(n)に対応する情報prefix(n)を生成して出力する(ステップS57)。

【0099】

次に、分離演算部122aから出力された情報sub(n)と、可変長符号化部2122bから出力された情報prefix(n)が合成部2122cに入力される。合成部2122cは、情報prefix(n)と情報sub(n)とを合成し、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e(n)$ を生成する(ステップS58/[ステップS50の一例])の説明終わり)。

【0100】

その後、係数符号 C_k と残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と第2区間パラメータsと予測次数 P_{opt} とが合成部2130に入力され、合成部2130は、これらを合成した符号 C_g を生成して出力する(ステップS60)。なお、本形態では、復号装置200で加算値 $a(r)$ を復元するためのみに用いる特別な補助情報を符号 C_g に付加する必要はない。

【0101】

<復号方法>

図14は、第1実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。また、図15は、ステップS250の詳細を例示するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の復号方法を説明する。

【0102】

復号装置200(図9)の分離部2210は、復号装置200に入力された符号 C_g を分離し、PARCOR係数に対応する係数符号 C_k と、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)に対応する残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と、第2区間パラメータsと、最適予測次数 P_{opt} を生成する(ステップS210)。

【0103】

係数符号 C_k は係数復号部2231に入力され、係数復号部2231は、係数符号 C_k を復号して量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を生成する(ステップS220)。

【0104】

次に、分離部2210から出力された第2区間パラメータsと、係数復号部2231か

10

20

30

40

50

ら出力された1次の量子化PARCOR係数 $i(1)$ とが、加算値決定部222に入力される。加算値決定部222は、これらを用い、離散時間区間 $(0, \dots, N-1)$ に属する時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の自己相関が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を求める。この例での加算値 $a(r)$ の決定は、ステップS30と同一の基準に従って実行される。図12に例示した決定方法に従うのであれば、加算値決定部222は、例えば、1次の量子化PARCOR係数 $i(1)$ を逆量子化して1次のPARCOR係数 $k(1)$ を復元し、図12に例示した手順に従って加算値 $a(r)$ を求める(ステップS230)。なお、この例での加算値 $a(r)$ は、時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu=\mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$)の予測効果を表す指標に対応する。

【0105】

10

次に、分離部2210から出力された第2区間パラメータ s と、加算値決定部222から出力された加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とが、パラメータ算出部223に入力される。パラメータ算出部223は、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和である第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を算出する(ステップS240)。

【0106】

次に、分離部2221、可変長復号部224、及び可変長復号部2222が、第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)をそれぞれ用い、第1区間 $(0, \dots, L-1)$ に属する離散時間 r ($r=0, \dots, L-1$)での残差符号 $C_e(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を復号し、第2区間パラメータ s を用い、第2区間 $(L, \dots, N-1)$ に属する離散時間 z ($z=L, \dots, N-1$)の残差符号 $C_e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$)を復号し、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を求める(ステップS250)。

20

【0107】

[ステップS250の一例]

図15に示す処理は、予測残差 $e(n)$ のゴロム・ライス符号を復号する場合の一例である。なお、以下では離散時間 n についての処理を説明するが、実際は各離散時間 $n=0, \dots, N-1$ についてそれぞれ同様な処理が実行される。

【0108】

まず、分離部2221に残差符号 $C_e(n)$ が入力される。分離部2221は、残差符号 $C_e(n)$ を分離し、情報prefix(n)と、情報sub(n)とを生成する(ステップS251)。情報prefix(n)は、可変長復号部2222に入力される。可変長復号部2222は、当該情報prefix(n)を復号して商 $q(n)$ を求める(ステップS252)。

30

【0109】

次に、分離部2221から出力された情報sub(n)と、可変長復号部2222から出力された商 $q(n)$ と、パラメータ算出部223から出力された第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)と、第2区間パラメータ s とが、合成演算部225に入力される。

【0110】

合成演算部225は、まず、 $n < L-1$ であるか否かを判断する(ステップS253)。これは処理中の離散時間 n が第1区間T1に属するか否かの判断である。そして、合成演算部225は、 $n < L-1$ である場合に $w(n)=s(n)$ とし(ステップS254a)、 $n > L-1$ である場合に $w(n)=s$ とする(ステップS254b)。

40

【0111】

次に、合成演算部225は、 $w(n)$ が0であるか否かを判定する(ステップS255)。ここで、 $w(n)=0$ でないと判定された場合、次に合成演算部225は、情報sub(n)が $2^{w(n)} - 1$ 以上であるか否かを判定する(ステップS256a)。この判定は予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定することに相当する。ステップS256aでsub(n) $2^{w(n)} - 1$ と判定された場合、合成演算部225は、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出する(ステップS257a)。

$$e(n) = \text{sub}(n) + 2^{w(n)-1} \cdot q(n) - 2^{w(n)-1} \quad \dots (12)$$

【0112】

一方、ステップS256aでsub(n) $< 2^{w(n)} - 1$ と判定された場合、合成演算部225は、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出する(ステップS257b)。

50

$$e(n) = -\text{sub}(n) - 1 - 2^{w(n)-1} \cdot q(n) \quad \dots (13)$$

【0113】

一方、ステップS255で $w(n)=0$ と判定された場合、次に合成演算部225は、情報 $q(n)$ が偶数であるか否かを判定する(ステップS256b)。この判定は予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定することに相当する。ステップS256bで $q(n)$ が偶数であると判定された場合、合成演算部225は、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出する(ステップS257c)。

$$e(n) = q(n)/2 \quad \dots (14)$$

【0114】

一方、ステップS256bで $q(n)$ が奇数であると判定された場合、合成演算部225は、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出する(ステップS257d)。

$$e(n) = -(q(n)+1)/2 \quad \dots (15)$$

【0115】

以上のように生成された予測残差 $e(n)$ は、合成演算部225から出力される([ステップS250の一例]の説明終わり)。

【0116】

その後、短期予測部2233と加算部2234とが、残差復号部220から出力された予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と、係数復号部2231から出力された量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)とを用い、時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を生成して出力する(ステップS260)。

【0117】

[第1実施形態の変形例]

本形態では、予測残差 $e(n)$ の符号化時に、符号化装置100の加算値決定部121b(図8)が、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を短期予測分析して得られた或る次数のPARCOR係数の大きさが大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を求め、復号時に復号装置200の加算値決定部222が、その次数のPARCOR係数に対応する符号の復号値を用い、その次数のPARCOR係数の絶対値が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ を求めることとした。しかし、前述のように、その他の基準に従って加算値 $a(r)$ が求められてもよい。

【0118】

例えば、予測残差 $e(n)$ の符号化時に、符号化装置100の加算値決定部121b(図8)に、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の短期予測分析を行う際に適応的に選択された最適予測次数 P_{opt} が入力され、加算値決定部121bが、この最適予測次数 P_{opt} が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ を求めてもよい。この場合の復号時には、復号装置200の加算値決定部222に分離部2210から出力された最適予測次数 P_{opt} が入力され、加算値決定部222が、加算値決定部121bと同一の基準に従い、加算値 $a(r)$ を求める。

【0119】

また、例えば、予測残差 $e(n)$ の符号化時に、符号化装置100の加算値決定部121b(図8)に、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を短期予測分析して得られた1次からP次(例えば、 $P=P_{opt}$)までの各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)が入力され、加算値決定部121bが $\sum_{m=1}^P \{1-k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調減少する関係にある加算値 $a(r)$ を求めてもよい。この場合の復号時には、復号装置200の加算値決定部222に係数復号部2231から出力された1次からP次までの各量子化PARCOR係数 $i(m)$ (「1次からP次までの各PARCOR係数に対応する符号の復号値」に相当)が入力され、加算値決定部222が、それらを逆量子化して1次からP次までのPARCOR係数 $k(m)$ を復元し、加算値決定部121bと同一の基準に従い、加算値 $a(r)$ を求める。

【0120】

また、例えば、予測残差 $e(n)$ の符号化時に、符号化装置100の加算値決定部121b(図8)に、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を短期予測分析して得られた1

10

20

30

40

50

次からP次までの各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)が入力され、加算値決定部 1 2 1 b が、 $1 - \sum_{m=1}^P \{1 - k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ ($r=0$)を求め、 $\sum_{m=1}^r \{1 - k(m)^2\} - \sum_{m=1}^P \{1 - k(m)^2\}$ が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある加算値 $a(r)$ ($0 < r < P$)を求めてもよい。この場合の復号時には、復号装置 2 0 0 の加算値決定部 2 2 2 に係数復号部 2 2 3 1 から出力された1次からP次までの各量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P$)が入力され、加算値決定部 2 2 2 が、それらを逆量子化して1次からP次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)を復元し、加算値決定部 1 2 1 b と同一の基準に従い、加算値 $a(r)$ ($r=0$)及び $a(r)$ ($0 < r < P$)を求める。

【 0 1 2 1 】

また、これらの異なる基準が組み合わされて利用されてもよく、例えば、離散時間 r ごとに異なる基準が用いられ、加算値 $a(r)$ が求められてもよい。

10

【 0 1 2 2 】

また、例えば、フレームが符号化の処理単位である場合と、サブフレームが符号化の処理単位である場合と、の切り替えが可能である場合に、加算値決定部 1 2 1 b , 2 2 2 が、サブフレームが処理単位とされる場合の加算値 $a(r)$ よりも、フレームが処理単位とされる場合の加算値 $a(r)$ を大きくしてもよい。

【 0 1 2 3 】

また、本実施形態では、0以上最大振幅値MAX以下の範囲に所定値TH1と所定値TH2とを設定し ($0 < TH1 < TH2 < MAX$)、第2区間パラメータ s が所定値TH1以下である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータが当該所定値TH1よりも大きく所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにし(下限基準)、第2区間パラメータ s が所定値TH2以上である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータ s が所定値TH1よりも大きく当該所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにする(上限基準)例を示した。しかし、このような所定値TH1や所定値TH2を用いた基準を用いない構成でもよい。また、例えば、上限基準又は下限基準の何れか一方を用いる構成でもよい。

20

【 0 1 2 4 】

また、残差符号化部 1 2 0 (図8)に予測残差 $e(n)$ を整数値に写像する信号変換部 1 2 3 を設け、残差復号部 2 2 0 (図9)に信号変換部 1 2 3 の逆変換を行う逆変換部 2 2 6 を設けてもよい。この場合、第2区間パラメータ算出部 1 2 1 a は、信号変換部 1 2 3 の出力値を用い、第2区間T2を含む時間区間での予測残差の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある第2区間パラメータ s を算出し、符号化部 2 1 2 2 は、信号変換部 1 2 3 の出力値を符号化する。また、残差復号部 2 2 0 は、合成演算部 2 2 5 の出力値を逆変換部 2 2 6 で逆変換し、復号された予測残差 $e(n)$ として出力する。なお、信号変換部 1 2 3 での写像は、予め定められた規則に従って行われる。例えば、信号変換部 1 2 3 は、入力された予測残差 $e(n)$ が0以上の場合にはそれを大小関係の順序を保ったまま奇数の整数に写像し、入力された予測残差 $e(n)$ が0未満の場合にはそれを絶対値の大小関係の順序を保ったまま偶数の整数に写像する。

30

【 0 1 2 5 】

また、本形態の符号化装置 1 0 0 の第1区間パラメータ算出部 1 2 1 c は、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和を第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とし(ステップS40)、復号装置 2 0 0 のパラメータ算出部 2 2 3 は、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和を第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とすることとした(ステップS240)。しかし、符号化装置 1 0 0 の第1区間パラメータ算出部 1 2 1 c が、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和に対して広義単調増加する関係にある補正値を第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とし、復号装置 2 0 0 のパラメータ算出部 2 2 3 が、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和に対して広義単調増加する関係にある補正値を第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)としてもよい。この場合、第1区間パラメータ算出部 1 2 1 c が、第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を生成するための補正内容を示す補助情報 c を出力し、これを符号 C_0 に含めて復号装置 2 0 0 に与えてもよい。なお、補助情報 c の一例は、第1区間T1の予測残差 e (

40

50

r) ($r=0, \dots, L-1$)の平均振幅から実際に計算したライスパラメータなどのパラメータと、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和との差である。この場合、第1区間パラメータは、 $s(r)=s+a(r)+c$ となる。また、例えば、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和に定数 $const$ を乗じた値を第1区間パラメータ $s(r)=const \cdot (s+a(r))$ とする場合など、補正内容が一定である場合には、補助情報 c を符号 C_g に含める必要はない。

【0126】

〔第2実施形態〕

次に、本発明の第2実施形態を説明する。本形態では、復号装置200で加算値 $a(r)$ を復元するために用いる補助情報を符号 C_g に含める。この場合、補助情報分だけ符号 C_g の符号量は大きくなるが、加算値 $a(r)$ の設定の自由度を広げることができるため、加算値 $a(r)$ の設定方法によっては符号 C_g の符号量を削減できる。以下では、第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態と共通する事項については説明を省略する。

【0127】

<構成>

図16は、第2実施形態における符号化装置の残差符号部320の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図17は、第2実施形態の復号装置の残差復号部420の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、これらの図において第1実施形態と共通する部分については第1実施形態と同じ符号を付し、説明を省略する。

【0128】

本形態の符号化装置は、第1実施形態の符号化装置100の残差符号化部120を、図16の残差符号部320に置換したものである。残差符号部320の残差符号化部120との相違点は、パラメータ算出部321の加算値決定部321bである。また、本形態の復号装置は、第1実施形態の復号装置200の残差復号部220を、図17の残差復号部420に置換したものである。残差復号部420の残差復号部220との相違点は、加算値決定部422である。

【0129】

<符号化方法>

第1実施形態との相違点は、加算値決定部321bが行う加算値 $a(r)$ の決定処理(ステップS30)と、その求め方を特定するための補助情報 d を符号 C_g に含める点(ステップS60)である。以下では、これらの相違点のみを説明する。

【0130】

[加算値 $a(r)$ の決定処理]

本形態の加算値決定部321bは、加算値を特定するための複数の基準から選択した基準に従い、加算値 $a(r)$ を決定する。

【0131】

例えば、図12に例示した処理に従って加算値 $a(r)$ を特定する基準と、図18に例示する処理に従って加算値 $a(r)$ を特定する基準とが設定されているものとし、加算値決定部321bは、図12の基準又は図18の基準を選択し、1次のPARCOR係数 $k(1)$ の絶対値などを用いて加算値 $a(r)$ を特定する。なお、図18の基準は、ステップS35で $|k(1)| < 0.9$ を満たすと判断されたならば、加算値を $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$ とし(ステップS38)、 $|k(1)| < 0.9$ を満たさないと判断されたならば、加算値を $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS39)点のみが図12の基準と相違し、図12の基準よりも加算値 $a(r)$ のとり得る範囲が狭い。この場合の基準の選択は、例えば、フレーム内の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の平均振幅が予め定められた閾値以上であるか否かによって行われる。例えば、加算値決定部321bは、時系列信号 $x(n)$ の平均振幅が予め定められた閾値以上であれば予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の振幅の変位も大きいと判定し、図12のように加算値 $a(r)$ の撮り得る範囲が広い基準を選択し、そうでなければ予測残差 $e(n)$ の振幅の変位が小さいと判定し、図18のように加算値 $a(r)$ のとり得る範囲が狭い基準を選択する。これにより、パラメータの設定が適切になる。

【 0 1 3 2 】

また、例えば、加算値決定部 3 2 1 b が、上述した PARCOR 係数を指標とする基準と、最適予測次数を指標とする基準とから 1 つの基準を選択し、選択した基準に必要な 1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ の絶対値や最適予測次数 P_{opt} などを用いて加算値 $a(r)$ を特定してもよい。また、基準の選択内容を外部から加算値決定部 3 2 1 b に与える構成であってもよい。

【 0 1 3 3 】

[補助情報 d を符号 C_g に含める処理]

加算値決定部 3 2 1 b は、上記のように選択した基準を特定するための補助情報 d を合成部 2 1 3 0 に出力し、合成部 2 1 3 0 は補助情報 d を符号 C_g に含める。なお、補助情報 d は、例えば、0 又は 1 の値をとる 1 ビットの情報であり、その値が選択した基準に対応している。

10

【 0 1 3 4 】

< 復号方法 >

第 1 実施形態との相違点は、加算値決定部 4 2 2 が行う加算値 $a(r)$ の決定処理 (ステップ S 2 3 0) である。以下では、この相違点のみを説明する。

【 0 1 3 5 】

加算値決定部 4 2 2 には、符号 C_g から分離された補助情報 d が入力され、加算値決定部 4 2 2 は、その補助情報 d が示す基準に従って加算値 $a(r)$ を求める。

【 0 1 3 6 】

例えば、入力された補助情報 d が図 1 2 の基準を示す場合、加算値決定部 4 2 2 は、入力された 1 次の量子化 PARCOR 係数 $k(1)$ を逆量子化して 1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ を復元し、図 1 2 の基準に従って加算値 $a(r)$ を求める。また、例えば、入力された補助情報 d が図 1 8 の基準を示す場合、加算値決定部 4 2 2 は、入力された 1 次の量子化 PARCOR 係数 $k(1)$ を逆量子化して 1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ を復元し、図 1 8 の基準に従って加算値 $a(r)$ を求める。

20

【 0 1 3 7 】

[第 2 実施形態の変形例]

この変形例では、符号化時に、各離散時間 r に対して複数ずつの加算値 $a(r)$ (予測効果を表す指標に対応する加算値) が定められ、その中から予測残差 $e(n)$ の符号量が最小になる加算値 $a(r)$ が各離散時間 r に対して 1 つずつ選択され、選択された各加算値 $a(r)$ を特定するための補助情報 d が符号 C_g に含まれる例である。以下では、第 1, 2 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1, 2 実施形態と共通する事項については説明を省略する。

30

【 0 1 3 8 】

< 構成 >

図 1 9 は、第 2 実施形態の変形例における符号化装置の残差符号部 5 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、この図において第 1 実施形態と共通する部分については第 1 実施形態と同じ符号を付し、説明を省略する。

【 0 1 3 9 】

本形態の符号化装置は、第 1 実施形態の符号化装置 1 0 0 の残差符号化部 1 2 0 を、図 1 9 の残差符号部 5 2 0 に置換したものである。残差符号部 5 2 0 の残差符号化部 1 2 0 との相違点はパラメータ算出部 5 2 1 であり、パラメータ算出部 5 2 1 は、第 2 区間パラメータ算出部 1 2 1 a、加算値決定部 5 2 1 b、第 1 区間パラメータ算出部 5 2 1 c、符号量比較部 5 2 1 d、及び選択部 5 2 1 e を有する。また、本形態の復号装置は、第 2 実施形態の復号装置と同様である。

40

【 0 1 4 0 】

< 符号化方法 >

図 2 0 は、第 2 実施形態の変形例の符号化方法を説明するためのフローチャートである。また、図 2 1 は、図 2 0 のステップ S 6 3 0 の一例を説明するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

【 0 1 4 1 】

まず、第 1 実施形態のステップ S 1 0, S 2 0 の処理が実行される。次に、加算値決定

50

部 5 2 1 b に、ステップ S 1 0 で生成された 1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ と、ステップ S 2 0 で生成された第 2 区間パラメータ s とが入力される。加算値決定部 5 2 1 b は、これらを用い、第 2 区間 $(L, \dots, N-1)$ を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅に対する予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の平均振幅の比が小さくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) を各補助情報 d (d_{max} は予め定められた 1 以上の整数) について求める (ステップ S 6 3 0)。例えば、 $d_{max}=1$ なのであれば、各離散時間 r に 2 個ずつの加算値 $a(r)$ を定める。この例での加算値 $a(r)$ も、時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$) の予測効果を表す指標に対応する。

【 0 1 4 2 】

[ステップ S 6 3 0 の一例]

図 2 1 に示す処理は $L=2, d_{max}=1$ の場合の一例である。この例の場合、まず、加算値決定部 5 2 1 b は、 s_{TH1} を満たすか否かを判断し (ステップ S 6 3 1)、 s_{TH1} を満たすのであれば、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=1, a(1)=0$ とし、 $d=1$ に対応する加算値を $a(0)=0, a(1)=0$ とする (ステップ S 6 3 2)。また、 s_{TH1} を満たさないのであれば、加算値決定部 5 2 1 b は、 s_{TH2} を満たすか否かを判断し (ステップ S 6 3 3)、 s_{TH2} を満たすのであれば、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=1, a(1)=0$ とし、 $d=1$ に対応する加算値を $a(0)=0, a(1)=0$ とする (ステップ S 6 3 4)。さらに、 s_{TH2} も満たさないのであれば、加算値決定部 5 2 1 b は、 $|k(1)| \geq 0.9$ を満たすか否かを判断し (ステップ S 6 3 5)、 $|k(1)| \geq 0.9$ を満たすのであれば、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=3, a(1)=2$ とし、 $d=1$ に対応する

加算値を $a(0)=2, a(1)=1$ とする (ステップ S 6 3 6)。また、 $|k(1)| < 0.9$ も満たさない

のであれば、加算値決定部 5 2 1 b は、 $|k(1)| \geq 0.6$ を満たすか否かを判断し (ステップ S 6 3 7)、 $|k(1)| \geq 0.6$ を満たすのであれば、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=2, a(1)=1$ とし、 $d=1$ に対応する加算値を $a(0)=1, a(1)=0$ とする (ステップ S 6 3 8)。 $|k(1)| < 0.6$ も満たさないのであれば、加算値決定部 5 2 1 b は、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=1, a(1)=0$ とし、 $d=1$ に対応する加算値を $a(0)=0, a(1)=0$ とする (ステップ S 6 3 9)。なお、この例では、1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ の絶対値 $|k(1)|$ を指標にして加算値 $a(r)$ を決定している。しかし、1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ の量子化誤差が原因となって、符号化装置で選択された加算値 $a(r)$ が復号装置で選択される加算値 $a(r)$ と相違してしまうことを防止するために、1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ を量子化してから逆量子化して得られた 1 次の PARCOR 係数 $k(1)$ の絶対値を指標にし、上述のように加算値 $a(r)$ が決定されてもよい ([ステップ S 6 3 0 の一例] の説明終わり)。

【 0 1 4 3 】

次に、第 1 区間パラメータ算出部 5 2 1 c に、ステップ S 2 0 で生成された第 2 区間パラメータ s と、ステップ S 6 3 0 で生成された加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) とが入力される。第 1 区間パラメータ算出部 5 2 1 c は、これらを用い、各補助情報 d について、第 2 区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) との和である第 1 区間パラメータ $s(r)=s+a(r)$ を、第 1 区間 $(0, \dots, L-1)$ に属する離散時間 r での予測残差 $e(r)$ を可変長符号化するためのパラメータとして算出する (ステップ S 6 4 0)。例えば、 $L=2$ であって、ステップ S 6 3 0 で、 $d=0$ に対応する加算値を $a(0)=3, a(1)=2$ とし、 $d=1$ に対応する加算値を $a(0)=2, a(1)=1$ としていたのであれば、第 1 区間パラメータ算出部 5 2 1 c は、 $d=0$ に対応する第 1 区間パラメータ $s(0)=s+3, s(1)=s+2$ と、 $d=1$ に対応する第 1 区間パラメータ $s(0)=s+2, s(1)=s+1$ とを求める。

【 0 1 4 4 】

次に、符号量比較部 5 2 1 d に、ステップ S 2 0 で生成された第 2 区間パラメータ s と、ステップ S 6 4 0 で生成された各補助情報 d についての第 1 区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) と、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とが入力される。符号量比較部 5 2 1 d は、第 1 区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$) をそれぞれ用いて第 1 区間 $(0, \dots, L-1)$ に属する離散時間 r での予測残差 $e(r)$ を可変長符号化し、第 2 区間パラメータ s を用いて第 2 区間 $(L, \dots, N-1)$ に属する離散時間 z ($z=L, \dots, N-1$) での予測残差 $e(z)$ を可変長符号化して得られる、残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の符号量の和 ($n=0, \dots, N-1$ での和) を各補助情報 d について求

10

20

30

40

50

め、それらの比較結果を出力する。なお、符号量の和の比較は、実際に補助情報dごとに残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)が求められて行われてもよいし、補助情報dごとに残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の符号量の和や推定符号量の和のみが求められて行われてもよい。選択部521eは、この比較結果を用い、予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)に対応する残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)の符号量の和を最小にする補助情報dを選択する(ステップS645)。

【0145】

ステップS20で生成された第2区間パラメータsと、ステップS645で選択された補助情報dに対応する第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とは符号化部122に入力される。符号化部122は、第1実施形態と同様に、入力された第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)をそれぞれ用いて第1区間(0, ..., L-1)に属する離散時間rでの予測残差 $e(r)$ を可変長符号化し、第2区間パラメータsを用いて第2区間(L, ..., N-1)に属する離散時間 z ($z=L, \dots, N-1$)での予測残差 $e(z)$ を可変長符号化し、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e(n)$ を生成する(ステップS650)。

【0146】

その後、合成部2130が、係数符号 C_k と、残差符号 $C_e(n)$ と、第2区間パラメータsと、予測次数 P_{opt} と、選択された補助情報dを合成した符号 C_g を生成して出力する(ステップS660)。なお、この変形例での復号方法は、第2実施形態で説明した方法と同様であるため説明を省略する。

【0147】

また、第2実施形態の他の変形例として、補助情報dごとに、加算値 $a(r)$ を特定するための複数の基準(原理の説明で例示したような基準)を設定しておき、ステップS630において、符号化装置の加算値決定部521bが、各補助情報dが特定する基準にしたがって加算値 $a(r)$ 求めてもよい。また、第2実施形態に対し、第1実施形態の変形例で説明したような変形を行ってもよい。

【0148】

〔第3実施形態〕

次に、本発明の第3実施形態を説明する。本形態は、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する形態である。本形態では、ゲイン(0)の大きさを指標として加算値を設定する例を説明する。また、具体的な基準として《例12》の基準を用いる場合を例示する。さらに、本形態の例では、0以上最大振幅値MAX以下の範囲に所定値TH1と所定値TH2とが設定される($0 < TH1 < TH2 < MAX$)。そして、第2区間パラメータsが所定値TH1以下である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータが当該所定値TH1よりも大きく所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにする。さらに、第2区間パラメータsが所定値TH2以上である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータsが所定値TH1よりも大きく当該所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにする。ただし、これらは本発明を限定するものではない。また、以下では、第1, 2実施形態との相違点を中心に説明し、それらと共通する事項については説明を省略する。

【0149】

<構成>

図22は、第3実施形態の符号化装置600の機能構成を説明するためのブロック図であり、図23は、図22に示した残差符号化部620の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図24は、第3実施形態の復号装置700の機能構成を説明するためのブロック図であり、図25は、図24に示した残差復号部720の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、これらの図において、これまで説明したものと同一構成については、それらと同じ符号を用い、説明を省略する。

【0150】

図22に示すように、本形態の符号化装置600は、予測符号化部610、残差符号化部620、及び合成部2130を有する。また、図23に示すように、残差符号化部620は、パラメータ算出部621、及び符号化部122を有する。また、パラメータ算出部

10

20

30

40

50

6 2 1 は、第 2 区間パラメータ算出部 1 2 1 a、加算値決定部 6 2 1 b、及び第 1 区間パラメータ算出部 1 2 1 c を有する。

【 0 1 5 1 】

また、図 2 4 に示すように、本形態の復号装置 7 0 0 は、分離部 2 2 1 0、残差復号部 7 2 0、及び予測復号部 7 3 0 を有する。また、図 2 5 に示すように、残差復号部 7 2 0 は、分離部 2 2 2 1、可変長復号部 2 2 4、合成演算部 2 2 5、加算値決定部 7 2 2、及びパラメータ算出部 2 2 3 を有する。

【 0 1 5 2 】

なお、本形態の符号化装置 6 0 0 や復号装置 7 0 0 は、例えば、CPU、RAM、ROM等を備えた公知のコンピュータ又は専用コンピュータに所定のプログラムが読み込まれ、CPUがそれを実行することによって構成される特別な装置である。また、これらの処理部の少なくとも一部が集積回路等の電子回路によって構成されてもよい。さらに、必要に応じ、符号化装置 6 0 0 や復号装置 7 0 0 に、各処理部の処理によって出力されたデータを格納し、各処理部の別の処理時にデータが読み出される一時メモリを設けてもよい。また、このような各処理部の実現方法は、以下の各実施形態やその変形例でも同様である。

【 0 1 5 3 】

< 符号化方法 >

図 2 6 は、第 3 実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。また、図 2 7 は、図 2 6 のステップ S 7 3 0 の一例を説明するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

【 0 1 5 4 】

符号化装置 6 0 0 (図 2 2) の予測符号化部 6 1 0 には、第 1 実施形態と同様な時系列信号 $x(n)$ が入力される。フレームバッファ 2 1 1 1 でバッファされた 1 フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) は、長期予測分析部 6 1 2 に送られる。長期予測分析部 6 1 2 は、時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) の長期予測分析を行い、式 (4) に示した予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) のエネルギーを最小化するゲイン $\mu(j)$ ($j=-\text{tap}, \dots, \text{tap}$) や遅延値 (最小遅延値 μ_{\min} 最大遅延値 μ_{\max}) を算出する。なお、長期予測分析部 6 1 2 は、時系列信号 $x(n)$ をそのまま長期予測分析する構成であってもよいし、非線形量子化されて入力された時系列信号 $x(n)$ を線形量子化や他の非線形量子化にマッピングしてから長期予測分析を行う構成であってもよい。算出されたゲイン $\mu(j)$ は量子化部 6 1 3 に送られる。量子化部 6 1 3 は、ゲイン $\mu(j)$ を量子化して量子化ゲイン $\mu'(j)$ を生成して出力する。遅延値 μ と量子化ゲイン $\mu'(j)$ は係数符号化部 6 1 4 に入力される。係数符号化部 6 1 4 は、遅延値 μ に対応する遅延符号 C と、ゲイン $\mu(j)$ に対応する利得符号 C とを生成して出力する。また、遅延値 μ と量子化ゲイン $\mu'(j)$ と時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) とは、長期予測部 6 1 6 にも入力される。長期予測部 6 1 6 は、式 (5) の長期予測フィルタを用いて $y(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を生成して出力する。そして、減算部 6 1 7 は、時系列信号 $x(n)$ から長期予測値 $y(n)$ を減算した予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) を算出する (ステップ S 7 1 0) 。

【 0 1 5 5 】

予測残差 $e(n)$ は、残差符号化部 6 2 0 の第 2 区間パラメータ算出部 1 2 1 a に入力される。第 2 区間パラメータ算出部 1 2 1 a は、各予測残差 $e(n)$ を用い、第 2 区間 ($L, \dots, N-1$) を含む時間区間での予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$) の平均振幅が大きくなるに従って広義単調増加する関係にある正の第 2 区間パラメータ s を、第 2 区間 ($L, \dots, N-1$) の予測残差 $e(z)$ ($z=L, \dots, N-1$) を可変長符号化するためのパラメータとして算出する (ステップ S 2 0) 。

【 0 1 5 6 】

次に、加算値決定部 6 2 1 b に、ステップ S 7 1 0 で生成された量子化ゲイン $\mu'(0)$ と、ステップ S 2 0 で生成された第 2 区間パラメータ s とが入力される。加算値決定部 6 2 1 b は、これらを用い、第 2 区間 ($L, \dots, N-1$) を含む時間区間での時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu$

10

20

30

40

50

$\mu_{min}, \dots, \mu_{max}$ の平均振幅に対する予測残差 $e(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の平均振幅の比が小さくなるに従って広義単調増加する関係にある正の加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を求める(ステップS 7 3 0)。この例の加算値 $a(r)$ も、時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の予測効果を表す指標に対応する。

【 0 1 5 7 】

[ステップS 7 3 0 の一例]

図 2 7 に示す処理は $L=3$ の場合の一例である。この例の場合、まず、加算値決定部 6 2 1 b は、 s_{TH1} を満たすか否かを判断し(ステップS 3 1)、 s_{TH1} を満たすのであれば、加算値を $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS 3 2)。また、 s_{TH1} を満たさないのであれば、加算値決定部 6 2 1 b は、 s_{TH2} を満たすか否かを判断し(ステップS 3 3)、 s_{TH2} を満たすのであれば、加算値を $a(0)=0, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS 3 4)。さらに、 s_{TH2} も満たさないのであれば、加算値決定部 6 2 1 b は、 $|' (0)|_{60}$ を満たすか否かを判断し(ステップS 7 3 5)、 $|' (0)|_{60}$ を満たすのであれば、加算値を $a(0)=3, a(1)=2, a(2)=1$ とする(ステップS 3 6)。また、 $|' (0)|_{60}$ も満たさないのであれば、加算値決定部 6 2 1 b は、 $|' (0)|_{40}$ を満たすか否かを判断し(ステップS 7 3 7)、 $|' (0)|_{40}$ を満たすのであれば、加算値を $a(0)=2, a(1)=1, a(2)=0$ とする(ステップS 3 8)。 $|' (0)|_{40}$ も満たさないのであれば、加算値決定部 6 2 1 b は、加算値を $a(0)=1, a(1)=0, a(2)=0$ とする(ステップS 3 9 / [ステップS 7 3 0 の一例] の説明終わり)。

10

【 0 1 5 8 】

次に、第 1 実施形態のステップS 4 0 及びS 5 0 と同様な処理が実行された後、遅延符号 C と利得符号 C と残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と第 2 区間パラメータ s とが、合成部 2 1 3 0 に入力される。合成部 2 1 3 0 は、これらを合成した符号 C_g を生成して出力する(ステップS 7 6 0)。

20

【 0 1 5 9 】

< 復号方法 >

図 2 8 は、第 3 実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の復号方法を説明する。

【 0 1 6 0 】

復号装置 7 0 0 (図 2 4) の分離部 2 2 1 0 は、復号装置 7 0 0 に入力された符号 C_g を分離し、遅延符号 C と利得符号 C と残差符号 $C_e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と第 2 区間パラメータ s を生成する(ステップS 8 1 0)。

30

【 0 1 6 1 】

遅延符号 C と利得符号 C は、係数復号部 7 3 1 に入力される。係数復号部 7 3 1 は、遅延符号 C と利得符号 C を復号して、遅延値 と量子化ゲイン $'(j)$ を生成する(ステップS 8 2 0)。

【 0 1 6 2 】

次に、分離部 2 2 1 0 から出力された第 2 区間パラメータ s と、係数復号部 7 3 1 から出力された量子化ゲイン $'(0)$ とが、残差復号部 7 2 0 (図 2 5) の加算値決定部 7 2 2 に入力される。加算値決定部 7 2 2 は、これらを用い、ステップS 7 3 0 と同一の基準に従って、正の加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を求める(ステップS 8 3 0)。この例の加算値 $a(r)$ も、時系列信号 $x(\mu)$ ($\mu = \mu_{min}, \dots, \mu_{max}$)の予測効果を表す指標に対応する。

40

【 0 1 6 3 】

次に、第 1 実施形態のステップS 2 4 0 及びS 2 5 0 と同様な処理が実行された後、長期予測部 7 3 3 及び加算部 7 3 4 が、残差復号部 7 2 0 から出力された予測残差 $e(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)と、係数復号部 7 3 1 から出力された遅延値 と量子化ゲイン $'(j)$ とを用い、時系列信号 $x(n)$ ($n=0, \dots, N-1$)を生成して出力する(ステップS 8 6 0)。

【 0 1 6 4 】

[第 3 実施形態の変形例]

本形態では、前述の《例 1 2》の基準に従って加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を設定するこ

50

ととした。しかし、《例13》のような、その他の基準に従って加算値 $a(r)$ を求める構成であってもよい。また、これらの異なる基準を組み合わせて利用してもよく、例えば、離散時間 r ごとに異なる基準を用いて加算値 $a(r)$ を求めてもよい。

【0165】

また、例えば、符号化の処理単位をフレーム又はサブフレームに切り替え可能とし、加算値決定部621b、722が、サブフレームが処理単位として用いられる場合の加算値 $a(r)$ よりも、フレームが処理単位として用いられる場合の加算値 $a(r)$ を大きくする構成であってもよい。

【0166】

また、本実施形態では、0以上最大振幅値MAX以下の範囲に所定値TH1と所定値TH2とを設定し(0 < TH1 < TH2 < MAX)、第2区間パラメータ s が所定値TH1以下である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータが当該所定値TH1よりも大きく所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにし(下限基準)、第2区間パラメータ s が所定値TH2以上である場合の加算値 $a(r)$ が、当該第2区間パラメータ s が所定値TH1よりも大きく当該所定値TH2よりも小さい場合の加算値 $a(r)$ 以下となるようにする(上限基準)例を示した。しかし、このような所定値TH1や所定値TH2を用いた基準を用いない構成でもよい。また、例えば、上限基準又は下限基準の何れか一方を用いる構成でもよい。

【0167】

また、第1実施形態の変形例として説明したように、第2区間パラメータ s と加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)との和に対して広義単調増加する関係にある補正值が第1区間パラメータ $s(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)とされてもよい。その他、第2実施形態で説明したように、復号装置700で加算値 $a(r)$ ($r=0, \dots, L-1$)を復元するために用いられる補助情報が符号 C_g に含まれてもよい。

【0168】

その他、短期予測分析と長期予測分析とを組み合わせ得られた予測残差を符号化する場合に本発明を用いてもよい。すなわち、入力された時系列信号の短期予測分析を行い、短期予測フィルタを用いて短期予測残差を求め、当該短期予測残差を後段の時系列信号として長期予測分析を行い、長期予測フィルタを用いて長期予測残差を求め、その長期予測残差を符号化する場合に本発明を用いてもよい。逆に、入力された時系列信号の長期予測分析を行い、長期予測フィルタを用いて長期予測残差を求め、当該長期予測残差を後段の時系列信号として短期予測分析を行い、短期予測フィルタを用いて短期予測残差を求め、その短期予測残差を符号化する場合に本発明を用いてもよい。このように短期予測分析と長期予測分析とを組み合わせる場合の加算値は、上述した短期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合の加算値と同様であってもよいし、長期予測フィルタを用いて得られた予測残差を符号化する場合の加算値と同様であってもよいし、それらの設定基準を組み合わせ設定された加算値であってもよい。

【0169】

〔その他の変形例〕

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではない。例えば、本形態では、ランダムアクセスされたフレームや先頭のサブフレームを「或る離散時間区間」として本発明を適用することとした。しかし、短期予測フィルタによる計算に、処理対象のフレーム(又はサブフレーム)より前の時間区間の時系列信号を用いることができない状況であれば、本発明を適用することで平均符号量を削減できる。

【0170】

また、上述の各種の処理は、記載に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的あるいは個別に実行されてもよい。その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0171】

また、上述の構成をコンピュータによって実現する場合、各装置が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行す

10

20

30

40

50

ることにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。

【0172】

この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等のようなものでもよい。

【0173】

また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

10

【0174】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記録媒体に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの(コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等)を含むものとする。

20

【0175】

また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、本装置を構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【0176】

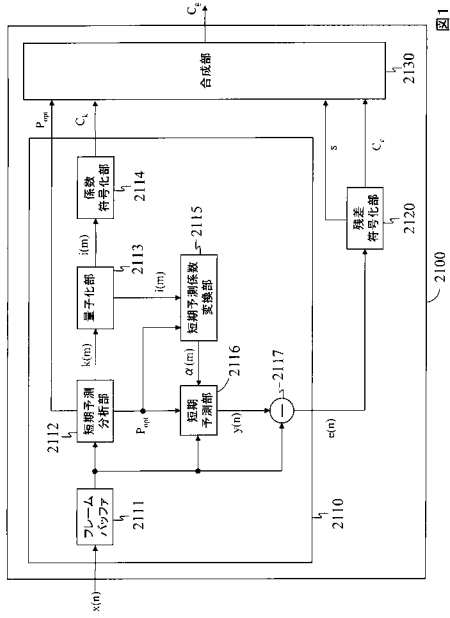
本発明の産業上の利用分野としては、例えば、音響信号の可逆圧縮符号化・復号化技術を例示できる。また、本発明は、音響信号以外にも、映像信号、生体信号、地震波信号などの可逆圧縮符号化・復号化技術にも応用可能である。

【符号の説明】

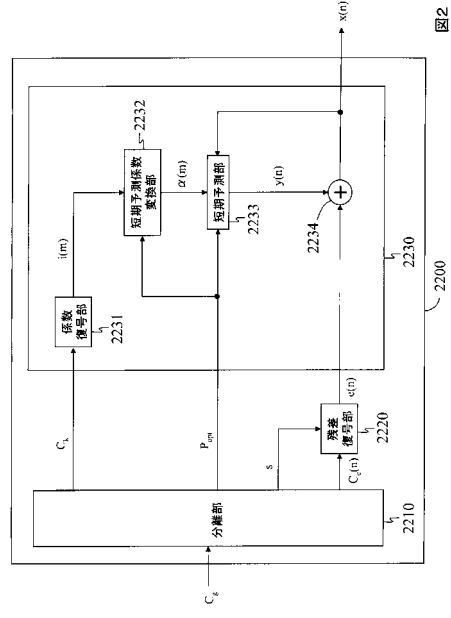
【0177】

2100, 100, 600, 800 符号化装置
2200, 200, 700, 900 復号装置

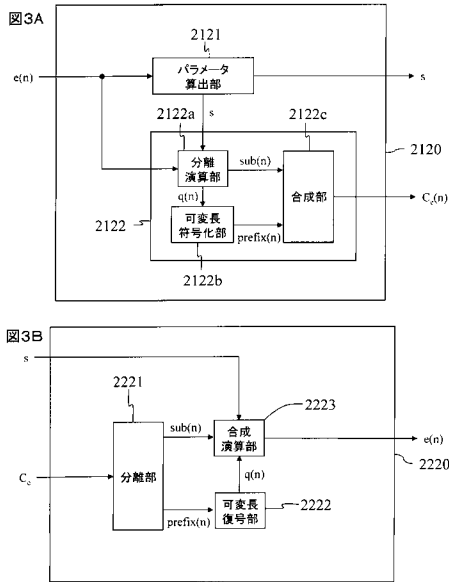
【 図 1 】



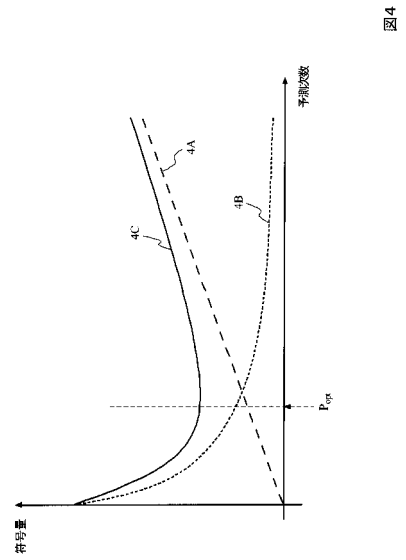
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【図5】

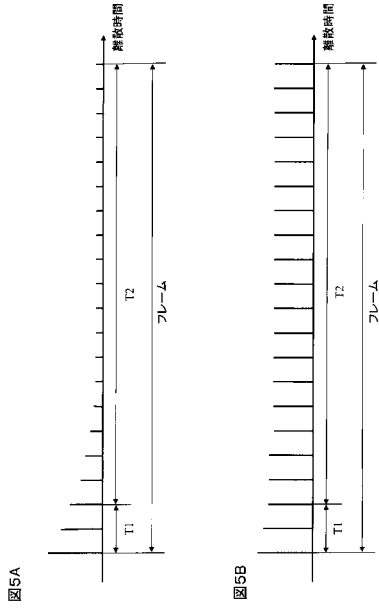


図5A

図5B

【図6】

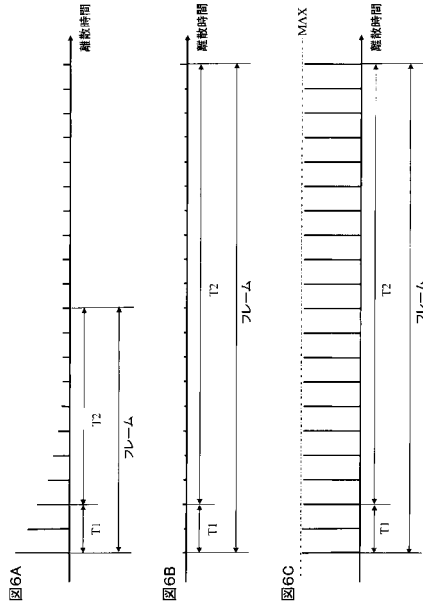


図6A

図6B

図6C

【図7】

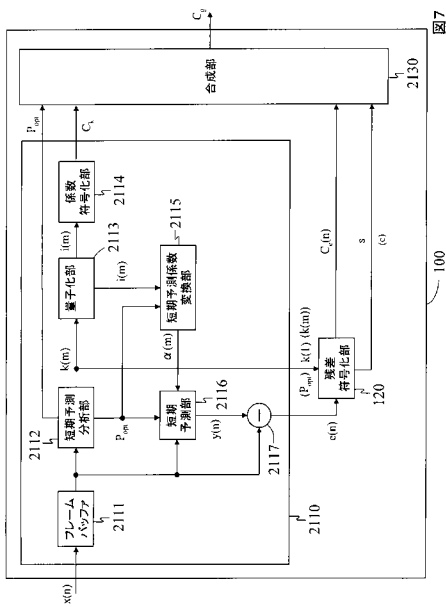


図7

【図8】

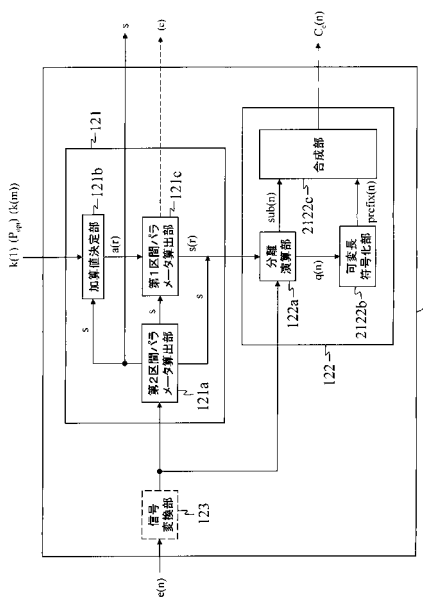
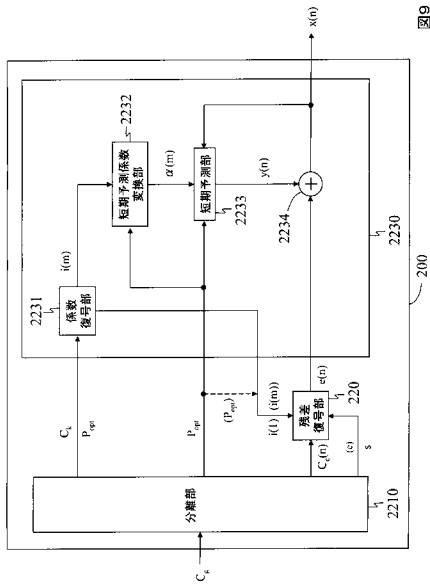


図8

【図9】



【図10】

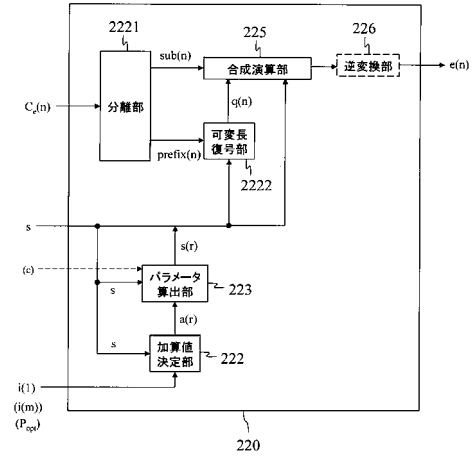


図10

【図11】

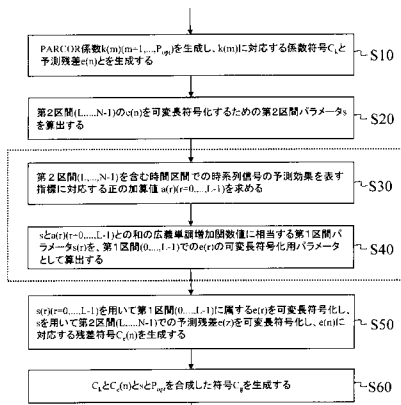


図11

【図12】

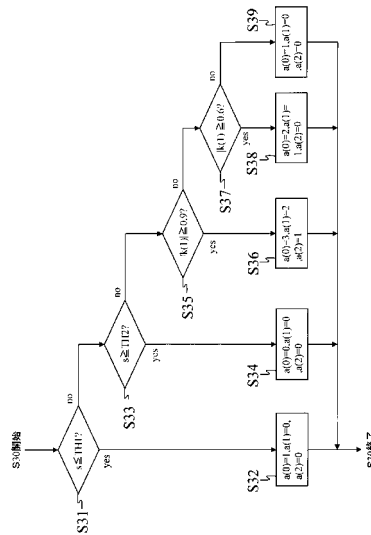


図12

【 図 1 3 】

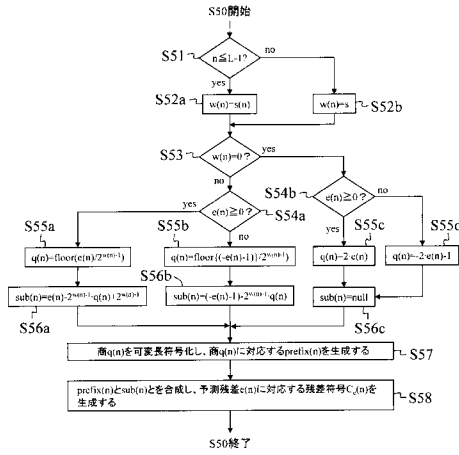


図13

【 図 1 4 】

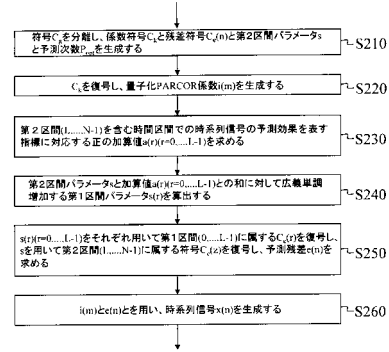


図14

【 図 1 5 】

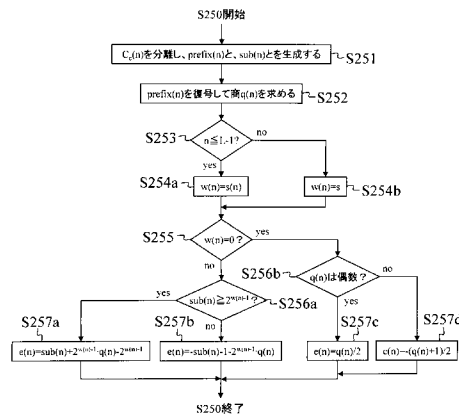


図15

【 図 1 6 】

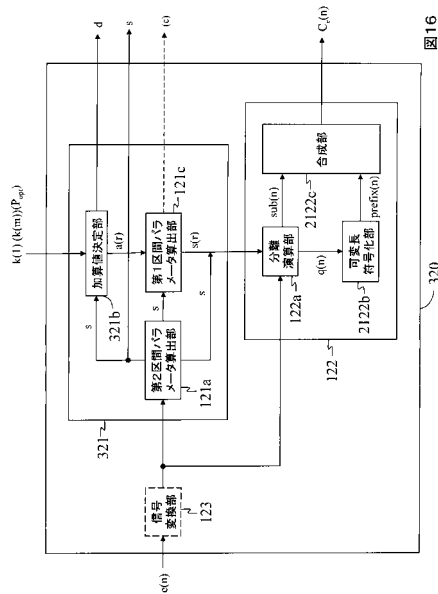


図16

【 図 17 】

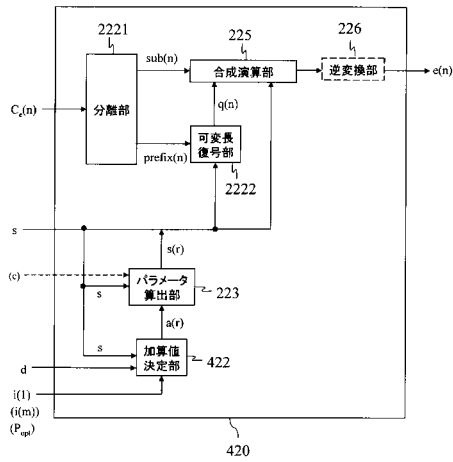


図17

【 図 18 】

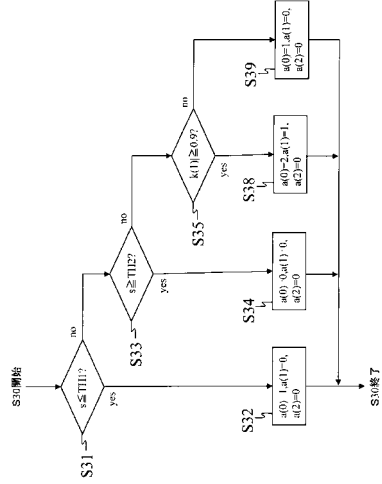


図18

【 図 19 】

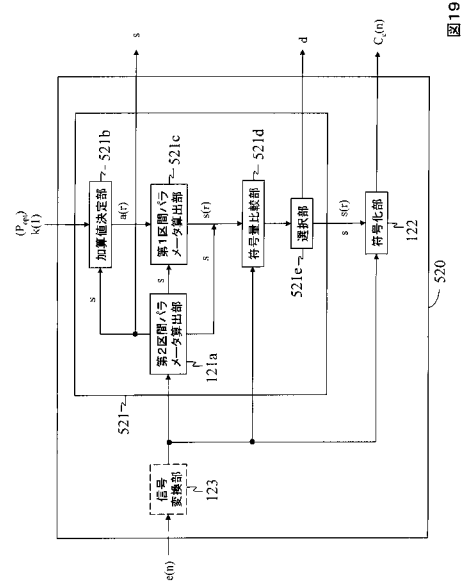


図19

【 図 20 】

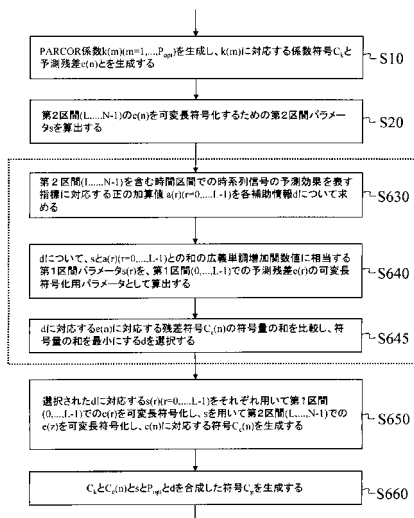


図20

【 図 2 1 】

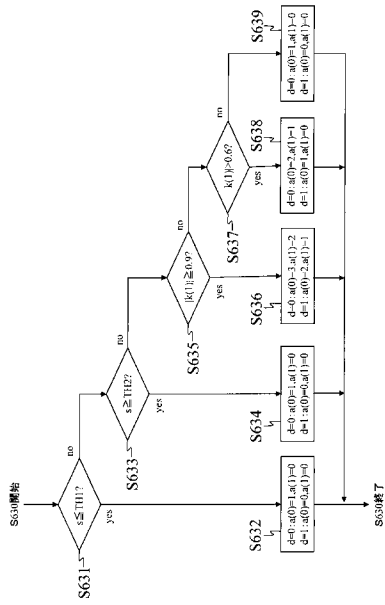


図 21

【 図 2 2 】

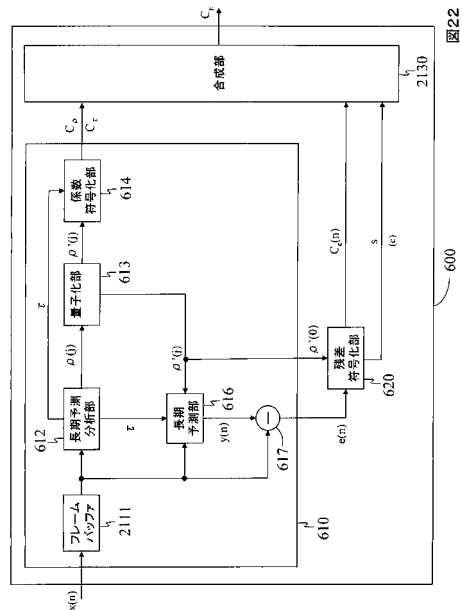


図 22

【 図 2 3 】

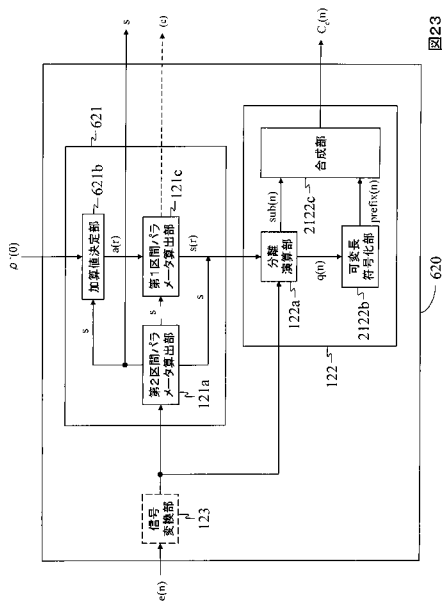


図 23

【 図 2 4 】

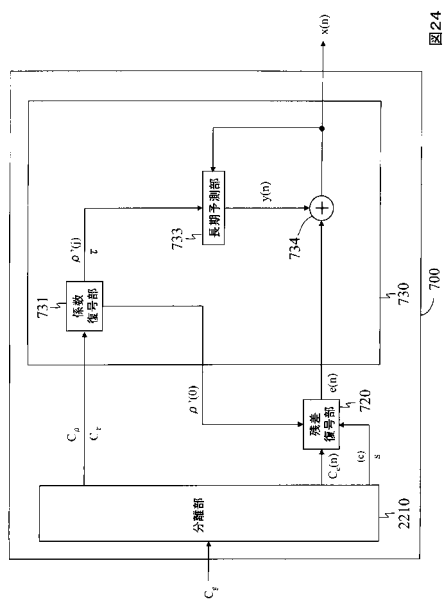


図 24

【図25】

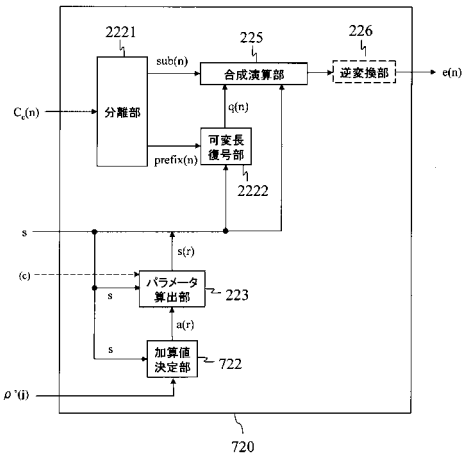


図25

【図26】

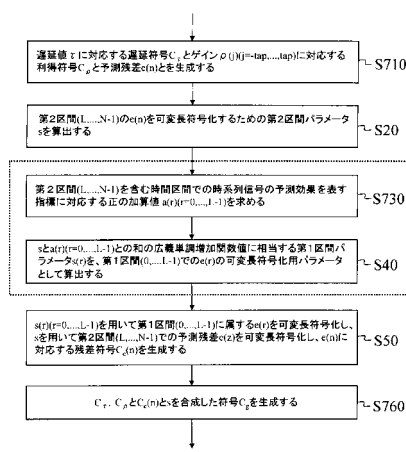


図26

【図27】

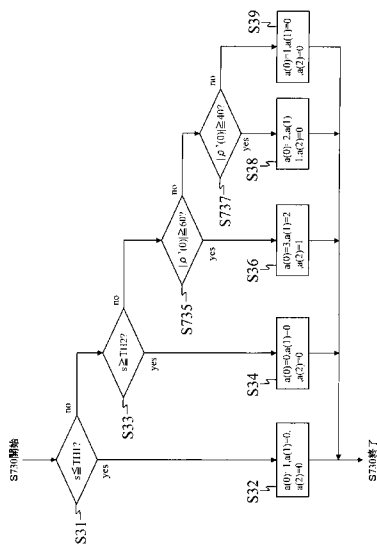


図27

【図28】

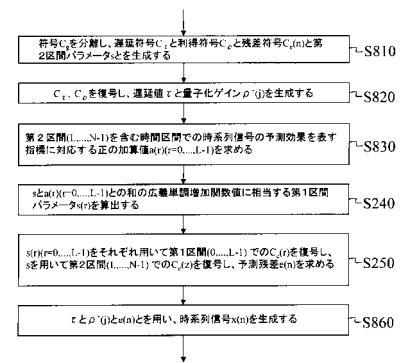


図28

フロントページの続き

(72)発明者 鎌本 優

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 北村 智彦

(56)参考文献 特開2008-157998(JP,A)

特開2006-126810(JP,A)

特開平10-4557(JP,A)

特開2008-185701(JP,A)

鎌本優, 守谷健弘, 原田登, Casba Kos, ロスレス・オーディオ符号化MPEG-4 ALSの高性能化, NTT技術ジャーナル, 2008年 2月, Vol.20, No.2, pp.11-18

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03M3/00-11/00

G10L 19/06

G10L 19/14