

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4848049号
(P4848049)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.		F I	
H03M	7/38 (2006.01)	H03M	7/38
H04N	7/32 (2006.01)	H04N	7/137 Z
G10L	19/14 (2006.01)	G10L	19/14 400Z
G10L	19/06 (2006.01)	G10L	19/06 B

請求項の数 13 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-542108 (P2010-542108)	(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
(86) (22) 出願日	平成21年12月8日(2009.12.8)	(74) 代理人	100121706 弁理士 中尾 直樹
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/070551	(74) 代理人	100128705 弁理士 中村 幸雄
(87) 国際公開番号	W02010/067800	(74) 代理人	100147773 弁理士 義村 宗洋
(87) 国際公開日	平成22年6月17日(2010.6.17)	(74) 代理人	100066153 弁理士 草野 卓
審査請求日	平成23年1月14日(2011.1.14)	(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
(31) 優先権主張番号	特願2008-313530 (P2008-313530)		
(32) 優先日	平成20年12月9日(2008.12.9)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 符号化方法、復号方法、それらの装置、プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(A) 入力された時系列信号から、線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を算出するステップと、

(B) 最小予測次数を予め定められた0以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から 当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である各予測次数について、当該予測次数までの前記線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数を用いて前記時系列信号の線形予測を行った場合の予測残差の符号量又は推定符号量と、の合計値に相当する値を算出するステップと、

(C) 前記合計値に相当する値が最小となる予測次数を最適予測次数として求め、当該最適予測次数、を指定するための符号を出力するステップと、

を有する符号化方法。

【請求項2】

(A) 入力された時系列信号から、線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を算出するステップと、

(B) 最小予測次数を予め定められた0以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該

最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である各予測次数について、当該予測次数を指定するための符号の符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数を用いて前記時系列信号の線形予測を行った場合の予測残差の符号量又は推定符号量と、の合計値に相当する値を算出するステップと、

(C) 前記合計値に相当する値が最小となる予測次数を最適予測次数として求め、当該最適予測次数を指定するための符号を出力するステップと、
を有する符号化方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の符号化方法であって、

前記最小予測次数以上かつ前記最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた予備集合が複数種類設定されており、

前記複数種類設定された予備集合の 1 つを前記部分集合として選択するステップをさらに有する、

ことを特徴とする符号化方法。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 の符号化方法であって、

第 1 符号化対象が第 2 符号化対象よりも予め定められた特定の値に近い場合に、当該第 1 符号化対象に当該第 2 符号化対象の符号よりも短い符号長の符号が割り当てられる頻度が、当該第 1 符号化対象に当該第 2 符号化対象の符号よりも長い符号長の符号が割り当てられる頻度よりも高い可変長符号化方法を用い、前記最適予測次数を特定する情報を可変長符号化するステップをさらに有し、

前記最適予測次数を指定するための符号は、前記最適予測次数を特定する情報を可変長符号化した符号である、

ことを特徴とする符号化方法。

【請求項 5】

請求項 4 の符号化方法であって、

前記予め定められた特定の値は、前記最大予測次数を特定する情報である、

ことを特徴とする符号化方法。

【請求項 6】

(A) 最小予測次数を予め定められた 0 以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である最適予測次数を指定するための符号が入力され、当該最適予測次数を得るステップと、

(B) 残差符号を復号して予測残差を得るステップと、

(C) 係数符号を復号して、前記最適予測次数までの線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を得るステップと、

(D) 前記線形予測係数をフィルタ係数とする線形予測フィルタと前記予測残差とを用いて時系列信号を合成して出力するステップと、

を有する復号方法。

【請求項 7】

入力された時系列信号から、線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を算出する係数算出部と、

最小予測次数を予め定められた 0 以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である各予測次

10

20

30

40

50

数について、当該予測次数までの前記線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数を用いて前記時系列信号の線形予測を行った場合の予測残差の符号量又は推定符号量と、の合計値に相当する値を算出し、前記合計値に相当する値が最小となる予測次数を最適予測次数として求め、当該最適予測次数を指定するための符号を出力する最適予測次数探索部と、

を有する符号化装置。

【請求項 8】

入力された時系列信号から、線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を算出する係数算出部と、

最小予測次数を予め定められた 0 以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である各予測次数について、当該予測次数を指定するための符号の符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該予測次数までの前記線形予測係数を用いて前記時系列信号の線形予測を行った場合の予測残差の符号量又は推定符号量と、の合計値に相当する値を算出し、前記合計値に相当する値が最小となる予測次数を最適予測次数として求め、当該最適予測次数を指定するための符号を出力する最適予測次数探索部と、

を有する符号化装置。

【請求項 9】

最小予測次数を予め定められた 0 以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から当該最大予測次数に近い領域ほど要素数が多くなるように不等間隔で一部の要素を間引いた部分集合の要素である最適予測次数を指定するための符号が入力され、当該最適予測次数を得る最適予測次数復元部と、残差符号を復号して予測残差を得る予測残差復元部と、

係数符号を復号して、前記最適予測次数までの線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を得る係数復元部と、

前記線形予測係数をフィルタ係数とする線形予測フィルタと前記予測残差とを用いて時系列信号を合成して出力する復元処理部と、

を有する復号装置。

【請求項 10】

請求項 1 又は 2 の符号化方法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 11】

請求項 6 の復号方法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 12】

請求項 1 又は 2 の符号化方法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。

【請求項 13】

請求項 6 の復号方法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、時系列信号を線形予測分析して符号化する技術に関し、特に、予測次数を適応的に選択して線形予測符号化を行う符号化方法、その復号方法、それらの装置、プログラム及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

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（ロッシェ符号化：Lossy Coding）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（ロスレス符号化：Lossless Coding）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、線形予測分析技術を用いて音響信号を可逆圧縮符号化する線形予測符号化方式が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】

10

図1は、線形予測符号化を行う従来の符号化装置1100の機能構成を説明するためのブロック図である。図2は、図1の符号化装置1100で生成された符号を復号する復号装置1200の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図3は、可逆圧縮符号化方式における予測次数と符号量（「符号長」と呼ぶ場合もある）の関係を説明するためのグラフである。なお、図3の横軸は予測次数を示し、縦軸は符号量を示す。

【0004】

<符号化方法>

符号化装置1100のフレームバッファ1111には、標本化・量子化されたPCM（pulse code modulation）形式の時系列信号 $x(n)$ （ n は離散時間を示すインデックス）が入力される。フレームバッファ1111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 $x(n)$ （ $n=1, \dots, N$ ）（ N は正の整数）をバッファし、符号化装置1100は、フレーム毎に時系列信号 $x(n)$ を符号化する。

20

【0005】

まず、1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ （ $n=1, \dots, N$ ）が線形予測分析部1112に送られ、線形予測分析部1112は、線形予測分析によって1次から P_{opt} 次までのPARCOR係数 $k(m)$ （ $m=1, \dots, P_{opt}$ ）を算出する。

【0006】

[線形予測分析と最適予測次数]

線形予測分析では、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 は正の整数である。 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 a_m （ $m=1, \dots, P$ ）（「線形予測係数」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 $x(n)$ （ $n=1, \dots, N$ ）に対し、式(1)を満たす線形予測係数 a_m （ $m=1, \dots, P$ ）又はそれに変換可能なPARCOR係数 $k(m)$ （ $m=1, \dots, P$ ）などの係数を算出する（予測次数 P についての線形予測分析）。

30

【0007】

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

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「線形予測フィルタ」と呼ぶ。

40

【0008】

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

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）
 $\dots (3)$

50

を最小にする予測次数 P を最適予測次数 P_{opt} とする。

【0009】

図3の直線3A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3B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3Aと曲線3Bの和である曲線3C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。線形予測分析部1112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} として選択する（[線形予測分析と最適予測次数]の説明終わり）。

10

【0010】

算出された1次から P_{opt} 次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)は、量子化部1113に送られ、量子化されて1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)が生成される。なお、「量子化PARCOR係数」は、PARCOR係数の量子化値そのものであってもよいし、当該PARCOR係数の量子化値に付されたインデックスであってもよい。1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)は、係数符号化部1114に送られ、そこでエントロピー符号化されて係数符号 C_k が生成される。また、1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)は、線形予測係数変換部1115にも送られる。線形予測係数変換部1115は、これらのPARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)と線形予測分析部1112で選択された最適予測次数 P_{opt} とを用い、最適予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタの各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を算出する。

20

【0011】

線形予測部1116は、1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)と各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)と線形予測分析部1112で選択された最適予測次数 P_{opt} とを用い、最適予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタによって線形予測値 $y(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成し、減算部1117は、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した予測残差 $e(n)$ を算出する（予測フィルタ処理）。算出された予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)は、残差符号化部1120に送られ、そこでエントロピー符号化されて残差符号 C_e が生成される。

30

【0012】

線形予測分析部1112で選択された最適予測次数 P_{opt} と、係数符号化部1114で生成された係数符号 C_k と、残差符号化部1120で生成された残差符号 C_e は、合成部1130に送られ、そこで合成されて符号 C_g が生成される。

【0013】

<復号方法>

復号装置1200に入力された符号 C_g は、分離部1210で、最適予測次数 P_{opt} と係数符号 C_k と残差符号 C_e とに分離される。係数符号 C_k と残差符号 C_e とは、それぞれ係数復号部1231と残差復号部1220で復号され、1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)とが生成される。

【0014】

最適予測次数 P_{opt} と量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)は、線形予測係数変換部1232に送られ、線形予測係数変換部1232は、これらを用いて最適予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタの各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を算出する。線形予測部1233は、1次から P_{opt} 次までの各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)をフィルタ係数とする、最適予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタによって線形予測値 $y(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成し、加算部1234は、線形予測値 $y(n)$ と予測残差 $e(n)$ とをそれぞれ加算して時系列信号のロスレス復元値 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成する（逆予測フィルタ処理）。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0015】

50

【非特許文献1】MathHans, “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】

【0016】

従来方式では、復号装置が最小予測次数 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、最適予測次数 P_{opt} を選択していた。

【0017】

この場合、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が最適予測次数 P_{opt} の候補となるため、探索に必要な演算量が増加する。

【0018】

また、符号化装置で選択された最適予測次数 P_{opt} は復号装置に送られるが、最適予測次数 P_{opt} となり得る整数の候補が多くなるにつれて、それらを指定するための符号の平均符号長も長くなり、符号圧縮率が低下する。

【0019】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、最適予測次数の探索に必要な演算量を削減し、符号圧縮率を向上させることが可能な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明では、最小予測次数を予め定められた0以上の整数とし、最大予測次数を当該最小予測次数よりも大きな予め定められた整数とした場合における、当該最小予測次数以上かつ当該最大予測次数以下のすべての整数を要素とする整数集合から一部の要素を間引いた部分集合の各要素から、入力された時系列信号を線形予測符号化するための最適予測次数を選択し、当該最適予測次数を指定するための符号を出力する。

【0021】

これにより、最小予測次数以上かつ最大予測次数以下のすべての整数を最適予測次数の候補とする場合に比べ、最適予測次数の探索に必要な演算量を削減できる。また、最適予測次数となり得る整数の候補を間引くことにより、最適予測次数を指定するための符号の平均符号長も短くなり、符号圧縮率が向上する。

【発明の効果】

【0022】

本発明では、最適予測次数の探索に必要な演算量を削減し、符号圧縮率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】線形予測符号化を行う従来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2】図1の符号化装置で生成された符号を復号する復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図3】可逆圧縮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。

【図4】図4(A)は、各予測次数で線形予測符号化を行った場合の圧縮率を説明するためのグラフであり、図4(B)は、最小予測次数 $P_{min}=1$ 及び最大予測次数 $P_{max}=12$ とし、整数集合Sの全要素を探索範囲として適応的に最適予測次数 P_{opt} を選択した場合における、最適予測次数 P_{opt} の頻度分布を説明するためのグラフである。

【図5】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6】図5の線形予測分析部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図7】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8】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。

10

20

30

40

50

【図9】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10】図10(A)(B)は可変長符号化のための符号表の例示である。

【図11】第2実施形態の線形予測分析部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図12】第2実施形態の符号化方法の一部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】

【0024】

以下では本発明の原理を説明した後、各実施形態の説明を行っていく。

【0025】

〔原理〕

図4(A)は、各予測次数で線形予測符号化を行った場合の圧縮率を説明するためのグラフである。ここで、図4(A)の横軸は予測次数を示し、縦軸は各予測次数で線形予測符号化を行った場合の平均圧縮率を示す。なお、圧縮率とは、(線形予測符号のビット長/符号化対象のビット長)×100を意味する。

【0026】

図4(A)に示すように、任意の2つの予測次数が互いに近ければ、それらにそれぞれ対応する平均圧縮率も互いに近い。特に、平均圧縮率を最小にする予測次数の近傍では、予測次数の変化に伴う平均圧縮率の変動が小さい。すなわち、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て選択された最適予測次数を用いなくても、圧縮性能は大きく劣化しない。本形態では、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て最適予測次数 P_{opt} を選択するのではなく、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 $P_{min}, P_{min}+1, \dots, P_{max}-1, P_{max}$ を要素とする整数集合 S から一部の要素を間引いた部分集合 S_{sub} の各要素から、入力された時系列信号を線形予測符号化するための最適予測次数を選択し、当該最適予測次数を指定するための符号を生成する。これにより、最適予測次数 P_{opt} の探索に必要な演算量を削減できるとともに、最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号の符号長も短くなり、符号圧縮率が向上する。なお、最小予測次数 P_{min} は0以上の整数であり、最大予測次数 P_{max} は最小予測次数 P_{min} 以上の整数であり、何れも予め定められた値である。例えば、最小予測次数 P_{min} や最大予測次数 P_{max} は、処理単位となる時間区間(フレーム又はフレームを複数の時間区間に区分したサブフレーム)の長さごとに予め定められた値である。また、最適予測次数を指定するための符号の例は、各最適予測次数に付された最適予測次数ごとに異なるインデックスや、各最適予測次数を特定する情報を可変長符号化した符号である。また、可変長符号化される各最適予測次数を特定する情報は、各最適予測次数に付された最適予測次数ごとに異なるインデックスであってもよいし、各最適予測次数そのものであってもよい。また、可変長符号化の例は、アルファ符号化、デルタ符号化、ハフマン符号化(Huffman Coding)、ゴロム・ライス符号化(Golomb-Rice Coding)、ゴロム符号化(Golomb Coding)、及びその他のエントロピー符号化である。本形態では最適予測次数となり得る範囲が限定されるため、いずれの場合も各最適予測次数 P_{opt} を区別して表現するために必要な符号の平均符号量を削減できる。

<間引き方の例>

以下に、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 $P_{min}, P_{min}+1, \dots, P_{max}-1, P_{max}$ を要素とする整数集合 $S=(P_{min}, P_{min}+1, \dots, P_{max}-1, P_{max})$ から一部の要素を間引いた部分集合 S_{sub} の設定例を示す。なお、 $\text{floor}\{\cdot\}$ は \cdot 以下の最大の整数を示す。

【0027】

(例1)整数集合 S の全体にわたって等間隔で間引きを行う。これは、本来の最適予測次数が整数集合 S 全体に一樣に分布する場合に有効な設定方法である。

【0028】

- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-2, P_{max}-4, \dots, P_{min})$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, \text{floor}\{(P_{max}-P_{min})/2\})$

(例2)整数集合 S のうち所定値以上の整数を等間隔で間引き、当該所定値未満の整数は部

10

20

30

40

50

分集合 S_{sub} の要素としない。これは、本来の最適予測次数が P_{max} に近い領域に多く分布する場合に有効な設定方法である。

【 0 0 2 9 】

- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-2)$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-2, P_{max}-4, \dots, \text{floor}\{(P_{max}-P_{min})/2\})$

(例3)整数集合 S のうち所定値以上の整数を等間隔で間引き、当該所定値未満の整数は P_{min} 近傍を除いて部分集合 S_{sub} の要素としない。これは、本来の最適予測次数が P_{max} に近い領域と P_{min} に多く分布する場合に有効な設定方法である。

【 0 0 3 0 】

- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-2, P_{min})$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-2, P_{max}-4, \dots, \text{floor}\{P_{max}/2\}, P_{min})$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-2, P_{min}+1, P_{min})$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}-1, P_{max}-2, P_{min}+1)$

10

(例4) P_{max} に近い領域ほど予め定められた整数区間中の要素数が多くなるように、整数集合 S の要素から不等間隔で要素を間引いて部分集合 S_{sub} を設定する。これは、本来の最適予測次数が P_{max} に近い領域に多く分布する場合に有効な設定方法である。

【 0 0 3 1 】

- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-3, P_{max}-6, P_{max}-9, \dots, P_{min})$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-3, P_{max}-6, P_{max}-9)$
- ・ $S_{sub}=(P_{max}, P_{max}-1, P_{max}-3, P_{max}-6, P_{max}-9, P_{min})$

20

< 最適予測次数 P_{opt} の選択方法の例 >

本形態の最適予測次数 P_{opt} の選択は、例えば、(I) 入力された時系列信号から線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数を算出するステップと、(II) 予測次数を指定するための符号の符号量と、当該予測次数での線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該線形予測係数を用いて時系列信号の線形予測を行った場合の予測残差の符号量又は推定符号量と、の合計値SUMを指標とし、各予測次数から最適予測次数 P_{opt} を選択するステップと、を含む処理によって行なわれる。このように、予測次数を指定するための符号の符号量をも考慮して最適予測次数 P_{opt} を選択することで、特にフレーム中のサンプル数 N がさほど大きくない場合に、圧縮率をより向上させることが可能な最適予測次数 P_{opt} を選択することができる。なお、ステップ(II)の処理の例は以下の通りである。

30

(例11)部分集合 S_{sub} の全要素を探索範囲とし、合計値SUMが最小となる予測次数を最適予測次数 P_{opt} として選択する。

【 0 0 3 2 】

(例12)部分集合 S_{sub} の要素を予め定められた順序(例えば昇降順)で探索し、合計値SUMが最初に予め定められた閾値以下となった予測次数を最適予測次数 P_{opt} として選択する。

【 0 0 3 3 】

(例13)最初の処理単位となる時間区間(フレーム又はフレームを複数の時間区分に区分したサブフレーム)での最適予測次数 P_{opt} の選択は上記(11)又は(12)によって行う。それ以後の処理単位となる時間区間では、1つ前の時間区間で選択された最適予測次数よりも大きな最小の部分集合 S_{sub} の要素(存在しない場合は P_{max})を予測次数として選択し、新たに選択した予測次数に対応する新たな合計値SUMを求める。そして、新たな合計値SUMが1つ前の時間区間で求めた合計値SUMよりも小さい場合には、新たに選択した予測次数を新たな最適予測次数 P_{opt} とし、新たな合計値SUMが1つ前の時間区間で求めた合計値SUM以上の場合には、1つ前の時間区間で選択された最適予測次数を新たな最適予測次数 P_{opt} とする。

40

【 0 0 3 4 】

(例14)なお、予測次数 P での線形予測係数若しくは線形予測係数に変換可能な係数の符号量又は推定符号量と、当該線形予測係数を用いて時系列信号の線形予測を行った場合の

50

予測残差の符号量又は推定符号量との合計値を、当該予測次数Pに対応するSUMとして上記の選択を行ってもよい。

【0035】

<複数種類設定された予備集合 S_{pre} から部分集合 S_{sub} を選択>

また、整数集合Sから一部の要素を間引いた予備集合 S_{pre} を複数種類設定しておき、それらの予備集合 S_{pre} の1つを部分集合 S_{sub} として選択してもよい。なお、予備集合 S_{pre} の具体例は、上述の部分集合 S_{sub} の例と同様である。

【0036】

また、予備集合 S_{pre} から部分集合 S_{sub} を選択する基準としては、入力された時系列信号が予め定められた閾値より大きいかに否かに応じて、予備集合 S_{pre} から部分集合 S_{sub} を選択するものを例示できる。その具体例は以下の通りである。

【0037】

(例21)入力された時系列信号が予め定められた閾値を超える場合、時系列信号が無音区間を含む可能性が低いと判断して(例2)のように P_{min} を要素に含まない予備集合 S_{pre} の一つを部分集合 S_{sub} と選択し、入力された時系列信号が予め定められた閾値以下である場合、時系列信号が無音区間を含む可能性が高いと判断して(例3)のように P_{min} を要素に含む予備集合 S_{pre} の一つを部分集合 S_{sub} と選択する。

【0038】

(例22)入力された時系列信号が予め定められた閾値を超える場合、(例4)のように P_{max} に近い領域ほど予め定められた整数区間中の要素数が多くなるように、整数集合Sの要素から不当間隔で要素を間引いて生成された予備集合 S_{pre} を部分集合 S_{sub} として選択し、入力された時系列信号が予め定められた閾値以下である場合、(例3)のように P_{min} を要素に含む予備集合 S_{pre} の一つを部分集合 S_{sub} と選択する。

【0039】

<最適予測次数 P_{opt} を特定する情報の可変長符号化>

図4(B)は、最小予測次数 $P_{min}=1$ 及び最大予測次数 $P_{max}=12$ とし、整数集合Sの全要素を探索範囲として適応的に最適予測次数 P_{opt} を選択した場合における、最適予測次数 P_{opt} の頻度分布を説明するためのグラフである。ここで、図4(B)の横軸は選択された最適予測次数 P_{opt} を示し、縦軸はその頻度を示す。なお、図4(B)の頻度は、それらの合計が1になるように正規化されている。

【0040】

図4(B)の例では、最小予測次数 $P_{min}=1$ 及び最大予測次数 $P_{max}=12$ とが最適予測次数 P_{opt} に選択される頻度が高く、それについて最大予測次数 $P_{max}=12$ に近い予測次数が最適予測次数 P_{opt} に選択される頻度が高い。音響信号などの時系列信号の場合、適応的に選択される最適予測次数 P_{opt} が整数集合S全体にわたって一様に分布することは稀であり、選択される最適予測次数 P_{opt} の頻度分布に偏りが生じることが多い。特に、最大予測次数 P_{max} を小さめに設定した場合には、選択される最適予測次数 P_{opt} が最大予測次数 P_{max} 近傍に分布する頻度が高く、さらに時系列信号に無音区間が多く含まれている場合には、最小予測次数 P_{min} の頻度も高くなる。

【0041】

そのため、第1符号化対象が第2符号化対象よりも予め定められた特定の値に近い場合に、当該第1符号化対象に当該第2符号化対象の符号よりも短い符号長の符号が割り当てられる頻度が、当該第1符号化対象に当該第2符号化対象の符号よりも長い符号長の符号が割り当てられる頻度よりも高い可変長符号化方法を用い、選択された最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化し、それを、最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号とする。これにより、最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号の符号量を削減できる。ここで、予め定められた特定の値は、例えば、最大予測次数 P_{max} を特定する情報である。なお、可変長符号化される各最適予測次数 P_{opt} を特定する情報の例は、最適予測次数 P_{opt} に付されたインデックスや、最適予測次数 P_{opt} そのものである。また、このような可変長符号化の例外処理として、最適予測次数 P_{opt} が最小予測次数 P_{min} である場合を特別扱いし、最適

10

20

30

40

50

予測次数 P_{opt} が最小予測次数 P_{min} である場合に短い符号長の符号（例えば、符号長が最短の符号）を割り当ててもよい。

【0042】

また、複数種類設定された予備集合 S_{pre} から部分集合 S_{sub} を選択する場合、部分集合 S_{sub} の要素から選択される最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化するための符号化規則（例えば、符号表）を予備集合 S_{pre} ごとに独立に設定しておき、それらの符号化規則を、部分集合 S_{sub} として選択された予備集合 S_{pre} ごとに使い分けることが望ましい。これにより、すべての予備集合 S_{pre} に共通の符号化規則を用いる場合に比べて符号長を短くできる。

【0043】

〔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、最適予測次数を指定するための符号が、最適予測次数を特定する情報を可変長符号化した符号である形態である。

【0044】

図5は、第1実施形態の符号化装置100の機能構成を説明するためのブロック図であり、図6は、図5の線形予測分析部112の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図7は、第1実施形態の復号装置200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や図2と同じ構成については、図1や図2と同じ符号を用いる。

【0045】

図5に示すように、本形態の符号化装置100は、フレームバッファ1111、線形予測分析部112、量子化部1113、係数符号化部1114、線形予測係数変換部1115、線形予測部1116、減算部1117、最適予測次数符号化部1118、残差符号化部1120、及び合成部1130を有する。また、図6に示すように、線形予測分析部112は、係数算出部112a、予測次数指定符号量算出部112b、係数符号量算出部112c、予測残差符号量算出部112d、最適予測次数探索部112e、及び選択部112fを有する。

【0046】

図7に示すように、本形態の復号装置200は、最適予測次数復元部235、分離部1210、係数復号部1231、線形予測係数変換部1232、残差復号部1220、線形予測部1233、及び加算部1234を有する。

【0047】

なお、本形態の符号化装置100や復号装置200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又は専用の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た特別な装置である。すなわち、符号化装置100のフレームバッファ1111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、線形予測分析部112、量子化部1113、係数符号化部1114、線形予測係数変換部1115、線形予測部1116、減算部1117、最適予測次数符号化部1118、残差符号化部1120、及び合成部1130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、復号装置200の最適予測次数復元部235、分離部1210、係数復号部1231、線形予測係数変換部1232、残差復号部1220、線形予測部1233、及び加算部1234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100や復号装置200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。

【0048】

<前処理>

前処理として、線形予測分析部 1 1 2 の係数算出部 1 1 2 a は、上述したように間引きされた部分集合 S_{sub} の各要素を利用できるように設定されている。

【 0 0 4 9 】

また、符号化装置 1 0 0 の最適予測次数符号化部 1 1 8 は、最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を前述のように可変長符号化するための符号表が設定されている。また、復号装置 2 0 0 の最適予測次数復元部 2 3 5 は、最適予測次数符号化部 1 1 8 で可変長符号化された符号を復号できるように当該符号表が設定されている。図 1 0 (A) は、この可変長符号化のための符号表の例示である。この例の符号表では、部分集合 S_{sub} の各要素である間引かれた予測次数 P とそれに対応する符号と符号長とが対応付けられている。

【 0 0 5 0 】

< 符号化方法 >

図 8 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。以下、図 8 を用いて本形態の符号化方法を説明する。なお、以下では 1 フレーム分の処理のみを説明するが、実際は同様な処理が各フレームについて実行される。

【 0 0 5 1 】

符号化装置 1 0 0 (図 5) のフレームバッファ 1 1 1 1 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もよい。フレームバッファ 1 1 1 1 は、1 フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) をバッファし、符号化装置 1 0 0 は、フレーム毎に時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) を符号化する。

【 0 0 5 2 】

1 フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) は、線形予測分析部 1 1 2 (図 6) に送られる。線形予測分析部 1 1 2 の係数算出部 1 1 2 a は、 P_{min} 以上かつ P_{max} 以下のすべての整数を要素とする整数集合 S から一部の要素を間引いた部分集合 S_{sub} の各要素を各予測次数 P とする。係数算出部 1 1 2 a は、入力された時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) の線形予測分析を、当該各予測次数 P についてそれぞれ行う。これにより、係数算出部 1 1 2 a は、各予測次数 P にそれぞれ対応する、1 次から P 次までの各 PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) を算出して出力する (ステップ S 1 1) 。なお、係数算出部 1 1 2 a は、時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) をそのまま線形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 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) 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線形予測分析を行う構成であってよい。すなわち、「時系列信号 ($n=1, \dots, N$) の線形予測分析」とは、時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) をそのまま線形予測分析すること、又は、非線形量子化されて入力された時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$) 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線形予測分析することである。また、PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) の算出は、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によって行われてもよいし、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線形予測係数を解とする連立方程式) を解くことによって行われてもよい (「 守谷健弘著、 “ 音声符号化 ” 、 社団法人電子情報通信学会、1998 」 「 日野幹雄著、 “ スペクトル解析 ” 、 朝倉書店、1979 」 など参照) 。

【 0 0 5 3 】

また、係数算出部 1 1 2 a で用いられた各予測次数 P は予測次数指定符号量算出部 1 1 2 b に送られ、予測次数指定符号量算出部 1 1 2 b は各予測次数 P を指定するための符号の符号量 a_p を算出する (ステップ S 1 2) 。本形態の場合、予測次数指定符号量算出部 1 1 2 b は、例えば、最適予測次数符号化部 1 1 8 で用いるのと同じ符号表 (例えば、図 1 0 (A)) を用いて各予測次数 P を可変長符号化した符号の符号長を抽出し、それを符号量 a_p とする。また、係数算出部 1 1 2 a で各予測次数 P についてそれぞれ算出された 1 次か

10

20

30

40

50

らP次までの各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)は、係数符号量算出部 1 1 2 c に送られる。係数符号量算出部 1 1 2 c は、予測次数Pごとに、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量 a_{k_p} を算出する(ステップS 1 2)。言い換えると、係数符号量算出部 1 1 2 c は、予測次数Pごとに、当該予測次数Pに対応する1次からP次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量 a_{k_p} を算出する。具体的には、係数符号量算出部 1 1 2 c は、例えば、係数符号化部 1 1 1 4 と同じ符号化方法によってPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)を符号化し、予測次数Pごとに、当該予測次数Pに対応する1次からP次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量 a_{k_p} を算出する。また、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の振幅値やエネルギーを用いて、予測次数Pごとに、当該予測次数Pに対応する1次からP次までのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の推定符号量 a_{k_p} を求めてもよい。また、符号量や推定符号量 a_{k_p} は、予測次数Pごとに各PARCOR係数 $k(1), \dots, k(P)$ をまとめて符号化した場合のものであってもよいし、各PARCOR係数 $k(1), \dots, k(P)$ ごとの符号量又は推定符号量を予測次数Pごとに合算したものでもよい。言い換えると、各予測次数Pにそれぞれ対応する符号量や推定符号量 a_{k_p} は、当該予測次数Pに対応する1次からP次までの各PARCOR係数 $k(1), \dots, k(P)$ をまとめて1つの符号化対象として符号化して得られる符号の符号量やその推定量であってよいし、当該予測次数Pに対応する1次からP次までのPARCOR係数 $k(1), \dots, k(P)$ をそれぞれ別個の符号化対象として符号化して得られる各符号の符号量又は推定符号量を合算したものであってもよい。

【0054】

また、係数算出部 1 1 2 a で算出された各予測次数Pでの各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)は予測残差符号量算出部 1 1 2 d にも送られ、予測残差符号量算出部 1 1 2 d は、予測次数Pごとに1フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号量 a_{k_p} を算出する(ステップS 1 3)。具体的には、予測残差符号量算出部 1 1 2 d は、例えば、1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)と各PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)とを用い、実際に、予測次数Pに対応する1フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)を求め、残差符号化部 1 1 2 0 と同じ符号化方法によってそれらの符号化を行って、当該予測次数Pに対応する1フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号量 a_{k_p} を算出する。なお、1フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号化は、各予測残差 $e(n)$ をそれぞれ別個に符号化対象とするものであってもよいし、1フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)をまとめて1つの符号化対象とするものであってもよい。

【0055】

また、予測残差符号量算出部 1 1 2 d が、予測残差 $e(n)$ の振幅値やエネルギーを用いて推定符号量 a_{k_p} を算出してもよい。例えば、時系列入力信号 $x(n)$ の1フレームあたりのエネルギー $E(0)$ は

【0056】

【数1】

$$E(0) = \sum_{n=1}^N \{x(n)\}^2 \quad \dots(4)$$

【0057】

となる。1次のPARCOR係数 $k(1)$ を用いて、1次の線形予測を行ったときの予測残差のエネルギー $E(1)$ は、

$$E(1) = E(0) \{1 - k(1)^2\} \quad \dots(5)$$

となる。2次の線形予測を行ったときの予測残差のエネルギー $E(2)$ は、

$$E(2) = E(1) \{1 - k(2)^2\} \quad \dots(6)$$

となる。これを予測次数Pまで繰り返すと、P次の線形予測を行ったときの予測残差のエネルギー $E(P)$ は、

【0058】

10

20

30

40

【数 2】

$$E(P) = E(0) \prod_{m=1}^P \{1 - k(m)^2\} \quad \dots(7)$$

【0059】

となる。予測残差符号量算出部 112d は、この残差エネルギーを用いて予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の推定符号量 a_{kp} を算出することができる。例えば、残差符号化部 120 がアルファ符号で符号化を行うのであれば、正の予測残差 $e(n)$ の符号量は $2 \cdot e(n) + 1$ であるため、1 フレーム分の予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の推定符号量 a_{kp} は

10

【0060】

【数 3】

$$2\sqrt{E(P)} + N \quad \dots(8)$$

【0061】

で算出できる。また、残差符号化部 120 がゴロム・ライス符号 (Golomb-Rice Coding) で符号化を行う場合であっても、ゴロム・ライス符号の前段ビットはアルファ符号であり、後段ビットはライスパラメータに応じた有限長の符号であるため、式(8)で1フレーム分の予測残差 $e(n)$ の推定符号量 a_{kp} を算出することは妥当である。

20

【0062】

ステップ S12 から S14 で算出された予測次数 P を指定するための符号の符号量 a_p と、PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) の符号量又は推定符号量 a_{kp} と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の符号量又は推定符号量 a_{ep} とは、最適予測次数探索部 112e に入力される。最適予測次数探索部 112e は、これらの合計値 SUM を指標として、各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択する (ステップ S15)。この選択方法の具体例は前述した通り、例えば、合計値 SUM を最小にする予測次数 P を最適予測次数 P_{opt} として選択する。

【0063】

ステップ S15 で選択された最適予測次数 P_{opt} は最適予測次数符号化部 118 に入力され、最適予測次数符号化部 118 は、それを可変長符号化した符号 $C_{P_{opt}}$ (「最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号」に相当) を生成して出力する (ステップ S16)。前述した通り、この可変長符号化方法は、第1符号化対象が第2符号化対象よりも予め定められた特定の値に近い場合に、当該第1符号化対象に当該第2符号化対象の符号よりも短い符号長の符号が割り当てられる頻度が、当該第1符号化対象に当該第2符号化対象の符号よりも長い符号長の符号が割り当てられる頻度よりも高い可変長符号化方法である。また、予め定められた特定の値の一例は最大予測次数 P_{max} である。このような可変長符号化方法の具体例としては、ハフマン符号化 (Huffman Coding) などを例示できる。

30

【0064】

また、ステップ S15 で選択された最適予測次数 P_{opt} は選択部 112f に入力される。選択部 112f は、係数算出部 112a で算出された各予測次数 P に対応する PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) から、最適予測次数 P_{opt} に対応する PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$) を選択し、出力する (ステップ S17)。

40

【0065】

ステップ S17 で選択された最適予測次数 P_{opt} に対応する PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$) は、量子化部 1113 に送られ、量子化されて1次から P_{opt} 次までの量子化 PARCOR 係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$) が生成される (ステップ S18)。

【0066】

次に、係数符号化部 1114 が、ステップ S18 で生成された1次から P_{opt} 次までの量子化 PARCOR 係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$) に対応する係数符号 C_k を生成して出力する (ステップ S19)。この符号化は、ゴロム・ライス符号化方法やハフマン符号化方法などのエント

50

ロピー符号化方法によって行われる。

【0067】

また、ステップS15で選択された最適予測次数 P_{opt} や、ステップS17で選択された最適予測次数 P_{opt} でのPARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)は線形予測係数変換部1115にも送られる。線形予測係数変換部1115は、これらを用いて予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタの各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を算出する(ステップS20)。この算出は、例えば、量子化PARCOR係数 $i(m)$ を逆量子化した後、レビンソン(Levinson)・アルゴリズムを適用して行う。なお、量子化PARCOR係数 $i(m)$ を逆量子化する処理は、量子化PARCOR係数 $i(m)$ に対応するPARCOR係数 $k(m)$ の範囲のうちの予め定めた何れかの値 $k'(m)$ を求める処理である。例えば、 $k(m) < 2$ のPARCOR係数 $k(m)$ に対応する量子化PARCOR係数が $i(m)$ である場合、量子化PARCOR係数 $i(m)$ を逆量子化したPARCOR係数 $k'(m)$ の例は1と2の平均値である。

10

【0068】

線形予測部1116は、入力された1フレーム分の時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)と各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)と最適予測次数 P_{opt} とを用い、各線形予測係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)をフィルタ係数とする、最適予測次数 P_{opt} での線形予測フィルタ $y(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成して出力する。減算部1117は、入力された線形予測フィルタ $y(n)$ ($n=1, \dots, N$)と、時系列信号 $x(n)$ とを用い、予測残差 $e(n)$ を算出する(ステップS21)。なお、線形予測部1116及び減算部1117は、例えば、時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)をそのまま用いて予測フィルタ処理を行う。また、時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)が非線形量子化された信号である場合には、線形予測部1116及び減算部1117は、時系列信号 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)を線形量子化領域や他の非線形量子領域にマッピングしてから予測フィルタ処理を行ってもよい。また、この場合に、線形予測部1116及び減算部1117が、各線形予測係数 $i(m)$ と時系列信号 $x(n)$ とを線形予測フィルタ(式(2))に適用して算出された線形予測値 $y(n)$ を非線形量子領域にマッピングしてからから予測フィルタ処理を行ってもよい。

20

【0069】

算出された予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)は残差符号化部1120に送られ、そこでエントロピー符号化され、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)に対応する残差符号 C_e が生成される(ステップS22)。最適予測次数符号化部118で生成された符号 $C_{P_{opt}}$ と、係数符号化部1114で生成された係数符号 C_k と、残差符号化部1120で生成された残差符号 C_e は、合成部1130に送られ、そこで合成されて符号 C_g が生成される(ステップS23)。そして、符号化装置100は、生成した符号 C_g を出力する。

30

【0070】

<復号方法>

図9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。以下、図9を用いて本形態の復号方法を説明する。なお、以下では1フレーム分の処理のみを説明するが、実際は同様な処理が各フレームについて実行される。

【0071】

復号装置200の分離部1210は、入力された符号 C_g を分離し、最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号 $C_{P_{opt}}$ と、1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)に対応する係数符号 C_k と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)に対応する残差符号 C_e とを生成して出力する(ステップS31)。最適予測次数復元部235は、ステップS16の可変長符号化方式に対応する復号方式によって符号 $C_{P_{opt}}$ を復号し、最適予測次数 P_{opt} を生成して出力する(ステップS32)。また、残差復号部1220は、分離部1021から出力された残差符号 C_e (予測次数が最適予測次数である線形予測分析を時系列信号に対して行った結果から得られた予測残差の符号)を復号し、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成して出力する(ステップS33)。また、係数復号部1231は、分離部1210から出力された係数符号 C_k (予測次数が最適予測次数である線形予測分析を時系列信号に対して行われて得られた線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数の符号)を復号し、量

40

50

量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を生成して出力する(ステップS34)。最適予測次数復元部235で生成された最適予測次数 P_{opt} と、係数復号部1231で生成された量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)とは、線形予測係数変換部1232に入力される。線形予測係数変換部1232は、量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を逆量子化したPARCOR係数 $k'(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を用い、最適予測次数 P_{opt} での各線形予測係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)を算出して出力する(ステップS35)。この処理はレビンソン・アルゴリズムを適用して行う。

【0072】

線形予測部1233と加算部1234は、最適予測次数復元部235で生成された最適予測次数 P_{opt} と、線形予測係数変換部1232で生成された各線形予測係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)と、残差復号部1220から出力された予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)とを用い、逆予測フィルタ処理によって時系列信号のロスレス復元値 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成して出力する(ステップS36)。言い換えると、線形予測部1233と加算部1234は、各線形予測係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)をフィルタ係数とする線形予測フィルタと、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)とを用い、逆予測フィルタ処理によって時系列信号のロスレス復元値 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成して出力する。より具体的には、例えば、線形予測部1233が、1次から P_{opt} 次までの各線形予測係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)をフィルタ係数とする、最適予測次数 P_{opt} の線形予測フィルタによって線形予測値 $y(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成する。そして、加算部1234が、線形予測値 $y(n)$ と予測残差 $e(n)$ とをそれぞれ加算して時系列信号のロスレス復元値 $x(n)$ ($n=1, \dots, N$)を生成する。

【0073】

〔第1実施形態の変形例〕

第1実施形態の変形例では、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要素とする整数集合 S から一部の要素を間引いた予備集合 S_{pre} 。 S が複数種類設定されており、複数種類設定された予備集合 S_{pre} の1つを部分集合 S_{sub} として選択する。

【0074】

この場合、符号化装置100の線形予測分析部112は、さらに、複数種類設定された予備集合 S_{pre} から部分集合 S_{sub} を選択する探索次数選択部112gを有する(図6)。また、前処理において、線形予測分析部112の係数算出部112aには、複数種類の予備集合 S_{pre} が設定され、探索次数選択部112gの指示に従って予備集合 S_{pre} の1つを部分集合 S_{sub} として選択可能にされる。

【0075】

この場合の符号化方法では、ステップS11の前に、探索次数選択部112gが複数種類設定された予備集合 S_{pre} の1つを部分集合 S_{sub} として選択する。この選択はフレームやサブフレーム単位で行なわれてもよいし、複数のフレーム単位で行なわれてもよい。また、探索次数選択部112gが行う部分集合 S_{sub} の選択は、外部から探索次数選択部112gに入力された指示信号(例えば、フレーム長を特定する信号)に応じて行なわれてもよいし、前述のように入力された時系列信号 $x(n)$ に応じて行なわれてもよい。選択された部分集合 S_{sub} を特定する識別子 sub は、係数算出部112aに送られ、係数算出部112aはそれによって部分集合 S_{sub} を選択し、ステップS11以降の処理が実行される。

【0076】

ここで、最適予測次数符号化部118が、すべての予備集合 S_{pre} に共通の符号化規則で部分集合 S_{sub} の要素から選択された最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化するのであれば、符号化方法の他の処理、及び復号方法の処理は第1実施形態と同じである。一方、部分集合 S_{sub} を可変長符号化するための符号化規則を予備集合 S_{pre} ごとに独立に設定しておき、最適予測次数符号化部118が、それらの符号化規則を、部分集合 S_{sub} として選択された予備集合 S_{pre} ごとに使い分ける場合には以下の相違点がある。

【0077】

まず、ステップS16の処理において、探索次数選択部112gが選択した部分集合 S_{sub} を特定する識別子 sub を最適予測次数符号化部118に送り、最適予測次数符号化部1

10

20

30

40

50

18は、識別子subに応じて最適予測次数 P_{opt} を可変長符号化するための符号化規則（例えば、符号表）を選択し、選択した符号化規則に従って最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化して出力する。例えば、最適予測次数符号化部118が図10(A)(B)の2つの符号表を利用できるように設定しておく。そして、例えば、識別子subが部分集合 $S_{sub}=(15,12,7,2,0)$ を示すものであったならば、最適予測次数符号化部118は、図10(A)の符号表に従って最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化する。一方、識別子subが部分集合 $S_{sub}=(15,13,10,7,4)$ を示すものであったならば、最適予測次数符号化部118は、図10(B)の符号表に従って最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化する。

【0078】

また、このような場合には、復号装置200でも、最適予測次数 P_{opt} を特定する情報がどのような符号化規則に従って符号化されたかを知る必要がある。そのため、ステップS23の処理において、合成部1130は、最適予測次数符号化部118で生成された符号 $C_{P_{opt}}$ と、係数符号化部1114で生成された係数符号 C_k と、残差符号化部1120で生成された残差符号 C_e と、識別子subとを合成した符号 C_g を生成して出力する。そして、復号装置200の分離部1210は、ステップS31において、入力された符号 C_g を分離し、最適予測次数 P_{opt} を指定するための符号 $C_{P_{opt}}$ と、1次から P_{opt} 次までの量子化PARCOR係数 $i(m)$ ($m=1, \dots, P_{opt}$)に対応する係数符号 C_k と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)に対応する残差符号 C_e と、識別子subとを生成して出力する。最適予測次数復元部235は、ステップS32において、識別子subを用いてステップS16の可変長符号化方式に対応する復号方式を特定し、それによって符号 $C_{P_{opt}}$ を復号し、最適予測次数 P_{opt} を生成して出力する。

【0079】

〔第2実施形態〕

本形態は、第1実施形態の変形例である。第1実施形態では、符号化の際、予測次数 P を指定するための符号の符号量 a_p と、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量又は推定符号量 a_{kp} と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号量又は推定符号量 a_{ep} との合計値SUMを指標として、各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択していた（ステップS15）。しかし、第2実施形態では、符号化の際、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量又は推定符号量 a_{kp} と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号量又は推定符号量 a_{ep} との合計値SUMを指標として、各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択する。

【0080】

図11は、第2実施形態の線形予測分析部312の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図12は、第2実施形態の符号化方法の一部を説明するためのフローチャートである。

【0081】

図11に示すように、本形態の線形予測分析部312は、予測次数指定符号量算出部112bが存在せず、最適予測次数探索部112eが最適予測次数探索部312eに置換された点で、第1実施形態の線形予測分析部112と相違する。そして、図12に示すように、本形態の符号化方法は、ステップS12の処理が実行されず、ステップS15の代わりに、最適予測次数探索部312eが、PARCOR係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$)の符号量又は推定符号量 a_{kp} と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$)の符号量又は推定符号量 a_{ep} との合計値SUM指標とし、各予測次数 P から最適予測次数 P_{op} を選択する。

【0082】

なお、復号装置の構成や復号方法は第1実施形態と同じである。また、第1実施形態の変形例を第2実施形態に適用することも可能である。

【0083】

〔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、第1実施形態では、線形予測分析部の係数算出部が、各予測次数 P での1次から P 次までのPARCOR係数 $k(m)$

10

20

30

40

50

($m=1, \dots, P$) を生成し、各予測次数 P を指定するための符号の符号量と、各予測次数 P での PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) の符号量又は推定符号量と、残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の符号量又は推定符号量との合計値 SUM を指標とし、各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択していた。また、例えば、第 2 実施形態では、線形予測分析部の係数算出部が、各予測次数 P での 1 次から P 次までの PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) を生成し、各予測次数 P での PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) の符号量又は推定符号量と、残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の符号量又は推定符号量との合計値 SUM を指標とし、各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択していた。しかし、線形予測分析部の係数算出部が、各予測次数 P での線形予測係数 (m) ($m=1, \dots, P$) を生成し、最適予測次数探索部が、各予測次数 P での PARCOR 係数 $k(m)$ ($m=1, \dots, P$) の符号量又は推定符号量の代わりに、各予測次数 P での線形予測係数 (m) ($m=1, \dots, P$) の符号量又は推定符号量を用いて各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択してもよい。

10

【0084】

また、線形予測分析部の係数算出部で、部分集合 S_{sub} の各要素である各予測次数 P での線形予測係数若しくは当該線形予測係数に変換可能な係数をそれぞれ算出し、各予測次数 P に対し、それぞれ予測次数 P の符号と、係数の符号と、予測残差 $e(n)$ ($n=1, \dots, N$) の符号とをすべて生成し、最適予測次数探索部が実際の合計符号量を比較して各予測次数 P から最適予測次数 P_{opt} を選択してもよい。

【0085】

また、上記の実施形態では、最適予測次数符号化部 118 が、最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化することとした。しかし、最適予測次数 P_{opt} を特定する情報を可変長符号化することなく、最適予測次数 P_{opt} を特定する情報がそのまま符号 C_g に含まれもよい。

20

【0086】

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。

【0087】

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。

30

【0088】

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。

【0089】

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。

40

【0090】

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

50

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 A S P (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。

【0091】

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。

【産業上の利用可能性】

【0092】

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、センサーアレイ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】

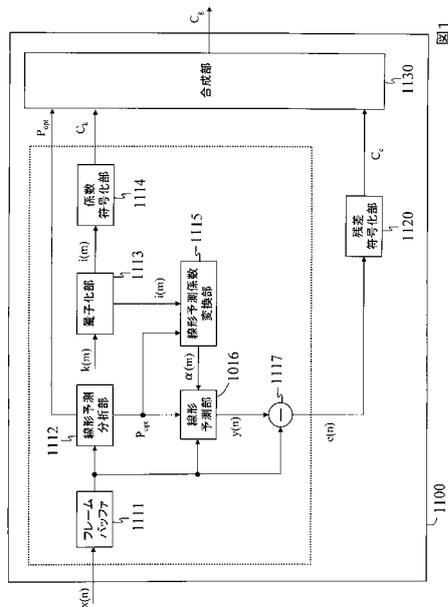
【0093】

- 100, 1100 符号化装置
- 200, 1200 復号装置

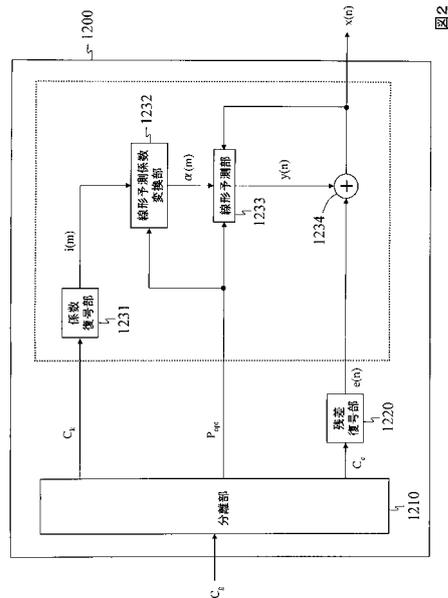
10

20

【図1】



【図2】



【図3】

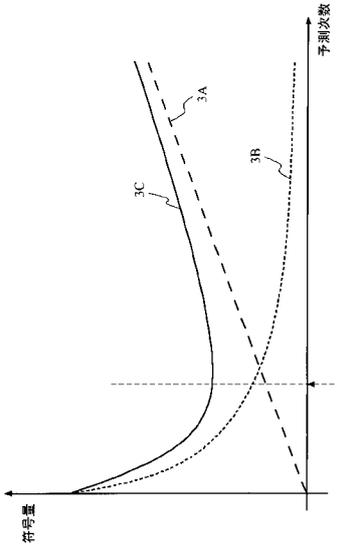


図3

【図4】

図4A

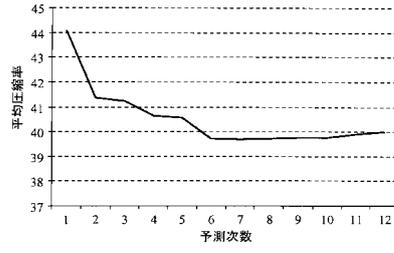
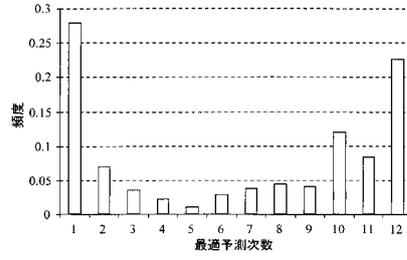


図4B



【図5】

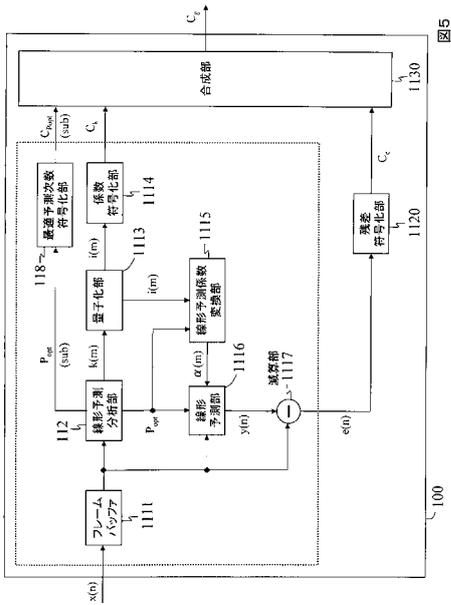


図5

【図6】

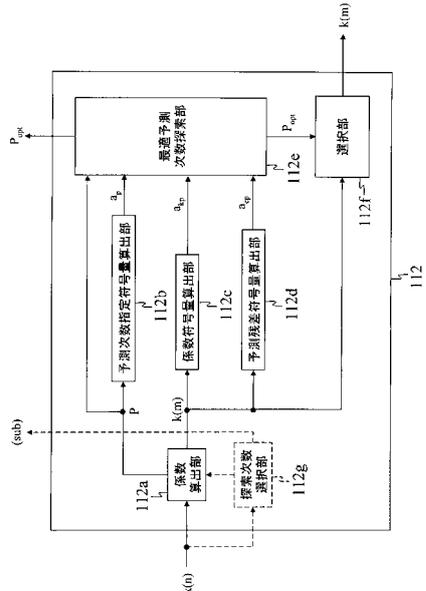


図6

【図7】

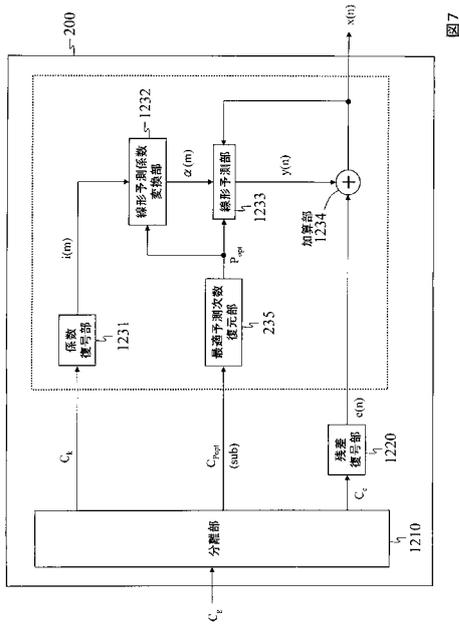


図7

【図8】



図8

【図9】

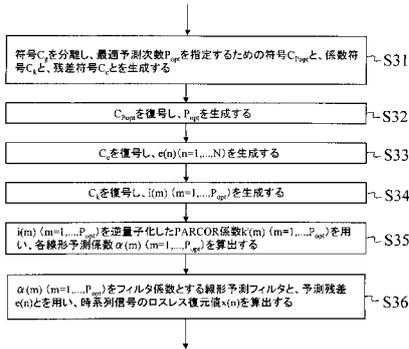


図9

【図10】

図10A

予測次数P	符号	符号長
15	0	1
12	01	2
7	001	3
2	0001	4
0	00001	5

図10B

予測次数P	符号	符号長
15	0	1
13	01	2
10	001	3
7	0001	4
4	00001	5

フロントページの続き

(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

(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2007-318691(JP,A)

特開2008-026460(JP,A)

特開2007-279393(JP,A)

特開2007-286146(JP,A)

特開2007-286200(JP,A)

特開平05-011799(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03M3/00-11/00

G10L 19/06

G10L 19/14

H04N 7/32