

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6422813号
(P6422813)

(45) 発行日 平成30年11月14日(2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日(2018.10.26)

(51) Int.Cl.		F I			
G 1 O L	19/02	(2013.01)	G 1 O L	19/02	1 5 0
G 1 O L	19/06	(2013.01)	G 1 O L	19/06	Z
G 1 O L	19/035	(2013.01)	G 1 O L	19/035	B

請求項の数 9 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2015-81771 (P2015-81771)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成27年4月13日 (2015. 4. 13)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2016-200750 (P2016-200750A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成28年12月1日 (2016. 12. 1)	(73) 特許権者	504137912
審査請求日	平成29年5月23日 (2017. 5. 23)		国立大学法人 東京大学
			東京都文京区本郷七丁目3番1号
		(74) 代理人	100121706
			弁理士 中尾 直樹
		(74) 代理人	100128705
			弁理士 中村 幸雄
		(74) 代理人	100147773
			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一丁目5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】 符号化装置、復号装置、これらの方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

時系列信号を周波数領域で符号化する符号化装置であって、

を正の数として、上記時系列信号に対応する周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の絶対値の乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数及び予測残差のエネルギー σ^2 を得る線形予測分析部と、

上記線形予測係数に変換可能な係数を用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/\sigma$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成部と、

上記線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 σ を用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する上記振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を $1/\sigma$ 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る平滑化スペクトル包絡系列生成部と、

上記周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を、対応する上記平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数で除算することにより、正規化周波数領域係数列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る包絡正規化部と、

上記正規化周波数領域係数列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得て、上記量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数に対応する分散パラ

メータ $\phi(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) を、以下の式 (A1)

【数 2 5】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots (A1)$$

により得て (ただし、 $B(\eta) = (\Gamma(3/\eta) / \Gamma(1/\eta))^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) は上記非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) の各値を対応する上記平滑化振幅スペクトル包絡系列 $H(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。)、上記分散パラメータ η ($k=0, \dots, N-1$) を用いて、上記量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) の各係数を算術符号化する符号化部と、

10

上記予測残差のエネルギーの平方根であるモデルパラメータ η に応じた情報を表すモデルパラメータ情報符号を得るモデルパラメータ情報符号化部と、
を含む符号化装置。

【請求項 2】

請求項 1 の符号化装置において、
 m を正の数として、上記モデルパラメータ η に応じた情報は、 η^m と上記グローバルゲイン g との比の値である、
符号化装置。

【請求項 3】

20

周波数領域での復号により時系列信号に対応する周波数領域サンプル列を得る復号装置であって、

入力された線形予測係数符号を復号して線形予測係数に変換可能な係数を得る線形予測係数復号部と、

入力されたモデルパラメータ符号を復号してモデルパラメータ η に応じた情報を得るモデルパラメータ情報復号部と、

η を所定の正の数として、上記線形予測係数に変換可能な係数を用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/\eta$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成部と、

30

上記線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 η とを用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する上記振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を $1/\eta$ 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $H(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) を得る平滑化スペクトル包絡系列生成部と、

分散パラメータ η ($k=0, \dots, N-1$) を、以下の式 (A1)

【数 2 6】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots (A1)$$

40

により得て (ただし、 $B(\eta) = (\Gamma(3/\eta) / \Gamma(1/\eta))^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) は上記非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) の各値を対応する上記平滑化振幅スペクトル包絡系列 $H(k)$ ($k=0, \dots, N-1$) の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。)、入力された整数信号符号を、上記分散パラメータ η ($k=0, \dots, N-1$) を用いて算術復号して、上記時系列信号に対応する周波数領域サンプル列の各係数を得る復号部と、

を含む復号装置。

【請求項 4】

請求項 3 の復号装置において、
 m を正の数として、上記モデルパラメータ η に応じた情報は、 η^m と上記グローバルゲ

50

イン g との比の値である、
復号装置。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 の復号装置において、
上記復号部は、入力された整数信号符号を、上記分散パラメータ (k) ($k=0, \dots, N-1$)
を用いて算術復号して、係数系列 $\hat{X}_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を得て、
上記係数系列 $\hat{X}_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数に上記グローバルゲイン g を乗算すること
により、復号正規化周波数領域係数系列 $\hat{X}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得るものであり、
上記復号正規化周波数領域係数系列 $\hat{X}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数に、対応する上記平
滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を乗算することにより、復号周
波数領域係数系列 $\hat{X}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る包絡逆正規化部を更に含む、
復号装置。

10

【請求項 6】

時系列信号を周波数領域で符号化する符号化方法であって、
を正の数として、上記時系列信号に対応する周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の絶対値の乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数及び予測残差のエネルギー $\underline{\quad}^2$ を得る線形予測分析ステップと、
上記線形予測係数に変換可能な係数を用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1 / \underline{\quad}$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成ステップと、
上記線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 $\underline{\quad}$ とを用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する上記振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を $1 / \underline{\quad}$ 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る平滑化スペクトル包絡系列生成ステップと、

20

上記周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を、対応する上記平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数で除算することにより、正規化周波数領域係数系列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る包絡正規化ステップと、

上記正規化周波数領域係数系列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得て、上記量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数に対応する分散パラメータ (k) ($k=0, \dots, N-1$)を、以下の式(A1)

30

【数 2 7】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots(A1)$$

により得て(ただし、 $B(\underline{\quad}) = (\underline{\quad} / \underline{\quad}) / (\underline{\quad} / \underline{\quad})^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)は上記非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値を対応する上記平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。)、上記分散パラメータ (k) ($k=0, \dots, N-1$)を用いて、上記量子化正規化済係数系列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を算術符号化する符号化ステップと、

40

上記予測残差のエネルギーの平方根であるモデルパラメータ $\underline{\quad}$ に応じた情報を表すモデルパラメータ情報符号を得るモデルパラメータ情報符号化ステップと、
を含む符号化方法。

【請求項 7】

周波数領域での復号により時系列信号に対応する周波数領域サンプル列を得る復号方法であって、

入力された線形予測係数符号を復号して線形予測係数に変換可能な係数を得る線形予測係数復号ステップと、

50

入力されたモデルパラメータ符号を復号してモデルパラメータ__に応じた情報を得るモデルパラメータ情報復号ステップと、

を所定の正の数として、上記線形予測係数に変換可能な係数を用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を1 / 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成ステップと、

上記線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 とを用いて、上記線形予測係数に変換可能な係数に対応する上記振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を1 / 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る平滑化スペクトル包絡系列生成ステップと、

分散パラメータ (k) ($k=0, \dots, N-1$)を、以下の式(A1)

【数 2 8】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots(A1)$$

により得て(ただし、 $B(\eta) = (3/\eta) / (1/\eta)^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)は上記非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値に対応する上記平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。)、入力された整数信号符号を、上記分散パラメータ (k) ($k=0, \dots, N-1$)を用いて算術復号して、上記時系列信号に対応する周波数領域サンプル列の各係数を得る復号ステップと、

を含む復号方法。

【請求項 8】

請求項 1 若しくは 2 の符号化装置の各部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【請求項 9】

請求項 3 から 5 の何れかの復号装置の各部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、音信号等の時系列信号を符号化又は復号する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

低ビット(例えば10kbit/s~20kbit/s程度)の音信号の符号化方法として、DFT(離散フーリエ変換)やMDCT(変形離散コサイン変換)などの周波数領域での直交変換係数に対する適応符号化が知られている。例えば標準規格技術であるMEPG USAC(Unified Speech and Audio Coding)は、TCX(transform coded excitation:変換符号化励振)符号化モードを持ち、この中ではMDCT係数をフレームごとに正規化して量子化後に可変長符号化している(例えば、非特許文献1参照)。

【0003】

従来のTCXに基づく符号化装置の構成例を図1に示す。以下、図1の各部について説明する。

【0004】

<周波数領域変換部11>

周波数領域変換部11には、時間領域の時系列信号である音信号が入力される。音信号は、例えば音声信号又は音響信号である。

【0005】

周波数領域変換部11は、所定の時間長のフレーム単位で、入力された時間領域の音信

10

20

30

40

50

号を周波数領域のN点のMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ に変換する。Nは正の整数である。

【0006】

変換されたMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ は、包絡正規化部14に出力される。

【0007】

<線形予測分析部12>

線形予測分析部12には、時間領域の時系列信号である音信号が入力される。

【0008】

線形予測分析部12は、フレーム単位で入力された音信号に対する線形予測分析を行うことにより、線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を生成する。また、線形予測分析部12は、生成された線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を符号化して線形予測係数符号を生成する。線形予測係数符号の例は線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ に対応するLSP(Line Spectrum Pairs)パラメータ列の量子化値の列に対応する符号であるLSP符号である。pは2以上の整数である。

10

【0009】

また、線形予測分析部12は、生成された線形予測係数符号に対応する線形予測係数である量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を生成する。

【0010】

生成された量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ は、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部14及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部13に出力される。また、生成された線形予測係数符号は、復号装置に出力される。

20

【0011】

線形予測分析には、例えば、フレーム単位で入力された音信号に対する自己相関を求めて、求めた自己相関を利用してLevinson-Durbinアルゴリズムを行うことにより線形予測係数を得る方法が用いられる。または、線形予測分析部12に周波数領域変換部11が求めたMDCT係数列を入力し、MDCT係数列の各係数の自乗値の系列を逆フーリエ変換したものに対して、Levinson-Durbinアルゴリズムを行うことにより線形予測係数を得る方法を用いてもよい。

【0012】

<平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部14>

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部14には、線形予測分析部12が生成した量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ が入力される。

30

【0013】

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部14は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を用いて、以下の式(B1)により定義される平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ を生成する。 γ を実数として $\exp(\cdot)$ はネイピア数を底とする指数関数、 j は虚数単位である。 γ は、1以下の正の定数であり、以下の式(B2)により定義される振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ の振幅の凹凸を鈍らせる係数、言い換えれば振幅スペクトル包絡系列を平滑化する係数である。

【0014】

【数1】

$$\hat{W}_\gamma(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\alpha}_n \gamma^n \exp(-j2\pi kn/N) \right|} \quad \dots(B1)$$

$$\hat{W}(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\alpha}_n \exp(-j2\pi kn/N) \right|} \quad \dots(B2)$$

40

50

【 0 0 1 5 】

生成された平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ は、包絡正規化部 1 5 と符号化部 1 6 の分散パラメータ決定部 1 6 3 に出力される。

【 0 0 1 6 】

< 非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 3 >

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 3 には、線形予測分析部 1 2 が生成した量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ が入力される。

【 0 0 1 7 】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 3 は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を用いて、上記の式(B2)により定義される非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ を生成する。

10

【 0 0 1 8 】

生成された非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ は、符号化部 1 6 の分散パラメータ決定部 1 6 3 に出力される。

【 0 0 1 9 】

< 包絡正規化部 1 5 >

包絡正規化部 1 5 には、周波数領域変換部 1 1 が生成したMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ 及び平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 4 が出力した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ が入力される。

【 0 0 2 0 】

包絡正規化部 1 5 は、MDCT係数列の各係数 $X(k)$ を平滑化振幅スペクトル包絡系列の各値 $\hat{W}(k)$ で正規化することにより、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ を生成する。つまり、 $X_N(k) = X(k) / \hat{W}(k)$ [$k=0, 1, \dots, N-1$]である。

20

【 0 0 2 1 】

生成された正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ は、符号化部 1 6 に出力される。

【 0 0 2 2 】

ここでは、聴覚的に歪が小さくなるような量子化の実現のために、包絡正規化部 1 5 は、振幅スペクトル包絡を鈍らせた系列である平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ を用いて、フレーム単位でMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を正規化している。

30

【 0 0 2 3 】

< 符号化部 1 6 >

符号化部 1 6 には、包絡正規化部 1 5 が生成した正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ 、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 4 が出力した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ 、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 1 3 が出力した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ が入力される。

【 0 0 2 4 】

符号化部 1 6 は、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ に対応する符号を生成する。

【 0 0 2 5 】

生成された正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ に対応する符号は、復号装置に出力される。

40

【 0 0 2 6 】

正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数を利得(グローバルゲイン) g で割り算し、その結果を量子化した整数値による系列である量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を符号化して得られる符号を整数信号符号とする。非特許文献 1 の技術では、符号化部 1 6 は、この整数信号符号のビット数が、予め配分されたビット数である配分ビット数 B 以下、かつ、なるべく大きな値となるような利得 g を決定する。そして、符号化部 1 6 は、この決定された利得 g に対応する利得符号と、この決定された利得 g に対応する整数信号符号とを生成する。

50

【 0 0 2 7 】

この生成された利得符号及び整数信号符号が、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ に対応する符号として復号装置に出力される。

【 0 0 2 8 】

[符号化部 1 6 が行う符号化処理の具体例]

符号化部 1 6 が行う符号化処理の具体例について説明する。

【 0 0 2 9 】

符号化部 1 6 の具体例の構成例を図 2 に示す。符号化部 1 6 は、図 2 に示すように、利得取得部 1 6 1 と、量子化部 1 6 2 と、分散パラメータ決定部 1 6 8 と、算術符号化部 1 6 9 と、利得符号化部 1 6 5 と、判定部 1 6 6 と、利得更新部 1 6 7 とを例えば備えている。以下、図 2 の各部について説明する。

10

【 0 0 3 0 】

< 利得取得部 1 6 1 >

利得取得部 1 6 1 は、入力された正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ から、整数信号符号のビット数が、予め配分されたビット数である配分ビット数 B 以下、かつ、なるべく大きな値となるようなグローバルゲイン g を決定して出力する。利得取得部 1 6 1 が得たグローバルゲイン g は、量子化部 1 6 2 で用いられるグローバルゲインの初期値となる。

【 0 0 3 1 】

< 量子化部 1 6 2 >

量子化部 1 6 2 は、入力された正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数を利得取得部 1 6 1 または利得更新部 1 6 7 が得たグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を得て出力する。

20

【 0 0 3 2 】

ここで、量子化部 1 6 2 が初回に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得取得部 1 6 1 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの初期値である。また、量子化部 1 6 2 が 2 回目以降に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得更新部 1 6 7 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの更新値である。

30

【 0 0 3 3 】

< 分散パラメータ決定部 1 6 3 >

分散パラメータ決定部 1 6 3 は、入力された非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}(0), \hat{W}(1), \dots, \hat{W}(N-1)$ と、入力された平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{W}_\gamma(0), \hat{W}_\gamma(1), \dots, \hat{W}_\gamma(N-1)$ とから、下記の式(B3)により各周波数に対する分散パラメータ $\gamma(0), \gamma(1), \dots, \gamma(N-1)$ を得て出力する。

【 0 0 3 4 】

【数 2】

$$\phi(k) = \frac{\hat{W}(k)}{\hat{W}_\gamma(k)}, \quad (k=0, \dots, N-1) \quad \dots(B3)$$

40

【 0 0 3 5 】

< 算術符号化部 1 6 4 >

算術符号化部 1 6 4 は、分散パラメータ決定部 1 6 3 が得た分散パラメータ $\gamma(0), \gamma(1), \dots, \gamma(N-1)$ を用いて、量子化部 1 6 2 が得た量子化正規化済係数列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化して整数信号符号を得て、整数信号符号と、整数信号符号のビット数である消費ビット数 C とを出力する。この算術符号は、各周波数 $k(=0, \dots, N-1)$ での量子化正規化済係数列が以下の確率変数 X に関する例えば以下の式で示されるラプラス分布に従っているときに最適になるようなビットの割り当てを行う。

【 0 0 3 6 】

50

【数3】

$$f_L(X|\phi(k)) = \frac{1}{2\phi(k)} \exp\left(-\frac{|X|}{\phi(k)}\right)$$

【0037】

<判定部166>

判定部166は、利得の更新回数が予め定めた回数の場合には、整数信号符号を出力するとともに、利得符号化部165に対し利得更新部167が得たグローバルゲインgを符号化する指示信号を出力し、利得の更新回数が予め定めた回数未満である場合には、利得更新部167に対し、算術符号化部164が計測した消費ビット数Cを出力する。

10

【0038】

<利得更新部167>

利得更新部167は、算術符号化部164が計測した消費ビット数Cが配分ビット数Bより多い場合にはグローバルゲインgの値を大きな値に更新して出力し、消費ビット数Cが配分ビット数Bより少ない場合にはグローバルゲインgの値を小さな値に更新し、更新後のグローバルゲインgの値を出力する。

【0039】

<利得符号化部165>

利得符号化部165は、判定部166が出力した指示信号に従って、利得更新部167が得たグローバルゲインgを符号化して利得符号を得て出力する。

20

【0040】

判定部166が出力した整数信号符号と、利得符号化部165が出力した利得符号は、正規化MDCT係数列に対応する符号として、復号装置に出力される。

【0041】

以上のように、従来のTCXに基づく符号化では、非平滑化振幅スペクトル包絡を鈍らせた平滑化振幅スペクトル包絡系列を用いてMDCT係数列を正規化した後、正規化MDCT係数列を符号化している。この符号化方法は、上記のMPEG-4 USACなどで採用されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0042】

【非特許文献1】M. Neuendorf, et al., "MPEG Unified Speech and Audio Coding- The ISO/MPEG Standard for High-Efficiency Audio Coding of all Content Types", AES 132nd Convention, Budapest, Hungary, 2012.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0043】

従来の符号化装置では、算術符号によりラプラス分布に対して最適なビット割り当てを行っていた。そして、スペクトル包絡の凹凸の情報を算術符号化時に利用するため、上記のラプラス分布の分散に対応する分散パラメータを包絡の値から生成している。しかし、符号化対象の属する確率分布には多様性があり、一概にラプラス分布に従っているというわけではない。このように、仮定から外れた分布に属する符号化対象に対して同様なビット割り当てを行うと、圧縮効率は低下する可能性がある。また、他の分布を導入する際にも、従来の符号化装置と同様、その分布に対する分散パラメータを生成し、スペクトル包絡の凹凸の情報を正しく組み込まなければ効率を改善することは困難である。

40

【0044】

本発明は、従来よりも効率の良い符号化又は復号を行うことができる符号化装置、復号装置、これらの方法及びプログラム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】

【0045】

50

この発明の一態様による符号化装置は、時系列信号を周波数領域で符号化する符号化装置であって、 η を正の数として、時系列信号に対応する周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の絶対値の η 乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数及び予測残差のエネルギー σ^2 を得る線形予測分析部と、線形予測係数に変換可能な係数を用いて、線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/\eta$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成部と、線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 η を用いて、線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を $1/\eta$ 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る平滑化スペクトル包絡系列生成部と、周波数領域サンプル列 $X(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を、対応する平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数で除算することにより、正規化周波数領域係数列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る包絡正規化部と、正規化周波数領域係数列 $X_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得て、量子化正規化済係数列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数に対応する分散パラメータ $\phi(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を、以下の式(A1)

【数 2 3】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots(A1)$$

により得て(ただし、 $B(\eta) = (\frac{3}{2\eta}) / (\frac{1}{2\eta})^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)は非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値を対応する平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。))、分散パラメータ $\phi(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を用いて、量子化正規化済係数列 $X_Q(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各係数を算術符号化する符号化部と、予測残差のエネルギーの平方根であるモデルパラメータ $\phi(k)$ に応じた情報を表すモデルパラメータ情報符号を得るモデルパラメータ情報符号化部と、を備えている。

【 0 0 4 6】

この発明の一態様による復号装置は、周波数領域での復号により時系列信号に対応する周波数領域サンプル列を得る復号装置であって、入力された線形予測係数符号を復号して線形予測係数に変換可能な係数を得る線形予測係数復号部と、入力されたモデルパラメータ符号を復号してモデルパラメータ $\phi(k)$ に応じた情報を得るモデルパラメータ情報復号部と、 η を所定の正の数として、線形予測係数に変換可能な係数を用いて、線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/\eta$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る非平滑化スペクトル包絡系列生成部と、線形予測係数に変換可能な係数と補正係数 η を用いて、線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列を $1/\eta$ 乗した系列である平滑化スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を得る平滑化スペクトル包絡系列生成部と、分散パラメータ $\phi(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を、以下の式(A1)

【数 2 4】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots(A1)$$

により得て(ただし、 $B(\eta) = (\frac{3}{2\eta}) / (\frac{1}{2\eta})^{1/2}$ であり、 $\hat{H}_N(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)は非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値を対応する平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)の各値で除算した正規化振幅スペクトル包絡系列である。))、入力された整数信号符号を、分散パラメータ $\phi(k)$ ($k=0, \dots, N-1$)を用いて算術復号

して、時系列信号に対応する周波数領域サンプル列の各係数を得る復号部と、を備えている。

【発明の効果】

【0047】

従来よりも効率の良い符号化又は復号を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】従来の符号化装置の例を説明するためのブロック図。

【図2】従来の符号化部の例を説明するためのブロック図。

【図3】一般化ガウス分布を説明するための図。

10

【図4】符号化装置の例を説明するためのブロック図。

【図5】符号化方法の例を説明するためのフローチャート。

【図6】符号化部の例を説明するためのブロック図。

【図7】符号化部の例を説明するためのブロック図。

【図8】符号化部の処理の例を説明するためのフローチャート。

【図9】復号装置の例を説明するためのブロック図。

【図10】復号方法の例を説明するためのフローチャート。

【図11】復号部の処理の例を説明するためのフローチャート。

【図12】符号化装置の例を説明するためのブロック図。

【図13】符号化方法の例を説明するためのフローチャート。

20

【図14】パラメータ決定装置の例を説明するためのブロック図。

【図15】パラメータ決定方法の例を説明するためのフローチャート。

【図16】技術的背景を説明するためのヒストグラム。

【発明を実施するための形態】

【0049】

[技術的背景]

平滑化振幅スペクトル包絡によるMDCT系列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の正規化は、非平滑化振幅スペクトル包絡系列による正規化よりもMDCT系列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を白色化しない。具体的には、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{w}(0), \hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)$ で正規化して得られる正規化MDCT係数列 $X_N(0)=X(0)/\hat{w}(0), X_N(1)=X(1)/\hat{w}(1), \dots, X_N(N-1)=X(N-1)/\hat{w}(N-1)$ は、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{w}(0), \hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)$ で正規化して得られる正規化後の系列 $X(0)/\hat{w}(0), X(1)/\hat{w}(1), \dots, X(N-1)/\hat{w}(N-1)$ よりも、 $\hat{w}(0)/\hat{w}(0), \hat{w}(1)/\hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)/\hat{w}(N-1)$ だけ凸凹が大きい。したがって、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{w}(0), \hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)$ で正規化して得られる正規化後の系列 $X(0)/\hat{w}(0), X(1)/\hat{w}(1), \dots, X(N-1)/\hat{w}(N-1)$ が符号化部16における符号化に適する程度に包絡の凸凹が平坦にされたものとする、符号化部16に入力される正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ には、 $\hat{w}(0)/\hat{w}(0), \hat{w}(1)/\hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)/\hat{w}(N-1)$ の系列(以下、正規化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{w}_N(0), \hat{w}_N(1), \dots, \hat{w}_N(N-1)$)で表される包絡の凹凸が残されている。

30

40

【0050】

図16に正規化MDCT系列の包絡の凹凸 $\hat{w}(0)/\hat{w}(0), \hat{w}(1)/\hat{w}(1), \dots, \hat{w}(N-1)/\hat{w}(N-1)$ が各値をとる場合における、正規化MDCT係数列に含まれる各係数の値の出現頻度を示す。envelope:0.2-0.3の曲線は、正規化MDCT系列の包絡の凹凸 $\hat{w}(k)/\hat{w}(k)$ が0.2以上0.3未満であるサンプルkに対応する正規化MDCT係数 $X_N(k)$ の値の頻度を表す。envelope:0.3-0.4の曲線は、正規化MDCT系列の包絡の凹凸 $\hat{w}(k)/\hat{w}(k)$ が0.3以上0.4未満であるサンプルkに対応する正規化MDCT係数 $X_N(k)$ の値の頻度を表す。envelope:0.4-0.5の曲線は、正規化MDCT系列の包絡の凹凸 $\hat{w}(k)/\hat{w}(k)$ が0.4以上0.5未満であるサンプルkに対応する正規化MDCT係数 $X_N(k)$ の値の頻度を表す。

【0051】

50

図16を見ると、正規化MDCT係数列に含まれる各係数の値は、平均はほぼ0であるが、分散は包絡の値と関連性をもつことがわかる。すなわち、正規化MDCT系列の包絡の凹凸が大きいほど、頻度を表す曲線の裾野が広がっているため、正規化MDCT系列の包絡の凹凸が大きいことは正規化MDCT係数の値の分散が大きいということと関連性があることがわかる。より効率的な圧縮を実現するため、この関連性を利用した符号化を行う。具体的には、符号化の対象となる周波数領域係数列の各係数に対して、スペクトル包絡を基に実質的にビット割り当てが変わる符号化を行う。

【0052】

そのために、例えば量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化する場合には、スペクトル包絡に基づいて決定された分散パラメータを用いる。

10

【0053】

また、符号化対象の属する確率分布には多様性があるところ、ある確率分布（例えば、ラプラス分布）に属する符号化対象を仮定した最適なビット割り当てを、その仮定から外れた確率分布に属する符号化対象に対して行くと、圧縮効率は低下する可能性がある。

【0054】

そこで、符号化対象の属する確率分布として、様々な確率分布を表現することができる分布である、以下の式で表される一般化ガウス分布を使用する。

【0055】

【数4】

$$f_{GG}(X|\phi, \eta) = \frac{A(\eta)}{\phi} \exp\left(-B(\eta) \left|\frac{X}{\phi}\right|^\eta\right),$$

20

$$A(\eta) = \frac{\eta B(\eta)}{2\Gamma(1/\eta)}, \quad B(\eta) = \sqrt{\frac{\Gamma(3/\eta)}{\Gamma(1/\eta)}}, \quad \Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$$

【0056】

一般化ガウス分布は形状パラメータであるパラメータ η (> 0)を変えることにより、図3のように $\eta = 1$ の時はラプラス分布、 $\eta = 2$ の時はガウス分布、といったように様々な分布を表現することができる。 η は、0より大きい所定の数である。 η の値は、予め決めておくか、または所定の時間区間であるフレーム毎に選択又は可変にしてもよい。また、上式の $B(\eta)$ は分布の分散に対応している値であり、この値を分散パラメータとして、スペクトル包絡の凹凸の情報を組み込む。つまり、分散パラメータ $\phi(k)$ ($k = 0, 1, \dots, N-1$)をスペクトル包絡から生成し、各周波数 k での量子化正規化済係数 $X_Q(k)$ に対して、 $f_{GG}(X|(\phi(k), \eta))$ に従う場合に最適となるような算術符号を構成し、この構成に基づく算術符号により符号化を行う。

30

【0057】

例えば、予測残差のエネルギー E ²及びグローバルゲイン g の情報に加えて使用する分布の情報を更に取り入れ、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数に対する分散パラメータを例えば以下の式(A1)で算出する。

40

【0058】

【数5】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots(A1)$$

【0059】

ただし、モデルパラメータ σ は、予測残差のエネルギー E ²の平方根である。

【0060】

具体的には、Levinson-DurbinアルゴリズムをMDCT係数の絶対値を η 乗した値の系列を逆フーリエ変換したものに対して行い、それにより得られる線形予測係数を量子化したも

50

のである $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ の代わりに用い、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_r(0), \hat{H}_r(1), \dots, \hat{H}_r(N-1)$ をそれぞれ下記の式(A2)と式(A3)

【0061】

【数6】

$$\hat{H}(k) = \left(\frac{1}{2\pi \left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\beta}_n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta} \quad \dots(A2)$$

10

$$\hat{H}_r(k) = \left(\frac{1}{2\pi \left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\beta}_n \gamma^n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta} \quad \dots(A3)$$

【0062】

から求め、求めた非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各係数を対応する平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_r(0), \hat{H}_r(1), \dots, \hat{H}_r(N-1)$ の各係数で除算して正規化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_N(0) = \hat{H}(0) / \hat{H}_r(0), \hat{H}_N(1) = \hat{H}(1) / \hat{H}_r(1), \dots, \hat{H}_N(N-1) = \hat{H}(N-1) / \hat{H}_r(N-1)$ を得て、正規化振幅スペクトル包絡系列とグローバルゲイン g とから上記の式(A1)により分散パラメータを算出する。

20

【0063】

ここで、実際の観測から得られる式(A1)の $2^{1/\eta} / g$ の値はばらつきが存在するので、この発明では、所定の時間区間であるフレームごとに $2^{1/\eta} / g$ を可変とする。 $2^{1/\eta} / g$ を考慮することでより精度の高い分散パラメータの割り当てが可能となり、更に効率の良い符号化又は復号を実現することができる。そのために、後述するように、符号化装置はモデルパラメータ に応じた情報を復号装置に送信する。

30

【0064】

上記技術は、量子化正規化係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化する際の符号長を規準とする最小化問題に基づくものである。以下に上記技術の導出を述べる。

【0065】

量子化正規化係数 $X_Q(k)$ をそれぞれ分散パラメータ $\sigma^2(k)$ により、形状パラメータ η の一般化ガウス分布を用いた算術符号で符号化した際の符号長は、量子化が十分細かく行われたとすると、

【0066】

【数7】

$$L = \sum_{k=0}^{N-1} -\log_2 f_{GG}(X_Q(k) | \phi(k), \eta) \quad \dots(A4)$$

40

【0067】

に比例する。この符号長を小さくするため、既に量子化及び符号化がなされている線形予測係数を基に分散パラメータ系列 $\sigma^2(0), \sigma^2(1), \dots, \sigma^2(N-1)$ を求めるとする。上の式(A4)は、式変形を行うことにより、

【0068】

【数8】

$$\begin{aligned}
L &= (\log_2 e) \sum_{k=0}^{N-1} \left[\left| \frac{B(\eta)X_Q(k)}{\phi(k)} \right|^\eta + \ln \phi(k) - \ln A(\eta) \right] \\
&= (\log_2 e) \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{1}{\eta} \left(\frac{|X_Q(k)|^\eta}{\phi^\eta(k)/(\eta B^\eta(\eta))} - \ln \frac{|X_Q(k)|^\eta}{\phi^\eta(k)/(\eta B^\eta(\eta))} - 1 \right) \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{\eta} \ln \eta B^\eta(\eta) + \ln |X_Q(k)| + \frac{1}{\eta} - \ln A(\eta) \right] \\
&= \frac{1}{\eta \ln 2} \sum_{k=0}^{N-1} D_{IS} \left(\frac{\phi^\eta(k)}{\eta B^\eta(\eta)} \parallel |X_Q(k)|^\eta \right) + C \quad \dots(A5)
\end{aligned}$$

【0069】

と書き直すことができる。ただし、lnはネイピア数を底とする対数、Cは分散パラメータに対する定数、そして $D_{IS}(X|Y)$ はYからのXの板倉斎藤距離

【0070】

【数9】

$$D_{IS}(X|Y) = \frac{Y}{X} - \ln \frac{Y}{X} - 1$$

【0071】

であるものとする。つまり、分散パラメータ系列に対する符号長Lの最小化問題は $(k)/(B(k))$ と $|X_Q(k)|$ との板倉斎藤距離の総和の最小化問題に帰着される。ここで、分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ と線形予測係数 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ 、予測残差のエネルギー σ^2 との対応関係を一つ決めれば、符号長を最小化する線形予測係数を求める最適化問題を立てることができるが、従来的高速解法を用いるためにここでは次のように対応付ける。

【0072】

【数10】

$$\phi(k) = \frac{1}{g \hat{H}_\gamma(k)} \cdot \left(\frac{\eta B^\eta(\eta) \sigma^2 / (2\pi)}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \beta_n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta} \quad \dots(A6)$$

【0073】

量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ は量子化の影響を無視すると、MDCT系列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ と平滑化振幅スペクトル包絡 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 、グローバルゲイン g を用いてそれぞれ $X_Q(k) = X(k)/(g \hat{H}(k))$ とあらわすことができることから、式(A5)の分散パラメータに依存する項は式(A6)により、

【0074】

10

20

30

40

【数 1 1】

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\eta \ln 2} \sum_{k=0}^{N-1} D_{IS} \left(\frac{\phi^\eta(k)}{\eta B^\eta(\eta)} \left| X_\varrho(k) \right|^\eta \right) \\ &= \frac{1}{\eta \ln 2} \sum_{k=0}^{N-1} D_{IS} \left(\left(\frac{1}{g \hat{H}_\gamma(k)} \right)^\eta \cdot \frac{\sigma^2 / (2\pi)}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \beta_n \exp(-j2\pi kn / N) \right|^2} \left| \frac{|X(k)|^\eta}{(g \hat{H}_\gamma(k))^\eta} \right| \right) \\ &= \frac{1}{\eta \ln 2} \sum_{k=0}^{N-1} D_{IS} \left(\frac{\sigma^2}{2\pi} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \beta_n \exp(-j2\pi kn / N) \right|^2} \left| X(k) \right|^\eta \right) \end{aligned}$$

10

【0075】

のように、MDCT係数系列の絶対値と全極型のスペクトル包絡との板倉斎藤距離としてあらわされる。従来の線形予測分析、つまりパワースペクトルを逆フーリエ変換したものに対して Levinson-Durbin アルゴリズムを適用するものは、パワースペクトルと全極型のスペクトル包絡との板倉斎藤距離を最小化する線形予測係数を求める操作であることが知られている。したがって、上記の符号長最小化問題は、振幅スペクトルの乗、つまり MDCT 係数系列の絶対値の乗を逆フーリエ変換したものに対して Levinson-Durbin アルゴリズムを適用することにより従来法と同様に最適解を求めることができる。

20

【0076】

[第一実施形態]
(符号化)

第一実施形態の符号化装置の構成例を図 4 に示す。第三実施形態の符号化装置は、図 4 に示すように、周波数領域変換部 21 と、線形予測分析部 22 と、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 23 と、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 24 と、包絡正規化部 25 と、符号化部 26 と、パラメータ決定部 27 と、モデルパラメータ情報符号化部 29 を例えば備えている。この符号化装置により実現される第一実施形態の符号化方法の各処理の例を図 5 に示す。

30

【0077】

以下、図 4 の各部について説明する。

【0078】

< パラメータ決定部 27 >

第一実施形態では、所定の時間区間ごとに複数のパラメータの何れかがパラメータ決定部 27 により選択可能とされている。

【0079】

パラメータ決定部 27 には、複数のパラメータがパラメータの候補として記憶されているとする。パラメータ決定部 27 は、複数のパラメータの中の 1 つのパラメータを順次読み出し、線形予測分析部 22、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 23、復号化部 26 及びモデルパラメータ情報符号化部 29 へ出力する (ステップ A0)。

40

【0080】

周波数領域変換部 21、線形予測分析部 22、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 23、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 24、包絡正規化部 25、符号化部 26 及びモデルパラメータ情報符号化部 29 は、パラメータ決定部 27 が順次読み出した各パラメータに基づいて、例えば以下に説明するステップ A1 からステップ A6 及びステップ A9 の処理を行い同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対

50

して符号を生成する。一般に、パラメータ を所与として、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対して2個以上の符号が得られる場合がある。この場合、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対する符号は、これらの得られた2個以上の符号をまとめたものである。この例では、符号は、線形予測係数符号と、利得符号と、整数信号符号と、モデルパラメータ情報符号とを合わせたものである。これにより、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対する各パラメータ ごとの符号が得られる。

【0081】

ステップA9の処理の後に、パラメータ決定部27は、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対して各パラメータ ごとに得られた符号の中から1つの符号を選択し、選択された符号に対応するパラメータ を決定する(ステップA7)。この決定されたパラメータ が、その同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対するパラメータ となる。そして、パラメータ決定部27は、選択された符号及び決定されたパラメータ を表す符号を復号装置に出力する。パラメータ決定部27によるステップA7の処理の詳細については後述する。

10

【0082】

以下では、パラメータ決定部27により1つのパラメータ が読み出されており、この読み出された1つのパラメータ について処理が行われるとする。

【0083】

<周波数領域変換部21>

20

周波数領域変換部21には、時間領域の時系列信号である音信号が入力される。音信号の例は、音声デジタル信号又は音響デジタル信号である。

【0084】

周波数領域変換部21は、所定の時間長のフレーム単位で、入力された時間領域の音信号を周波数領域のN点のMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ に変換する(ステップA1)。Nは正の整数である。

【0085】

得られたMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ は、線形予測分析部22と包絡正規化部25に出力される。

【0086】

30

特に断りがない限り、以降の処理はフレーム単位で行われるものとする。

【0087】

このようにして、周波数領域変換部21は、音信号に対応する、例えばMDCT係数列である周波数領域サンプル列を求める。

【0088】

<線形予測分析部22>

線形予測分析部22には、周波数領域変換部21が得たMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ が入力される。

【0089】

線形予測分析部22は、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を用いて、以下の式(A7)により定義される $\tilde{R}(0), \tilde{R}(1), \dots, \tilde{R}(N-1)$ を線形予測分析して線形予測係数 r_1, r_2, \dots, r_p を生成し、生成された線形予測係数 r_1, r_2, \dots, r_p を符号化して線形予測係数符号と線形予測係数符号に対応する量子化された線形予測係数である量子化線形予測係数 $\hat{r}_1, \hat{r}_2, \dots, \hat{r}_p$ とを生成する(ステップA2)。

40

【0090】

【数12】

$$\tilde{R}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} |X(n)|^2 \exp\left(-j \frac{2\pi kn}{N}\right), \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad \dots(A7)$$

【0091】

50

生成された量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ は、非平滑化スペクトル包絡系列生成部23と平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部24に出力される。なお、線形予測分析処理の過程で予測残差のエネルギー E^2 が算出される。この場合、算出された予測残差のエネルギー E^2 は、モデルパラメータ情報符号化部29及び符号化部26の分散パラメータ決定部268に出力される。

【0092】

また、生成された線形予測係数符号は、パラメータ決定部27に送信される。

【0093】

具体的には、線形予測分析部22は、まずMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の乗をパワースペクトルと見做した逆FFTに相当する演算、すなわち式(A7)の演算を行うことにより、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の乗に対応する時間領域の信号列である擬似相関関数信号列 $\sim R(0), \sim R(1), \dots, \sim R(N-1)$ を求める。そして、線形予測分析部22は、求めた擬似相関関数信号列 $\sim R(0), \sim R(1), \dots, \sim R(N-1)$ を用いて線形予測分析を行って、線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を生成する。そして、線形予測分析部22は、生成された線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を符号化することにより、線形予測係数符号と、線形予測係数符号に対応する量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ とを得る。

10

【0094】

線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ は、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の乗をパワースペクトルと見做したときの時間領域の信号に対応する線形予測係数である。

【0095】

線形予測分析部22による線形予測係数符号の生成は、例えば従来的な符号化技術によって行われる。従来的な符号化技術とは、例えば、線形予測係数そのものに対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術、線形予測係数をLSPパラメータに変換してLSPパラメータに対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術、線形予測係数をPARCOR係数に変換してPARCOR係数に対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術などである。例えば、線形予測係数そのものに対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術は、複数の量子化線形予測係数の候補が予め定められ、各候補が線形予測係数符号と予め対応付けられて記憶されており、候補の何れかが生成された線形予測係数に対する量子化線形予測係数として決定され、量子化線形予測係数と線形予測係数符号とが得られる技術である。

20

30

【0096】

このようにして、線形予測分析部22は、例えばMDCT係数列である周波数領域サンプル列の絶対値の乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数を生成する。

【0097】

<非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23>

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23には、線形予測分析部22が生成した量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ が入力される。

【0098】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23は、量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ に対応する振幅スペクトル包絡の系列である非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を生成する(ステップA3)。

40

【0099】

生成された非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ は、符号化部26に出力される。

【0100】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23は、量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を用いて、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ として、式(A2)により定義される非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を生成する。

50

【 0 1 0 1 】

【 数 1 3 】

$$\hat{H}(k) = \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\beta}_n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta} \quad \dots(A2)$$

【 0 1 0 2 】

このようにして、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 3 は、線形予測分析部 2 2 により生成された線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/\eta$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列を得ることによりスペクトル包絡の推定を行う。ここで、 c を任意の数として、複数の値から構成される系列を c 乗した系列とは、複数の値のそれぞれを c 乗した値から構成される系列のことである。例えば、振幅スペクトル包絡の系列を $1/\eta$ 乗した系列とは、振幅スペクトル包絡の各係数を $1/\eta$ 乗した値から構成される系列のことである。

10

【 0 1 0 3 】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 3 による $1/\eta$ 乗の処理は、線形予測分析部 2 2 で行われた周波数領域サンプル列の絶対値の η 乗をパワースペクトルと見做した処理に起因するものである。すなわち、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 3 による $1/\eta$ 乗の処理は、線形予測分析部 2 2 で行われた周波数領域サンプル列の絶対値の η 乗をパワースペクトルと見做した処理により η 乗された値を元の値に戻すために行われる。

20

【 0 1 0 4 】

< 平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4 >

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4 には、線形予測分析部 2 2 が生成した量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ が入力される。

【 0 1 0 5 】

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4 は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ に対応する振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凸凹を鈍らせた系列である平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を生成する (ステップ A 4)。

30

【 0 1 0 6 】

生成された平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ は、包絡正規化部 2 5 及び符号化部 2 6 に出力される。

【 0 1 0 7 】

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4 は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ と補正係数 γ を用いて、平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ として、式(A3)により定義される平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_\gamma(0), \hat{H}_\gamma(1), \dots, \hat{H}_\gamma(N-1)$ を生成する。

【 0 1 0 8 】

【 数 1 4 】

$$\hat{H}_\gamma(k) = \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\beta}_n \gamma^n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta} \quad \dots(A3)$$

40

【 0 1 0 9 】

ここで、補正係数 γ は予め定められた 1 未満の定数であり非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の振幅の凹凸を鈍らせる係数、言い換えれば非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を平滑化する係数である。

50

【 0 1 1 0 】

< 包絡正規化部 2 5 >

包絡正規化部 2 5 には、周波数領域変換部 2 1 が得た MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ 及び平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 4 が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ が入力される。

【 0 1 1 1 】

包絡正規化部 2 5 は、MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の各係数を、対応する平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各値で正規化することにより、正規化 MDCT 係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ を生成する (ステップ A 5)。

【 0 1 1 2 】

生成された正規化 MDCT 係数列は、符号化部 2 6 に出力される。

【 0 1 1 3 】

包絡正規化部 2 5 は、例えば、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の各係数 $X(k)$ を平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ で除算することにより、正規化 MDCT 係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数 $X_N(k)$ を生成する。すなわち、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、 $X_N(k)=X(k)/\hat{H}(k)$ である。

【 0 1 1 4 】

< 符号化部 2 6 >

符号化部 2 6 には、包絡正規化部 2 5 が生成した正規化 MDCT 係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ 、非平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 3 が生成した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 、平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 4 が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 及び線形予測分析部 2 2 が算出した予測残差のエネルギー σ^2 が入力される。

【 0 1 1 5 】

符号化部 2 6 は、図 8 に示すステップ A 6 1 からステップ A 6 5 の処理を例えば行うことにより符号化を行う (ステップ A 6)。

【 0 1 1 6 】

符号化部 2 6 は、正規化 MDCT 係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ に対応するグローバルゲイン g を求め (ステップ A 6 1)、正規化 MDCT 係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果を量子化した整数値による系列である量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を求め (ステップ A 6 2)、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数に対応する分散パラメータ $\sigma^2(0), \sigma^2(1), \dots, \sigma^2(N-1)$ をグローバルゲイン g と非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と平均残差のエネルギー σ^2 とから式 (A1) により求め (ステップ A 6 3)、分散パラメータ $\sigma^2(0), \sigma^2(1), \dots, \sigma^2(N-1)$ を用いて量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化して整数信号符号を得 (ステップ A 6 4)、グローバルゲイン g に対応する利得符号を得る (ステップ A 6 5)。

【 0 1 1 7 】

【 数 1 5 】

$$\phi(k) = \eta^{1/\eta} B(\eta) \hat{H}_N(k) \frac{\sigma^{2/\eta}}{g} \quad \dots (A1)$$

【 0 1 1 8 】

ここで、上記の式 (A1) における正規化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_N(0), \hat{H}_N(1), \dots, \hat{H}_N(N-1)$ は、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各値を、対応する平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各値で除算したもの、すなわち、以下の式 (A8) により求まるものである。

【 0 1 1 9 】

10

20

30

40

【数 16】

$$\hat{H}_N(k) = \frac{\hat{H}(k)}{\hat{H}_\gamma(k)}, k = 0, 1, \dots, N-1 \dots (A8)$$

【0120】

生成された整数信号符号と利得符号は正規化MDCT係数列に対応する符号として、パラメータ決定部27に出力される。

【0121】

符号化部26は、ステップA61からステップA65により、整数信号符号のビット数が、予め配分されたビット数である配分ビット数B以下、かつ、なるべく大きな値となるようなグローバルゲインgを決定し、決定されたグローバルゲインgに対応する利得符号と、この決定されたグローバルゲインgに対応する整数信号符号とを生成する機能を実現している。

10

【0122】

符号化部26が行うステップA61からステップA65のうち、の特徴的な処理が含まれるのはステップA63であり、グローバルゲインgと量子化正規化係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ のそれぞれを符号化することにより正規化MDCT係数列に対応する符号を得る符号化処理自体には、非特許文献1に記載された技術を含む様々な公知技術が存在する。以下では符号化部26が行う符号化処理の具体例を2つ説明する。

【0123】

20

[符号化部26が行う符号化処理の具体例1]

符号化部26が行う符号化処理の具体例1として、ループ処理を含まない例について説明する。

【0124】

具体例1の符号化部26の構成例を図6に示す。具体例1の符号化部26は、図6に示すように、利得取得部261と、量子化部262と、分散パラメータ決定部268と、算術符号化部269と、利得符号化部265とを例えば備えている。以下、図6の各部について説明する。

【0125】

<利得取得部261>

30

利得取得部261には、包絡正規化部25が生成した正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ が入力される。

【0126】

利得取得部261は、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ から、整数信号符号のビット数が、予め配分されたビット数である配分ビット数B以下、かつ、なるべく大きな値となるようなグローバルゲインgを決定して出力する(ステップS261)。利得取得部261は、例えば、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ のエネルギーの合計の平方根と配分ビット数Bと負の相関のある定数との乗算値をグローバルゲインgとして得て出力する。または、利得取得部261は、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ のエネルギーの合計と、配分ビット数Bと、グローバルゲインgと、の関係を予めテーブル化しておき、そのテーブルを参照することによりグローバルゲインgを得て出力してもよい。

40

【0127】

このようにして、利得取得部261は、例えば正規化MDCT係数列である正規化周波数領域サンプル列の全サンプルを除算するための利得を得る。

【0128】

得られたグローバルゲインgは、量子化部262、分散パラメータ決定部268及びモデルパラメータ情報符号化部29に出力される。

【0129】

<量子化部262>

量子化部262には、包絡正規化部25が生成した正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$

50

$N(N-1)$ 及び利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g が入力される。

【 0 1 3 0 】

量子化部 2 6 2 は、正規化 MDCT 係数系列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を得て出力する (ステップ S 2 6 2)。

【 0 1 3 1 】

このようにして、量子化部 2 6 2 は、例えば正規化 MDCT 係数系列である正規化周波数領域サンプル列の各サンプルを、利得で除算するとともに量子化して量子化正規化済係数系列を求める。

【 0 1 3 2 】

得られた量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ は、算術符号化部 2 6 9 に出力される。

【 0 1 3 3 】

< 分散パラメータ決定部 2 6 8 >

分散パラメータ決定部 2 6 8 には、パラメータ決定部 2 7 が読み出したパラメータ、利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g 、非平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 3 が生成した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 、平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 4 が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 及び線形予測分析部 2 2 が得た予測残差のエネルギー ϵ^2 が入力される。

【 0 1 3 4 】

分散パラメータ決定部 2 6 8 は、グローバルゲイン g と、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と、平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と、予測残差のエネルギー ϵ^2 とから、上記の式 (A1)、式 (A8) により分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ の各分散パラメータを得て出力する (ステップ S 2 6 8)。

【 0 1 3 5 】

得られた分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ は、算術符号化部 2 6 9 に出力される。

【 0 1 3 6 】

< 算術符号化部 2 6 9 >

算術符号化部 2 6 9 には、パラメータ決定部 2 7 が読み出したパラメータ、量子化部 2 6 2 が得た量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ 及び分散パラメータ決定部 2 6 8 が得た分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ が入力される。

【 0 1 3 7 】

算術符号化部 2 6 9 は、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数に対応する分散パラメータとして分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ の各分散パラメータを用いて、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化して整数信号符号を得て出力する (ステップ S 2 6 9)。

【 0 1 3 8 】

算術符号化部 2 6 9 は、算術符号化の際に、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数が一般化ガウス分布 $f_{GG}(X|k)$ に従うときに最適になるような算術符号を構成し、この構成に基づく算術符号により符号化を行う。この結果、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数へのビット割り当ての期待値が分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ で決定されることになる。

【 0 1 3 9 】

得られた整数信号符号は、パラメータ決定部 2 7 に出力される。

【 0 1 4 0 】

量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の中の複数の係数に跨って算術符号化が行われてもよい。この場合、分散パラメータ系列 $\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(N-1)$ の各分散パラメータは、式 (A1)、式 (A8) からわかるように、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}($

10

20

30

40

50

1), ..., $X_N(N-1)$ に基づいているため、算術符号化部 2 6 9 は、推定されたスペクトル包絡（非平滑化振幅スペクトル包絡）を基に実質的にビット割り当てが変わる符号化を行っていると言える。

【 0 1 4 1 】

< 利得符号化部 2 6 5 >

利得符号化部 2 6 5 には、利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g が入力される。

【 0 1 4 2 】

利得符号化部 2 6 5 は、グローバルゲイン g を符号化して利得符号を得て出力する（ステップ S 2 6 5）。

【 0 1 4 3 】

生成された整数信号符号と利得符号は正規化MDCT係数列に対応する符号として、パラメータ決定部 2 7 に出力される。

【 0 1 4 4 】

本具体例 1 のステップ S 2 6 1, S 2 6 2, S 2 6 8, S 2 6 9, S 2 6 5 がそれぞれ上記のステップ A 6 1, A 6 2, A 6 3, A 6 4, A 6 5 に対応する。

【 0 1 4 5 】

[符号化部 2 6 が行う符号化処理の具体例 2]

符号化部 2 6 が行う符号化処理の具体例 2 として、ループ処理を含む例について説明する。

【 0 1 4 6 】

具体例 2 の符号化部 2 6 の構成例を図 7 に示す。具体例 2 の符号化部 2 6 は、図 7 に示すように、利得取得部 2 6 1 と、量子化部 2 6 2 と、分散パラメータ決定部 2 6 8 と、算術符号化部 2 6 9 と、利得符号化部 2 6 5 と、判定部 2 6 6 と、利得更新部 2 6 7 とを例えば備えている。以下、図 7 の各部について説明する。

【 0 1 4 7 】

< 利得取得部 2 6 1 >

利得部 2 6 1 には、包絡正規化部 2 5 が生成した正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ が入力される。

【 0 1 4 8 】

利得取得部 2 6 1 は、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ から、整数信号符号のビット数が、予め配分されたビット数である配分ビット数 B 以下、かつ、なるべく大きな値となるようなグローバルゲイン g を決定して出力する（ステップ S 2 6 1）。利得取得部 2 6 1 は、例えば、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ のエネルギーの合計の平方根と配分ビット数 B と負の相関のある定数との乗算値をグローバルゲイン g として得て出力する。

【 0 1 4 9 】

得られたグローバルゲイン g は、量子化部 2 6 2 及び分散パラメータ決定部 2 6 8 に出力される。

【 0 1 5 0 】

利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g は、量子化部 2 6 2 及び分散パラメータ決定部 2 6 8 で用いられるグローバルゲインの初期値となる。

【 0 1 5 1 】

< 量子化部 2 6 2 >

量子化部 2 6 2 には、包絡正規化部 2 5 が生成した正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ 及び利得取得部 2 6 1 又は利得更新部 2 6 7 が得たグローバルゲイン g が入力される。

【 0 1 5 2 】

量子化部 2 6 2 は、正規化MDCT係数列 $X_N(0), X_N(1), \dots, X_N(N-1)$ の各係数をグローバルゲイン g で割り算した結果の整数部分による系列である量子化正規化済係数列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を得て出力する（ステップ S 2 6 2）。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 3 】

ここで、量子化部 2 6 2 が初回に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの初期値である。また、量子化部 2 6 2 が 2 回目以降に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得更新部 2 6 7 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの更新値である。

【 0 1 5 4 】

得られた量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ は、算術符号化部 2 6 9 に出力される。

【 0 1 5 5 】

< 分散パラメータ決定部 2 6 8 >

分散パラメータ決定部 2 6 8 には、パラメータ決定部 2 7 が読み出したパラメータ、利得取得部 2 6 1 又は利得更新部 2 6 7 が得たグローバルゲイン g 、非平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 3 が生成した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $^H(0), ^H(1), \dots, ^H(N-1)$ 、平滑化振幅スペクトル包絡生成部 2 4 が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $^H(0), ^H(1), \dots, ^H(N-1)$ 及び線形予測分析部 2 2 が得た予測残差のエネルギー 2 が入力される。

【 0 1 5 6 】

分散パラメータ決定部 2 6 8 は、グローバルゲイン g と、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $^H(0), ^H(1), \dots, ^H(N-1)$ と、平滑化振幅スペクトル包絡系列 $^H(0), ^H(1), \dots, ^H(N-1)$ と、予測残差のエネルギー 2 とから、上記の式(A1)、式(A8)により分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ の各分散パラメータを得て出力する(ステップ S 2 6 8)。

【 0 1 5 7 】

ここで、分散パラメータ決定部 2 6 8 が初回に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得取得部 2 6 1 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの初期値である。また、分散パラメータ決定部 2 6 8 が 2 回目以降に実行される際に用いられるグローバルゲイン g は、利得更新部 2 6 7 が得たグローバルゲイン g 、すなわちグローバルゲインの更新値である。

【 0 1 5 8 】

得られた分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ は、算術符号化部 2 6 9 に出力される。

【 0 1 5 9 】

< 算術符号化部 2 6 9 >

算術符号化部 2 6 9 には、パラメータ決定部 2 7 が読み出したパラメータ、量子化部 2 6 2 が得た量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ 及び分散パラメータ決定部 2 6 8 が得た分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ が入力される。

【 0 1 6 0 】

算術符号化部 2 6 9 は、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数に対応する分散パラメータとして分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ の各分散パラメータを用いて、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ を算術符号化して、整数信号符号と整数信号符号のビット数である消費ビット数 C とを得て出力する(ステップ S 2 6 9)。

【 0 1 6 1 】

算術符号化部 2 6 9 は、算術符号化の際に、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数が一般化ガウス分布 $f_{GG}(X|k)$ に従うときに最適になるような算術符号を構成し、この構成に基づく算術符号により符号化を行う。この結果、量子化正規化済係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の各係数へのビット割り当ての期待値が分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ で決定されることになる。

【 0 1 6 2 】

10

20

30

40

50

得られた整数信号符号及び消費ビット数 C は、判定部 266 に出力される。

【0163】

量子化正規化係数系列 $X_Q(0), X_Q(1), \dots, X_Q(N-1)$ の中の複数の係数に跨って算術符号化が行われてもよい。この場合、分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ の各分散パラメータは、式(A1), 式(A8)からわかるように、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\wedge H(0), \wedge H(1), \dots, \wedge H(N-1)$ に基づいているため、算術符号化部 269 は、推定されたスペクトル包絡(非平滑化振幅スペクトル包絡)を基に実質的にビット割り当てが変わる符号化を行っていると言える。

【0164】

<判定部 266 >

判定部 266 には、算術符号化部 269 が得た整数信号符号が入力される。

10

【0165】

判定部 266 は、利得の更新回数が予め定めた回数の場合には、整数信号符号を出力するとともに、利得符号化部 265 に対し利得更新部 267 が得たグローバルゲイン g を符号化する指示信号を出力し、利得の更新回数が予め定めた回数未満である場合には、利得更新部 267 に対し、算術符号化部 264 が計測した消費ビット数 C を出力する(ステップ S266)。

【0166】

<利得更新部 267 >

利得更新部 267 には、算術符号化部 264 が計測した消費ビット数 C が入力される。

20

【0167】

利得更新部 267 は、消費ビット数 C が配分ビット数 B より多い場合にはグローバルゲイン g の値を大きな値に更新して出力し、消費ビット数 C が配分ビット数 B より少ない場合にはグローバルゲイン g の値を小さな値に更新し、更新後のグローバルゲイン g の値を出力する(ステップ S267)。

【0168】

利得更新部 267 が得た更新後のグローバルゲイン g は、量子化部 262、利得符号化部 265 及びモデルパラメータ情報符号化部 29 に出力される。

【0169】

<利得符号化部 265 >

利得符号化部 265 には、判定部 266 からの出力指示及び利得更新部 267 が得たグローバルゲイン g が入力される。

30

【0170】

利得符号化部 265 は、指示信号に従って、グローバルゲイン g を符号化して利得符号を得て出力する(ステップ 265)。

【0171】

判定部 266 が出力した整数信号符号と、利得符号化部 265 が出力した利得符号は、正規化 MDCT 係数列に対応する符号として、パラメータ決定部 27 に出力される。

【0172】

すなわち、本具体例 2 においては、最後に行われたステップ S267 が上記のステップ A61 に対応し、ステップ S262, S263, S264, S265 がそれぞれ上記のステップ A62, A63, A64, A65 に対応する。

40

【0173】

なお、符号化部 26 が行う符号化処理の具体例 2 については、国際公開公報 WO2014/054556 などに更に詳細に説明されている。

【0174】

<モデルパラメータ情報符号化部 29 >

モデルパラメータ情報符号化部 29 には、線形予測分析部 22 が得た予測残差のエネルギー²、利得取得部 261 又は利得更新部 267 が得たグローバルゲイン g 、パラメータ決定部 27 が決定したパラメータ符号に対応するパラメータ θ が、入力される。

50

【 0 1 7 5 】

モデルパラメータ情報符号化部 2 9 は、予測残差のエネルギー E^2 を少なくとも用いて、モデルパラメータ θ に応じた情報を表すモデルパラメータ情報符号を得て出力する（ステップ A 9）。モデルパラメータ情報符号は、パラメータ決定部 2 7 に出力される。

【 0 1 7 6 】

モデルパラメータ θ に応じた情報とは、例えば式(A1)の $\frac{2}{m} / g$ である。すなわち、 m を正の数として、モデルパラメータ θ に応じた情報は、例えば、 $\frac{m}{g}$ とグローバルゲイン g との比の値である。 m は、例えば $2/$ である。モデルパラメータ θ 及びグローバルゲイン g は、互いに依存する関係にある。より詳細には、モデルパラメータ θ が大きいほど、スペクトルのダイナミックレンジが大きくなるため、量子化幅すなわちグローバルゲイン g が大きくなるという互いに依存する関係がある。このため、 $\frac{m}{g}$ とグローバルゲイン g との比の値の取り得る範囲は、限定的であることが多い。このため、 $\frac{m}{g}$ とグローバルゲイン g との比の値をモデルパラメータ θ に応じた情報とすると、モデルパラメータ θ に応じた情報を効率良く量子化（符号化）することができる。

10

【 0 1 7 7 】

もちろん、モデルパラメータ θ に応じた情報は、モデルパラメータ θ 自体であってもよいし、その他のモデルパラメータ θ に依拠した情報であってもよい。

【 0 1 7 8 】

例えば、モデルパラメータ情報符号化部 2 9 には、モデルパラメータ θ に応じた情報の複数の候補が記憶されている。モデルパラメータ情報復号部 3 9 は、モデルパラメータ θ に応じた情報の複数の候補の中から、入力された θ （必要に応じて更に g 、）により定まるモデルパラメータ θ に応じた情報に最も近いモデルパラメータ θ に応じた情報の候補を選択し、その選択されたモデルパラメータ θ に応じた情報の候補を特定する情報をモデルパラメータ情報符号とする。

20

【 0 1 7 9 】

< パラメータ決定部 2 7 >

ステップ A 1 からステップ A 6 及びステップ A 9 の処理により、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対して各パラメータ θ ごとに生成された符号（この例では、線形予測係数符号、利得符号、整数信号符号及びモデルパラメータ情報符号）は、パラメータ決定部 2 7 に入力される。

30

【 0 1 8 0 】

パラメータ決定部 2 7 は、同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対して各パラメータ θ ごとに得られた符号の中から 1 つの符号を選択し、選択された符号に対応するパラメータ θ を決定する（ステップ A 7）。この決定されたパラメータ θ が、その同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対するパラメータ θ となる。そして、パラメータ決定部 2 7 は、選択された符号及び決定されたパラメータ θ を表すパラメータ符号を復号装置に出力する。符号の選択は、符号の符号量及び符号に対応する符号化歪の少なくとも一方に基づいて行われる。例えば、符号量が最も小さい符号又は符号化歪が最も小さい符号が選択される。

40

【 0 1 8 1 】

ここで、符号化歪みとは、入力信号から得られる周波数領域サンプル列と、生成された符号をローカルデコードすることにより得られる周波数領域サンプル列との誤差のことである。符号化装置は、符号化歪みを計算するための符号化歪計算部を備えていてもよい。この符号化歪計算部は、以下に述べる復号装置と同様の処理を行う復号部を備え、この復号部が生成された符号をローカルデコードする。その後、符号化歪計算部は、入力信号から得られる周波数領域サンプル列と、ローカルデコードすることにより得られた周波数領域サンプル列との誤差を計算し、符号化歪とする。

【 0 1 8 2 】

（復号）

符号化装置に対応する復号装置の構成例を図 9 に示す。第一実施形態の復号装置は、図

50

9に示すように、線形予測係数復号部31と、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32と、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33と、復号部34と、包絡逆正規化部35と、時間領域変換部36と、パラメータ復号部37と、モデルパラメータ情報復号部39を例えば備えている。この復号装置により実現される第一実施形態の復号方法の各処理の例を図10に示す。

【0183】

復号装置には、符号化装置が出力した、パラメータ符号、正規化MDCT係数列に対応する符号及び線形予測係数符号が少なくとも入力される。

【0184】

以下、図9の各部について説明する。

10

【0185】

<パラメータ復号部37>

パラメータ復号部37には、符号化装置が出力したパラメータ符号が入力される。

【0186】

パラメータ復号部37は、パラメータ符号を復号することにより復号パラメータを求める。求めた復号パラメータは、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33及び復号部34に出力される。パラメータ復号部37には、複数の復号パラメータが候補として記憶されている。パラメータ復号部37は、パラメータ符号に対応する復号パラメータの候補を復号パラメータとして求める。パラメータ復号部37に記憶されている複数の復号パラメータは、符号化装置のパラメータ決定部27に記憶された複数のパラメータと同じである。

20

【0187】

<モデルパラメータ情報復号部39>

モデルパラメータ情報復号部39には、符号化装置が出力したモデルパラメータ情報符号が入力される。

【0188】

モデルパラメータ情報復号部39は、モデルパラメータ情報符号を復号することにより、モデルパラメータに応じた情報を得る。得られたモデルパラメータに応じた情報は、復号部34の分散パラメータ決定部342に出力される。

【0189】

例えば、モデルパラメータ情報復号部39には、モデルパラメータに応じた情報の複数の候補が記憶されている。モデルパラメータ情報復号部39は、モデルパラメータに応じた情報の複数の候補の中から、モデルパラメータ情報符号により特定されるモデルパラメータに応じた情報の候補を選択することによりモデルパラメータに応じた情報を得る。モデルパラメータ情報復号部39に記憶されている複数の復号パラメータは、符号化装置のモデルパラメータ情報符号化部29に記憶された複数のパラメータと同じである。

30

【0190】

<線形予測係数復号部31>

線形予測係数復号部31には、符号化装置が出力した線形予測係数符号が入力される。

【0191】

線形予測係数復号部31は、フレームごとに、入力された線形予測係数符号を例えば従来の復号技術によって復号して復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を得る(ステップB1)。

40

【0192】

得られた復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ は、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33に出力される。

【0193】

ここで、従来の復号技術とは、例えば、線形予測係数符号が量子化された線形予測係数に対応する符号である場合に線形予測係数符号を復号して量子化された線形予測係数と同じ復号線形予測係数を得る技術、線形予測係数符号が量子化されたLSPパラメータに対

50

応する符号である場合に線形予測係数符号を復号して量子化されたLSPパラメータと同じ復号LSPパラメータを得る技術などである。また、線形予測係数とLSPパラメータは互いに変換可能なものであり、入力された線形予測係数符号と後段での処理において必要な情報に応じて、復号線形予測係数と復号LSPパラメータの間での変換処理を行えばよいのは周知である。以上から、上記の線形予測係数符号の復号処理と必要に応じて行なう上記の変換処理とを包含したものが「従来の復号技術による復号」ということになる。

【0194】

このようにして、線形予測係数復号部31は、入力された線形予測係数符号を復号することにより、時系列信号に対応する周波数領域サンプル列の絶対値の乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対応する線形予測係数に変換可能な係数を生成する。

10

【0195】

<非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32>

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32には、パラメータ復号部37が求めた復号パラメータ及び線形予測係数復号部31が得た復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ が入力される。

【0196】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32は、復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ に対応する振幅スペクトル包絡の系列である非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を上記の式(A2)により生成する(ステップB2)。

20

【0197】

生成された非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ は、復号部34に出力される。

【0198】

このようにして、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32は、線形予測係数復号部31により生成された線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を1/乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列を得る。

【0199】

<平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33>

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33には、パラメータ復号部37が求めた復号パラメータ及び線形予測係数復号部31が得た復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ が入力される。

30

【0200】

平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部33は、復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ に対応する振幅スペクトル包絡の系列の振幅の凹凸を鈍らせた系列である平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を上記の式A(3)により生成する(ステップB3)。

【0201】

生成された平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ は、復号部34及び包絡逆正規化部35に出力される。

40

【0202】

<復号部34>

復号部34には、パラメータ復号部37が求めた復号パラメータ、符号化装置が出力した正規化MDCT係数列に対応する符号、非平滑化振幅スペクトル包絡生成部32が生成した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 、平滑化振幅スペクトル包絡生成部33が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ 及びモデルパラメータ情報復号部39が得たモデルパラメータに応じた情報が入力される。

【0203】

復号部34は、分散パラメータ決定部342を備えている。

【0204】

50

復号部 3 4 は、図 1 1 に示すステップ B 4 1 からステップ B 4 4 の処理を例えば行うことにより復号を行う（ステップ B 4 ）。すなわち、復号部 3 4 は、フレームごとに、入力された正規化 MDCT 係数列に対応する符号に含まれる利得符号を復号してグローバルゲイン g を得る（ステップ B 4 1）。復号部 3 4 の分散パラメータ決定部 3 4 2 は、グローバルゲイン g と非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ と平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(0), \hat{H}_s(1), \dots, \hat{H}_s(N-1)$ とパラメータ α とモデルパラメータに応じた情報とから上記の式(A1)により分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ の各分散パラメータを求める（ステップ B 4 2）。復号部 3 4 は、正規化 MDCT 係数列に対応する符号に含まれる整数信号符号を分散パラメータ系列 $(0), (1), \dots, (N-1)$ の各分散パラメータに対応する算術符号化の構成に従い、算術復号して復号正規化済係数列 $\hat{X}_Q(0), \hat{X}_Q(1), \dots, \hat{X}_Q(N-1)$ を得（ステップ B 4 3）、復号正規化済係数列 $\hat{X}_Q(0), \hat{X}_Q(1), \dots, \hat{X}_Q(N-1)$ の各係数にグローバルゲイン g を乗算して復号正規化 MDCT 係数列 $\hat{X}_N(0), \hat{X}_N(1), \dots, \hat{X}_N(N-1)$ を生成する（ステップ B 4 4）。このように、復号部 3 4 は、非平滑化スペクトル包絡系列に基づいて実質的に変わるビット割り当てに従って、入力された整数信号符号の復号を行ってもよい。

10

【 0 2 0 5 】

生成された復号正規化 MDCT 係数列 $\hat{X}_N(0), \hat{X}_N(1), \dots, \hat{X}_N(N-1)$ は、包絡逆正規化部 3 5 へ出力される。

【 0 2 0 6 】

< 包絡逆正規化部 3 5 >

20

包絡逆正規化部 3 5 には、平滑化振幅スペクトル包絡生成部 3 3 が生成した平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(0), \hat{H}_s(1), \dots, \hat{H}_s(N-1)$ 及び復号部 3 4 が生成した復号正規化 MDCT 係数列 $\hat{X}_N(0), \hat{X}_N(1), \dots, \hat{X}_N(N-1)$ が入力される。

【 0 2 0 7 】

包絡逆正規化部 3 5 は、平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(0), \hat{H}_s(1), \dots, \hat{H}_s(N-1)$ を用いて、復号正規化 MDCT 係数列 $\hat{X}_N(0), \hat{X}_N(1), \dots, \hat{X}_N(N-1)$ を逆正規化することにより、復号 MDCT 係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ を生成する（ステップ B 5）。

【 0 2 0 8 】

生成された復号 MDCT 係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ は、時間領域変換部 3 6 へ出力される。

30

【 0 2 0 9 】

例えば、包絡逆正規化部 3 5 は、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、復号正規化 MDCT 係数列 $\hat{X}_N(0), \hat{X}_N(1), \dots, \hat{X}_N(N-1)$ の各係数 $\hat{X}_N(k)$ に、平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}_s(0), \hat{H}_s(1), \dots, \hat{H}_s(N-1)$ の各包絡値 $\hat{H}_s(k)$ を乗じることにより復号 MDCT 係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ を生成する。すなわち、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、 $\hat{X}(k) = \hat{X}_N(k) \times \hat{H}_s(k)$ である。

【 0 2 1 0 】

< 時間領域変換部 3 6 >

時間領域変換部 3 6 には、包絡逆正規化部 3 5 が生成した復号 MDCT 係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ が入力される。

【 0 2 1 1 】

40

時間領域変換部 3 6 は、フレームごとに、包絡逆正規化部 3 5 が得た復号 MDCT 係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ を時間領域に変換してフレーム単位の音信号（復号音信号）を得る（ステップ B 6）。

【 0 2 1 2 】

このようにして、復号装置は、周波数領域での復号により時系列信号を得る。

【 0 2 1 3 】

[第二実施形態]

第一実施形態の符号化装置及び方法は、複数のパラメータ α のそれぞれについて符号化を行い符号を生成し、パラメータ α ごとに生成された符号の中から最適な符号を選択し、選択された符号及び選択された符号に対応するパラメータ符号を出力するものであった。

50

【 0 2 1 4 】

これに対して、第二実施形態の符号化装置及び方法は、まずパラメータ決定部 2 7 がパラメータ を決定し、決定されたパラメータ に基づいて符号化を行い符号を生成し出力するものである。第二実施形態では、所定の時間区間ごとにパラメータ がパラメータ決定部 2 7 により可変とされている。ここで、所定の時間区間ごとにパラメータ が可変とは、所定の時間区間が変わればパラメータ も変わり得ることを意味し、同一の時間区間ではパラメータ の値は変わらないとする。

【 0 2 1 5 】

以下、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。第一実施形態と同様の部分については重複説明を省略する。

10

【 0 2 1 6 】

(符号化)

第二実施形態の符号化装置の構成例を図 1 2 に示す。符号化装置は、図 1 2 に示すように、周波数領域変換部 2 1 と、線形予測分析部 2 2 と、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 3 と、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4 と、包絡正規化部 2 5 と、符号化部 2 6 と、パラメータ決定部 2 7 ' と、モデルパラメータ情報符号化部 2 9 とを例えば備えている。この符号化装置により実現される符号化方法の各処理の例を図 1 3 に示す。

【 0 2 1 7 】

以下、図 1 2 の各部について説明する。

【 0 2 1 8 】

<パラメータ決定部 2 7 ' >

パラメータ決定部 2 7 ' には、時系列信号である時間領域の音信号が入力される。音信号の例は、音声デジタル信号又は音響デジタル信号である。

20

【 0 2 1 9 】

パラメータ決定部 2 7 ' は、入力された時系列信号に基づいて、後述する処理により、パラメータ を決定する(ステップ A 7 ')。パラメータ決定部 2 7 ' により決定された は、線形予測分析部 2 2、非平滑化振幅スペクトル包絡推定部 2 3、及び平滑化振幅スペクトル包絡推定部 2 4 及び符号化部 2 6 に出力される。

【 0 2 2 0 】

また、パラメータ決定部 2 7 ' は、決定された を符号化することによりパラメータ符号を生成する。生成されたパラメータ符号は、復号装置に送信される。また、生成されたパラメータ符号に対応するパラメータ が、モデルパラメータ情報符号化部 2 9 に出力される。

30

【 0 2 2 1 】

パラメータ決定部 2 7 ' の詳細については後述する。

【 0 2 2 2 】

周波数領域変換部 2 1、線形予測分析部 2 2、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 3、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 2 4、包絡正規化部 2 5 符号化部 2 6 及びモデルパラメータ情報符号化部 2 9 は、パラメータ決定部 2 7 が決定したパラメータ に基づいて、第一実施形態と同様の処理により符号を生成する(ステップ A 1 からステップ A 6 及びステップ A 9)。この例では、符号は、線形予測係数符号と、利得符号と、整数信号符号と、モデルパラメータ情報符号とを合わせたものである。生成された符号は、復号装置に送信される。

40

【 0 2 2 3 】

パラメータ決定部 2 7 ' の構成例を図 1 4 に示す。パラメータ決定部 2 7 ' は、図 1 4 に示すように、周波数領域変換部 4 1 と、スペクトル包絡推定部 4 2 と、白色化スペクトル系列生成部 4 3 と、パラメータ取得部 4 4 とを例えば備えている。スペクトル包絡推定部 4 2 は、線形予測分析部 4 2 1 及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 を例えば備えている。例えばこのパラメータ決定部 2 7 ' により実現されるパラメータ決定方

50

法の各処理の例を図 2 に示す。

【 0 2 2 4 】

以下、図 1 4 の各部について説明する。

【 0 2 2 5 】

< 周波数領域変換部 4 1 >

周波数領域変換部 4 1 には、時系列信号である時間領域の音信号が入力される。音信号の例は、音声デジタル信号又は音響デジタル信号である。

【 0 2 2 6 】

周波数領域変換部 4 1 は、所定の時間長のフレーム単位で、入力された時間領域の音信号を周波数領域の N 点の MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ に変換する。N は正の整数である

10

【 0 2 2 7 】

得られた MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ は、スペクトル包絡推定部 4 2 及び白色化スペクトル系列生成部 4 3 に出力される。

【 0 2 2 8 】

特に断りがない限り、以降の処理はフレーム単位で行われるものとする。

【 0 2 2 9 】

このようにして、周波数領域変換部 4 1 は、音信号に対応する、例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列を求める (ステップ C 4 1)。

【 0 2 3 0 】

20

< スペクトル包絡推定部 4 2 >

スペクトル包絡推定部 4 2 には、周波数領域変換部 2 1 が得た MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ が入力される。

【 0 2 3 1 】

スペクトル包絡推定部 4 2 は、所定の方法で定められるパラメータ α_0 に基づいて、時系列信号に対応する周波数領域サンプル列の絶対値の α_0 乗をパワースペクトルとして用いたスペクトル包絡の推定を行う (ステップ C 4 2)。

【 0 2 3 2 】

推定されたスペクトル包絡は、白色化スペクトル系列生成部 4 3 に出力される。

【 0 2 3 3 】

30

スペクトル包絡推定部 4 2 は、例えば以下に説明する線形予測分析部 4 2 1 及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 の処理により、非平滑化振幅スペクトル包絡系列を生成することによりスペクトル包絡の推定を行う。

【 0 2 3 4 】

パラメータ α_0 は所定の方法で定められるとする。例えば、 α_0 を 0 より大きい所定の数とする。例えば、 $\alpha_0 = 1$ とする。また、現在パラメータ α_0 を求めようとしているフレームよりも前のフレームで求めた α_0 を用いてもよい。現在パラメータ α_0 を求めようとしているフレーム (以下、現フレームとする。) よりも前のフレームとは、例えば現フレームのよりも前のフレームであって現フレームの近傍のフレームである。現フレームの近傍のフレームは、例えば現フレームの直前のフレームである。

40

【 0 2 3 5 】

< 線形予測分析部 4 2 1 >

線形予測分析部 4 2 1 には、周波数領域変換部 4 1 が得た MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ が入力される。

【 0 2 3 6 】

線形予測分析部 4 2 1 は、MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ を用いて、以下の式 (C1) により定義される $\tilde{r}(0), \tilde{r}(1), \dots, \tilde{r}(N-1)$ を線形予測分析して線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を生成し、生成された線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を符号化して線形予測係数符号と線形予測係数符号に対応する量子化された線形予測係数である量子化線形予測係数 $\hat{a}_1^q, \hat{a}_2^q, \dots, \hat{a}_p^q$ とを生成する。

50

【 0 2 3 7 】

【 数 1 7 】

$$\tilde{R}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} |X(n)|^{2\alpha} \exp\left(-j \frac{2\pi kn}{N}\right), \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad \dots(C1)$$

【 0 2 3 8 】

生成された量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ は、非平滑化スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 に出力される。

【 0 2 3 9 】

具体的には、線形予測分析部 4 2 1 は、まず MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の α_0 乗をパワースペクトルと見做した逆FFTに相当する演算、すなわち式(C1)の演算を行うことにより、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の α_0 乗に対応する時間領域の信号列である擬似相関関数信号列 $\sim R(0), \sim R(1), \dots, \sim R(N-1)$ を求める。そして、線形予測分析部 4 2 1 は、求めた擬似相関関数信号列 $\sim R(0), \sim R(1), \dots, \sim R(N-1)$ を用いて線形予測分析を行って、線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を生成する。そして、線形予測分析部 4 2 1 は、生成された線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を符号化することにより、線形予測係数符号と、線形予測係数符号に対応する量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ とを得る。

10

【 0 2 4 0 】

線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ は、MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の絶対値の α_0 乗をパワースペクトルと見做したときの時間領域の信号に対応する線形予測係数である。

20

【 0 2 4 1 】

線形予測分析部 4 2 1 による線形予測係数符号の生成は、例えば従来の符号化技術によって行われる。従来の符号化技術とは、例えば、線形予測係数そのものに対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術、線形予測係数をLSPパラメータに変換してLSPパラメータに対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術、線形予測係数をPARCOR係数に変換してPARCOR係数に対応する符号を線形予測係数符号とする符号化技術などである。

【 0 2 4 2 】

このようにして、線形予測分析部 4 2 1 は、例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列の絶対値の α_0 乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数を生成する(ステップ C 4 2 1)。

30

【 0 2 4 3 】

< 非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 >

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 には、線形予測分析部 4 2 1 が生成した量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ が入力される。

【 0 2 4 4 】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ に対応する振幅スペクトル包絡の系列である非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を生成する。

40

【 0 2 4 5 】

生成された非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ は、白色化スペクトル系列生成部 4 3 に出力される。

【 0 2 4 6 】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 は、量子化線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を用いて、非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ として、式(C2)により定義される非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ を生成する。

【 0 2 4 7 】

【数 1 8】

$$\hat{H}(k) = \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{\left| 1 + \sum_{n=1}^p \hat{\beta}_n \exp(-j2\pi kn/N) \right|^2} \right)^{1/\eta_0} \dots (C2)$$

【 0 2 4 8 】

このようにして、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 4 2 2 は、疑似相関関数信号列に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1 / \eta_0$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列を線形予測分析部 4 2 1 により生成された線形予測係数に変換可能な係数に基づいて得ることによりスペクトル包絡の推定を行う（ステップ C 4 2 2）。

10

【 0 2 4 9 】

< 白色化スペクトル系列生成部 4 3 >

白色化スペクトル系列生成部 4 3 には、周波数領域変換部 4 1 が得た MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ 及び非平滑化振幅スペクトル包絡生成部 4 2 2 が生成した非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ が入力される。

【 0 2 5 0 】

白色化スペクトル系列生成部 4 3 は、MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の各係数を、対応する非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各値で除算することにより、白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ を生成する。

20

【 0 2 5 1 】

生成された白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ は、パラメータ取得部 4 4 に出力される。

【 0 2 5 2 】

白色化スペクトル系列生成部 4 3 は、例えば、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、MDCT 係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ の各係数 $X(k)$ を非平滑化振幅スペクトル包絡系列 $\hat{H}(0), \hat{H}(1), \dots, \hat{H}(N-1)$ の各値 $\hat{H}(k)$ で除算することにより、白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ の各値 $X_w(k)$ を生成する。すなわち、 $k=0, 1, \dots, N-1$ として、 $X_w(k) = X(k) / \hat{H}(k)$ である。

【 0 2 5 3 】

このようにして、白色化スペクトル系列生成部 4 3 は、例えば非平滑化振幅スペクトル包絡系列であるスペクトル包絡で例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列を除算した系列である白色化スペクトル系列を得る（ステップ C 4 3）。

30

【 0 2 5 4 】

< パラメータ取得部 4 4 >

パラメータ取得部 4 4 には、白色化スペクトル系列生成部 4 3 が生成した白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ が入力される。

【 0 2 5 5 】

パラメータ取得部 4 4 は、パラメータ θ を形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ のヒストグラムを近似するパラメータ θ を求める（ステップ C 4 4）。言い換えれば、パラメータ取得部 4 4 は、パラメータ θ を形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化スペクトル系列 $X_w(0), X_w(1), \dots, X_w(N-1)$ のヒストグラムの分布に近くなるようなパラメータ θ を決定する。

40

【 0 2 5 6 】

パラメータ θ を形状パラメータとする一般化ガウス分布は、例えば以下のように定義される。 θ は、ガンマ関数である。

【 0 2 5 7 】

【数 19】

$$f_{GG}(X|\phi, \eta) = \frac{A(\eta)}{\phi} \exp\left(-B(\eta) \left|\frac{X}{\phi}\right|^\eta\right),$$

$$A(\eta) = \frac{\eta B(\eta)}{2\Gamma(1/\eta)}, \quad B(\eta) = \sqrt{\frac{\Gamma(3/\eta)}{\Gamma(1/\eta)}}, \quad \Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$$

【0258】

一般化ガウス分布は、形状パラメータである η を変えることにより、図3のように $\eta = 1$ の時はラプラス分布、 $\eta = 2$ の時はガウス分布、といったように様々な分布を表現することができるものである。 σ^2 は分散に対応するパラメータである。

10

【0259】

ここで、パラメータ取得部44が求める η は、以下の式により定義される。 F^{-1} は、関数 F の逆関数である。この式は、いわゆるモーメント法により導出されるものである。

【0260】

【数20】

$$\eta = F^{-1}\left(\frac{m_1}{\sqrt{m_2}}\right) \quad \dots(C3)$$

20

$$F(\eta) = \frac{\Gamma(2/\eta)}{\sqrt{\Gamma(1/\eta)\Gamma(3/\eta)}}$$

$$m_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X_w(k)|, \quad m_2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X_w(k)|^2$$

【0261】

逆関数 F^{-1} が定式化されている場合には、パラメータ取得部44は、定式化された逆関数 F^{-1} に $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ の値を入力したときの出力値を計算することによりパラメータ η を求めることができる。

30

【0262】

逆関数 F^{-1} が定式化されていない場合には、パラメータ取得部44は、式(C3)で定義される η の値を計算するために、例えば以下に説明する第一方法又は第二方法によりパラメータ η を求めてもよい。

【0263】

パラメータ η を求めるための第一方法について説明する。第一の方法では、パラメータ取得部44は、白色化スペクトル系列に基づいて $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ を計算し、予め用意しておいた異なる複数の、 η と対応する $F(\eta)$ のペアを参照して、計算された $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ に最も近い $F(\eta)$ に対応する η を取得する。

【0264】

予め用意しておいた異なる複数の、 η と対応する $F(\eta)$ のペアは、パラメータ取得部44の記憶部441に予め記憶しておく。パラメータ取得部44は、記憶部441参照して、計算された $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ に最も近い $F(\eta)$ を見つけ、見つかった $F(\eta)$ に対応する η を記憶部441から読み込み出力する。

40

【0265】

計算された $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ に最も近い $F(\eta)$ とは、計算された $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ との差の絶対値が最も小さくなる $F(\eta)$ のことである。

【0266】

パラメータ η を求めるための第二方法について説明する。第二の方法では、逆関数 F^{-1} の近似曲線関数を \tilde{F}^{-1} として、パラメータ取得部44は、白色化スペクトル系列に基づい

50

で $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ を計算し、近似曲線関数 F^{-1} に計算された $m_1 / ((m_2)^{1/2})$ を入力したときの出力値を計算することにより θ を求める。

【0267】

パラメータ決定部 27' は、ループ処理によりパラメータ θ を求めてもよい。すなわち、パラメータ決定部 27' は、パラメータ取得部 44 で求まるパラメータ θ を所定の方法で定められるパラメータ θ_0 とする、スペクトル包絡推定部 42、白色化スペクトル系列生成部 43 及びパラメータ取得部 44 の処理を更に 1 回以上行ってもよい。

【0268】

この場合、例えば、図 14 で破線で示すように、パラメータ取得部 44 で求めたパラメータ θ は、スペクトル包絡推定部 42 に出力される。スペクトル包絡推定部 42 は、パラメータ取得部 44 で求めた θ をパラメータ θ_0 として用いて、上記説明した処理と同様の処理を行いスペクトル包絡の推定を行う。白色化スペクトル系列生成部 43 は、新たに推定されたスペクトル包絡に基づいて、上記説明した処理と同様の処理を行い白色化スペクトル系列を生成する。パラメータ取得部 44 は、新たに生成された白色化スペクトル系列に基づいて、上記説明した処理と同様の処理を行いパラメータ θ を求める。

10

【0269】

例えば、スペクトル包絡推定部 42、白色化スペクトル系列生成部 43 及びパラメータ取得部 44 の処理は、所定の回数である N 回だけ更に行われてもよい。 N は所定の正の整数であり、例えば $N = 1$ 又は $N = 2$ である。

【0270】

また、スペクトル包絡推定部 42 は、今回求めたパラメータ θ と前回求めたパラメータ θ_{prev} との差の絶対値が所定の閾値以下となるまで、スペクトル包絡推定部 42、白色化スペクトル系列生成部 43 及びパラメータ取得部 44 の処理を繰り返してもよい。

20

【0271】

(復号)

第二実施形態の復号装置及び方法は、第一実施形態と同様であるため重複説明を省略する。

【0272】

[変形例等]

線形予測分析部 22 及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 23 を 1 つのスペクトル包絡推定部 2A として捉えると、このスペクトル包絡推定部 2A は、時系列信号に対応する例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列の絶対値の N 乗をパワースペクトルと見做したスペクトル包絡 (非平滑化振幅スペクトル包絡系列) の推定を行っていると言える。ここで、「パワースペクトルと見做した」とは、パワースペクトルを通常用いるところ、 N 乗のスペクトルを用いることを意味する。

30

【0273】

この場合、スペクトル包絡推定部 2A の線形予測分析部 22 は、例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列の絶対値の N 乗をパワースペクトルと見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列に対して線形予測分析を行い線形予測係数に変換可能な係数を得ていると言える。また、スペクトル包絡推定部 2A の非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 23 は、線形予測分析部 22 により得られた線形予測係数に変換可能な係数に対応する振幅スペクトル包絡の系列を $1/N$ 乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列を得ることによりスペクトル包絡の推定を行っていると言える。

40

【0274】

また、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 24、包絡正規化部 25 及び符号化部 26 を 1 つの符号化部 2B として捉えると、この符号化部 2B は、スペクトル包絡推定部 2A により推定されたスペクトル包絡 (非平滑化振幅スペクトル包絡系列) を基に実質的にビット割り当てが変わる符号化を時系列信号に対応する例えば MDCT 係数列である周波数領域サンプル列の各係数に対して行っていると言える。

【0275】

50

復号部 3 4 及び包絡逆正規化部 3 5 を 1 つの復号部 3 A として捉えると、この復号部 3 A は、非平滑化スペクトル包絡系列に基づいて実質的に変わるビット割り当てに従って、入力された整数信号符号の復号を行うことにより時系列信号に対応する周波数領域サンプル列を得ていると言える。

【 0 2 7 6 】

符号化部 2 B は、スペクトル包絡（非平滑化振幅スペクトル包絡系列）を基に実質的にビット割り当てが変わる符号化を行うのであれば、上記説明した算術符号化以外の符号化処理を行ってもよい。この場合、復号部 3 A は、符号化部 2 B が行った符号化処理に対応する復号処理を行う。

【 0 2 7 7 】

例えば、符号化部 2 B は、スペクトル包絡（非平滑化振幅スペクトル包絡系列）に基づいて決定された決定されたRiceパラメータを用いて周波数領域サンプル列をGolomb-Rice符号化してもよい。この場合、復号部 3 A は、スペクトル包絡（非平滑化振幅スペクトル包絡系列）に基づいて決定された決定されたRiceパラメータを用いてGolomb-Rice復号してもよい。

【 0 2 7 8 】

第一実施形態において、符号化装置は、パラメータ を決定する際に符号化処理を最後まで行わなくてもよい。言い換えれば、パラメータ決定部 2 7 は、推定符号量に基づいてパラメータ を決定してもよい。この場合、符号化部 2 B は、複数のパラメータ のそれぞれを用いて同一の所定の時間区間の時系列信号に対応する周波数領域サンプル列に対する上記と同様の符号化処理により得られる符号の推定符号量を得る。パラメータ決定部 2 7 は、得られた推定符号量に基づいて複数のパラメータ の何れか 1 つを選択する。例えば、推定符号量が最も小さいパラメータ を選択する。符号化部 2 B は、選択されたパラメータ を用いて上記と同様の符号化処理を行うことにより符号を得て出力する。

【 0 2 7 9 】

同一の所定のパラメータ が、符号化装置及び復号装置に予め定められていてもよい。この場合、パラメータ決定部 2 7 , 2 7 ' は、符号化装置及び復号装置に備えられていなくてもよい。符号化装置及び復号装置のパラメータ決定部 2 7 , 2 7 ' 以外の各部は、この予め定められたパラメータ に基づいて、例えば上記の第二実施形態と同様の符号化処理及び復号処理を行う。

【 0 2 8 0 】

符号化装置は、図 4 又は図 1 2 に破線で示した分割部 2 8 を更に備えていてもよい。分割部 2 8 は、周波数領域変換部 2 1 が生成した例えばMDCT係数列である周波数領域サンプル列に基づいて、周波数領域サンプル列の周期性成分に対応するサンプルから構成される第一周波数領域サンプル列と、周波数領域サンプル列の周期性成分に対応するサンプル以外のサンプルから構成される第二周波数領域サンプル列とを生成し、周期性成分に対応するサンプルを表す情報を補助情報として復号装置に出力する。

【 0 2 8 1 】

言い換えれば、第一周波数領域サンプル列は周波数領域サンプル列の山の部分に対応するサンプルから構成されるサンプル列であり、第二周波数領域サンプル列は周波数領域サンプル列の谷の部分に対応するサンプルから構成されるサンプル列である。

【 0 2 8 2 】

例えば、周波数領域サンプル列のうちの周波数領域サンプル列に対応する時系列信号の周期性または基本周波数に対応するサンプルを含む一つまたは連続する複数のサンプルおよび、周波数領域サンプル列のうちの周波数領域サンプル列に対応する時系列信号の周期性または基本周波数の整数倍に対応するサンプルを含む一つまたは連続する複数のサンプル、の全部または一部のサンプルにより構成されるサンプル列を第一周波数領域サンプル列と、周波数領域サンプル列のうちの第一周波数領域サンプル列に含まれないサンプルにより構成されるサンプル列を第二周波数領域サンプル列とを生成する。第一周波数領域サンプル列と第二周波数領域サンプル列の生成は、国際公開公報WO2012/046685に記載され

10

20

30

40

50

た方法を用いて行うことができる。

【0283】

線形予測分析部22、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部24、包絡正規化部25及び符号化部26及びパラメータ決定部27は、第一周波数領域サンプル列及び第二周波数領域サンプル列のそれぞれについて、第一実施形態又は第二実施形態で説明した符号化処理を行い符号を生成する。すなわち、例えば算術符号化が行われる場合には、第一周波数領域サンプル列に対応するパラメータ符号、線形予測係数符号、整数信号符号及び利得符号が生成され、第二周波数領域サンプル列に対応するパラメータ符号、線形予測係数符号、整数信号符号及び利得符号が生成される。

10

【0284】

このように、第一周波数領域サンプル列及び第二周波数領域サンプル列のそれぞれについて符号化を行うことにより、更に効率良く符号化を行うことができる。

【0285】

この場合、復号装置は、図9に破線で示した結合部38を更に備えていてもよい。復号装置は、第一周波数領域サンプル列に対応する符号(例えば、パラメータ符号、線形予測係数符号、整数信号符号及び利得符号)に基づいて、第一実施形態又は第二実施形態で説明した復号処理を行い、復号第一周波数領域サンプル列を求める。また、復号装置は、第二周波数領域サンプル列に対応する符号(例えば、パラメータ符号、線形予測係数符号、整数信号符号及び利得符号)に基づいて、第一実施形態又は第二実施形態で説明した復号処理を行い、復号第二周波数領域サンプル列を求める。結合部38は、入力された補助情報を用いて、復号第一周波数領域サンプル列及び復号第二周波数領域サンプル列を適宜結合することにより例えば復号MDCT係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ である復号周波数領域サンプル列を求める。時間領域変換部は、復号周波数領域サンプル列を時間領域に変換して時系列信号を求める。補助情報を用いた結合は、国際公開公報WO2012/046685に記載された方法を用いて行うことができる。

20

【0286】

なお、ビットレートが低い場合や符号量を更に少なくしたい場合には、符号化装置では第一周波数領域サンプル列のみを符号化して、第一周波数領域サンプル列に対応する符号のみを生成し、第二周波数領域サンプル列に対応する符号は生成せず、復号装置では、符号から得られる第一周波数領域サンプル列と、サンプルの値を0とした第二周波数領域サンプル列を用いて復号周波数領域サンプル列を求めてもよい。

30

【0287】

また、線形予測分析部22、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23、平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部24、包絡正規化部25及び符号化部26及びパラメータ決定部27は、第一周波数領域サンプル列と第二周波数領域サンプル列とを結合して得られるサンプル列である並べ替え後サンプル列について、第一実施形態又は第二実施形態で説明した符号化処理を行い符号を生成してもよい。例えば算術符号化が行われる場合には、並べ替え後サンプル列に対応するパラメータ符号、線形予測係数符号、整数信号符号及び利得符号が生成される。

40

【0288】

このように、並べ替え後サンプル列について符号化を行うことにより、更に効率良く符号化を行うことができる。

【0289】

この場合、復号装置は、第一実施形態又は第二実施形態で説明した復号処理を行い、復号並べ替え後サンプル列を求め、入力された補助情報を用いて、復号並べ替え後サンプル列を、符号化装置で第一周波数領域サンプル列と第二周波数領域サンプル列とを生成した規則に対応する規則で並べ替えて、例えば復号MDCT係数列 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ である復号周波数領域サンプル列を求める。時間領域変換部36は、復号周波数領域サンプル列を時間領域に変換して時系列信号を求める。補助情報を用いた並べ替えは、国際公開公報

50

WO2012/046685に記載された方法を用いて行うことができる。

【0290】

また、符号化装置は、(1)周波数領域サンプル列について符号化処理を行い符号を生成する方法、(2)第一周波数領域サンプル列及び第二周波数領域サンプル列のそれぞれについて符号化処理を行い符号を生成する方法、(3)第一周波数領域サンプル列のみについて符号化処理を行い符号を生成する方法、(4)第一周波数領域サンプル列と第二周波数領域サンプル列とを結合して得られるサンプル列である並べ替え後サンプル列について符号化処理を行い符号を生成する方法、のうち何れの方法をフレームごとに選択するようにしてもよい。この場合、符号化装置は、(1)から(4)の何れの方法を選択したかを表す符号も出力し、復号装置は、フレームごとに入力された符号に従って上記の何れの方法に対応する復号処理を行う。

10

【0291】

なお、符号化装置のパラメータ決定部27及び復号装置のパラメータ復号部37には、上記の(1)から(4)の方法のそれぞれに対応させたパラメータの候補を記憶させておいてもよい。同様に、符号化装置の線形予測分析部22及び復号装置の線形予測係数復号部31には、上記の(1)から(4)の方法のそれぞれに対応させた量子化線形予測係数の候補及び復号線形予測係数の候補を記憶させておいてもよい。

【0292】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部23及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部422は、例えばMDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ である周波数領域サンプル列の周期性成分に基づいて、スペクトル包絡系列(非平滑化振幅スペクトル包絡系列)を変形することにより周期性統合包絡系列を生成してもよい。同様に、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部32は、例えば復号MDCT係数列 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$ である復号周波数領域サンプル列の周期性成分に基づいてスペクトル包絡系列(非平滑化振幅スペクトル包絡系列)を変形することにより周期性統合包絡系列を生成してもよい。この場合、符号化部26の分散パラメータ決定部268、復号部34及び白色化スペクトル系列生成部43は、スペクトル包絡系列(非平滑化振幅スペクトル包絡系列)の代わりに周期性統合包絡系列を用いて上記と同様の処理を行う。周期性統合包絡系列は時系列信号のピッチ周期に起因するピーク付近での近似精度が良いため、周期性統合包絡系列を用いることにより符号化効率を上げることができる。

20

30

【0293】

例えば、周波数領域サンプル列の周期が大きいほど、スペクトル包絡系列のうちの少なくとも周波数領域サンプル列の周期の整数倍および周期の整数倍の近傍のサンプルの値を大きく変更して得られる系列を周期性統合包絡系列とする。また、時系列信号の周期性の程度が大きいほど、スペクトル包絡系列のうちの少なくとも周波数領域サンプル列の周期の整数倍および周期の整数倍の近傍のサンプルの値を大きく変更して得られる系列を周期性統合包絡系列としてもよい。また、周波数領域サンプル列の周期が大きいほど、スペクトル包絡系列うちの周波数領域サンプル列の周期の整数倍の近傍の多くのサンプルの値を変更して得られる系列を周期性統合包絡系列としてもよい。

【0294】

さらに、 N と U を正の整数、 T を周波数領域サンプル列の周期性を有する成分の間隔、 L を間隔 T の小数点以下の桁数、 v を1以上の整数、 $\text{floor}(\cdot)$ を小数点以下を切り捨てて整数値を返す関数、 $\text{Round}(\cdot)$ を小数点第一位を四捨五入して整数値を返す関数、 $T' = T \times 2^L$ 、 $H[0], \dots, H[N-1]$ をスペクトル包絡系列、 $H[n]$ をスペクトル包絡 $H[n]$ と周期性包絡 $P[k]$ の混合比率を決める値とし、

40

$$(U \times T') / 2^L - v - 1 \leq k \leq (U \times T') / 2^L + v - 1$$
の範囲の整数 k について、

【0295】

【数 2 1】

$$P[k] = \left\{ h \cdot \exp \left(- \frac{(k - (\text{floor}((U \times T')/2^L) \pm v))^2}{2PD^2} \right) \right\}, \text{または}$$

$$P[k] = \left\{ h \cdot \exp \left(- \frac{(k - (\text{Round}(U \times T) \pm v))^2}{2PD^2} \right) \right\}$$

ただし、

$$h = 2.8 \cdot (1.125 - \exp(-0.07 \cdot T'/2^L)),$$

$$PD = 0.5 \cdot (2.6 - \exp(-0.05 \cdot T'/2^L))$$

【0 2 9 6】

のように周期性包絡系列 $P[1], \dots, P[N]$ を求め、求めた周期性包絡系列 $P[1], \dots, P[N]$ を用いて以下の式により定義される周期性統合包絡系列 $\hat{H}_M[1], \dots, \hat{H}_M[N]$ を求めてもよい。h及びPDは、上記の例以外の所定の値であってもよい。

【0 2 9 7】

【数 2 2】

$$\hat{H}_M[k] = \hat{H}[k] \cdot (1 + \delta \cdot P[k])$$

【0 2 9 8】

スペクトル包絡 $\hat{H}[n]$ と周期性包絡 $P[k]$ の混合比率を決める値である は、符号化装置及び復号装置で予め定めておいてもよいし、符号化装置で定めた の情報を示す符号を生成して復号装置に出力してもよい。後者の場合、復号装置は入力された の情報を示す符号を復号することにより を求める。復号装置の非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部 3 2 は、求めた を用いることにより符号化装置で生成された周期性統合包絡系列と同じ周期性統合包絡系列を求めることができる。

【0 2 9 9】

上記説明した処理は、記載の順にしたが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。

【0 3 0 0】

また、各方法における各種の処理をコンピュータによって実現してもよい。その場合、各方法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、各方法における各種の処理がコンピュータ上で実現される。

【0 3 0 1】

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。

【0 3 0 2】

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てもよい。

【0 3 0 3】

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、自己の記憶部に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶部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施形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラ

10

20

30

40

50

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い。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、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。

【0304】

また、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、各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。

【図1】

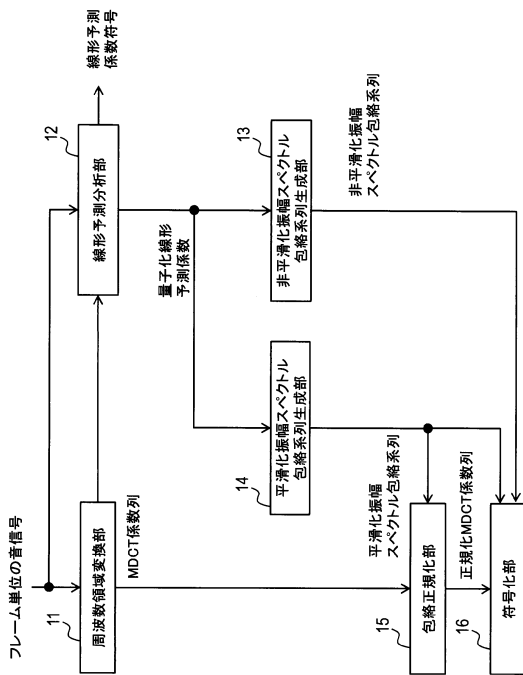


図1

【図2】

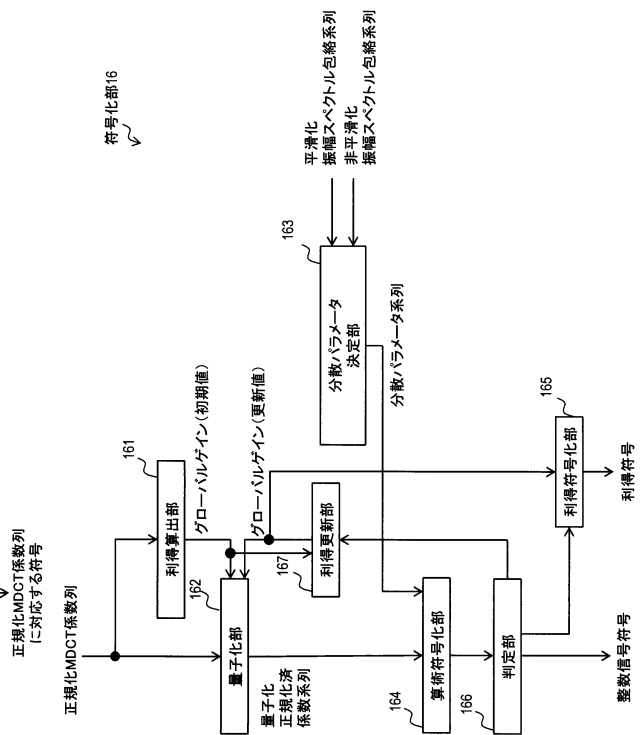


図2

【図3】

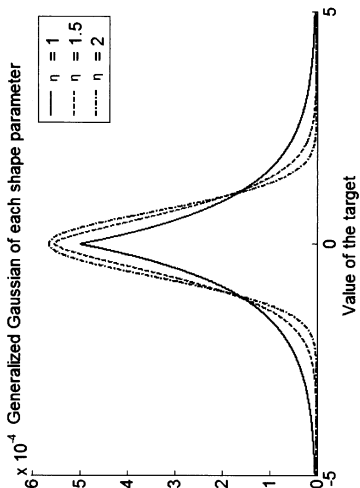


図3

【図5】

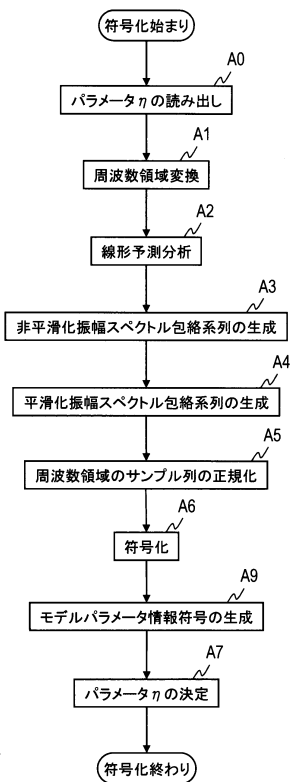


図5

【図4】

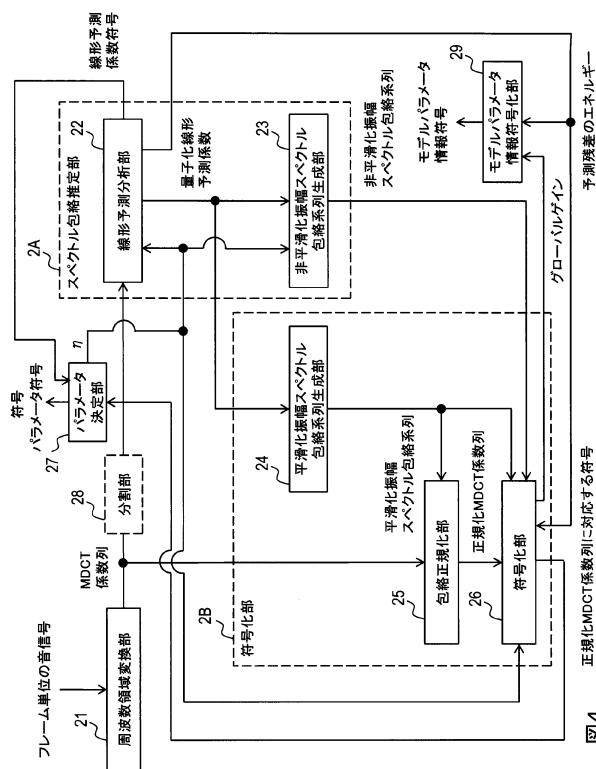


図4

【図6】

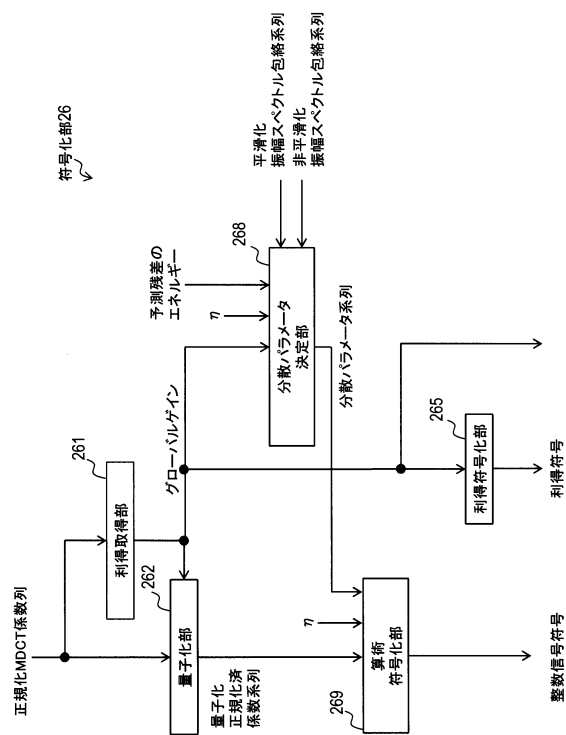


図6

【図7】

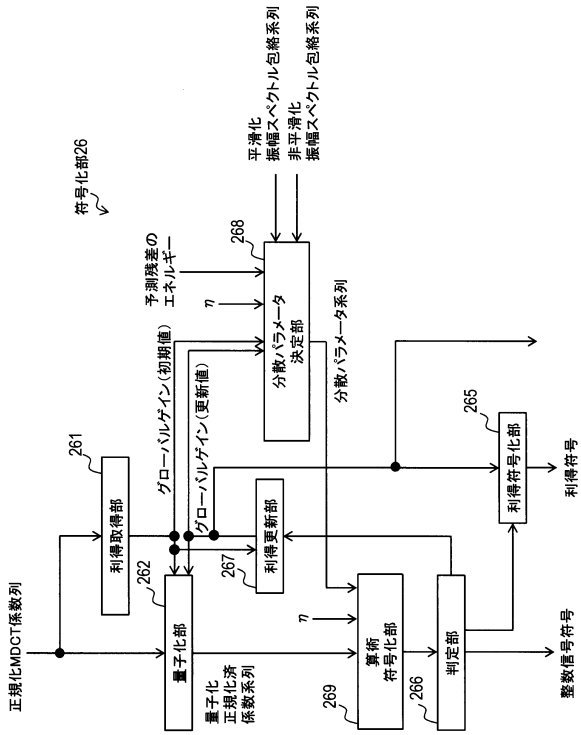


図7

【図8】

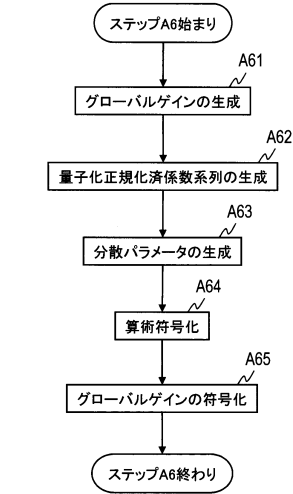


図8

【図9】

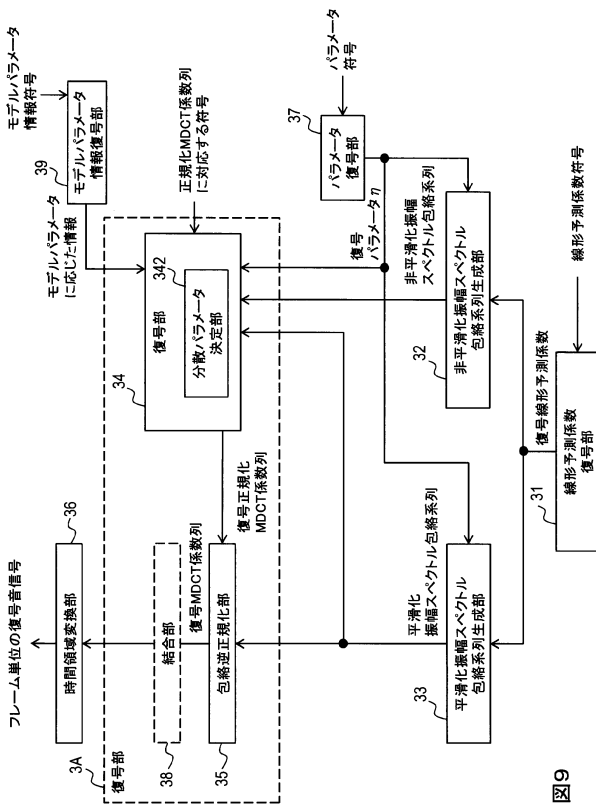


図9

【図10】

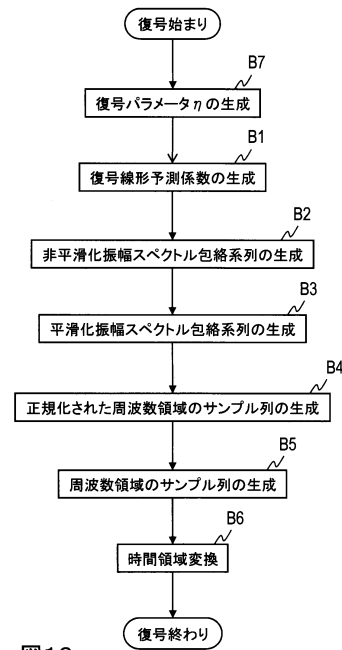


図10

【図11】

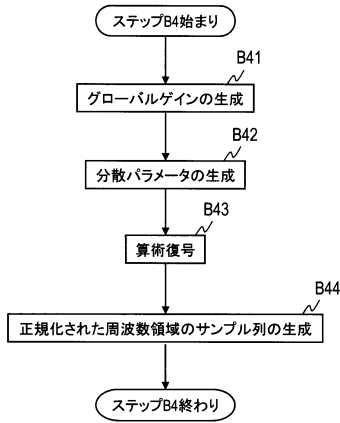


図11

【図12】

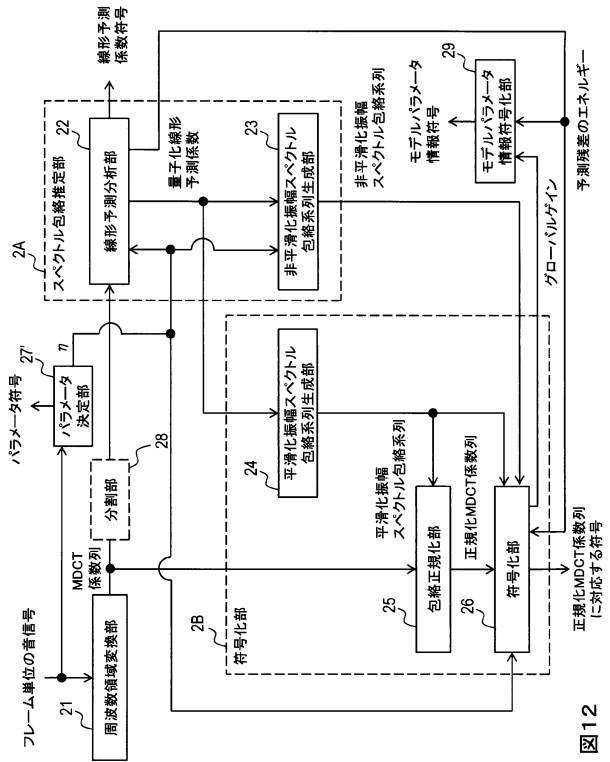


図12

【図13】

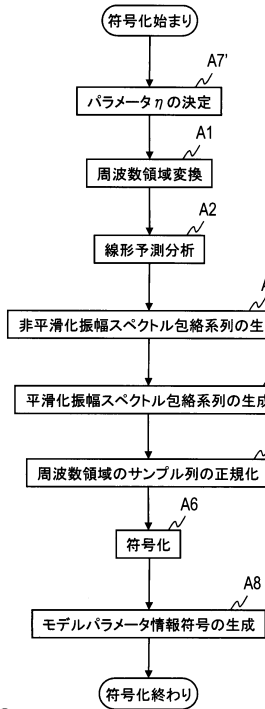


図13

【図14】

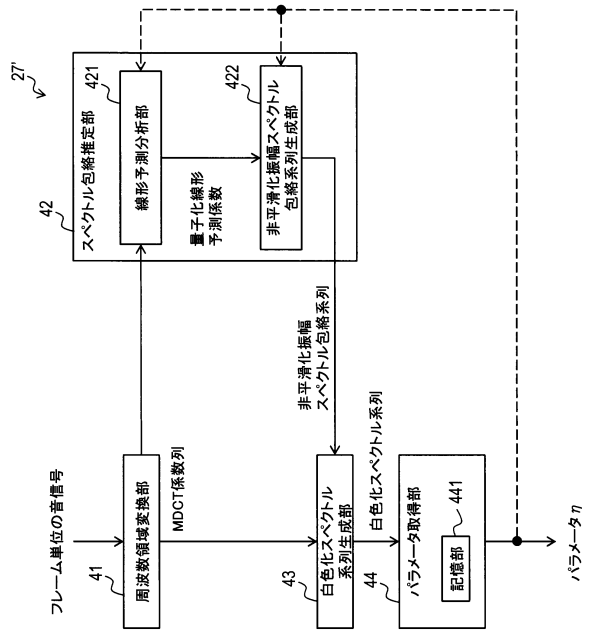


図14

【 図 15 】

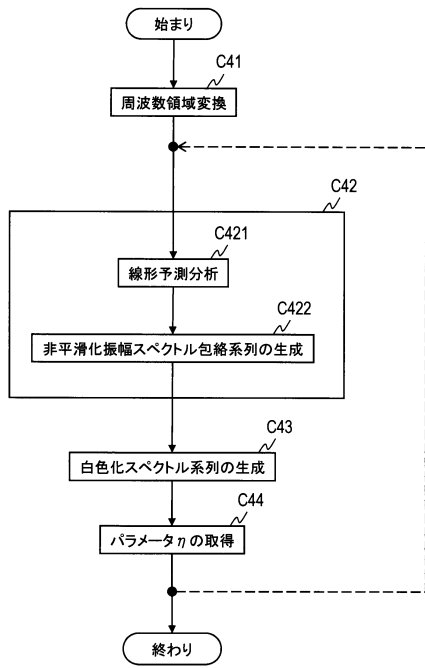


図15

【 図 16 】

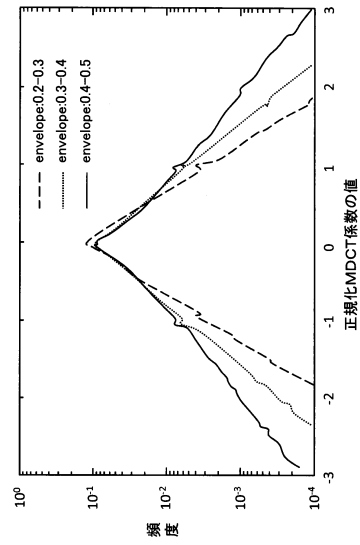


図16

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一丁目5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一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 亀岡 弘和
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 杉浦 亮介
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内

審査官 菊池 智紀

- (56)参考文献 特開昭62-224122(JP,A)
特開2003-050600(JP,A)
LEFEBVRE, R, et al., 8 kbit/s Coding of Speech with 6 ms Frame-length, Proc. ICASSP 1993, 米国, IEEE, 1993年 4月27日, Vol.2, pp.612-615
FUCHS, Guillaume, et al., MDCT-Based Coder for Highly Adaptive Speech and Audio Coding, Proc. EUSIPCO 2009, 英国, EURASIP, 2009年 8月24日, pp.1264-1268
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G10L 19/00 - 19/26