

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-40917
(P2018-40917A)

(43) 公開日 平成30年3月15日(2018.3.15)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 1 0 L 19/005 (2013.01) G 1 0 L 19/005
 G 1 0 L 19/00 (2013.01) G 1 0 L 19/00 3 3 0 C

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-174266 (P2016-174266)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22) 出願日	平成28年9月7日(2016.9.7)	(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	杉浦 亮介 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	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】 復号装置、復号方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】追加の情報の伝送が必要なく、復号の原理遅延を増やすことなく、欠落した情報を従来技術より良好に聴覚的に補間できる復号技術を提供する。

【解決手段】復号装置は、フレームごとに復号音信号を得る復号装置であって、音信号符号が欠落しているフレームについては、フレームの前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである複数の信号の候補の中から、前フレームと時間的に連続性が高い信号の候補を選択し、選択した信号の候補をフレームの復号音信号とする補間信号生成部24を含む。

【選択図】 図4

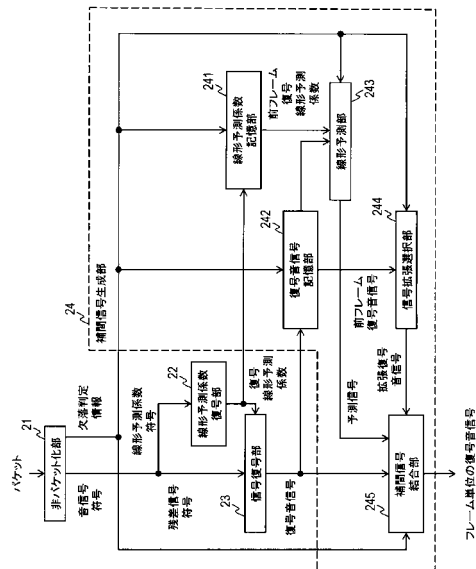


図4

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

フレームごとに復号音信号を得る復号装置であって、

音信号符号が欠落しているフレームについては、上記フレームの前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである複数の信号の候補の中から、上記前フレームと時間的に連続性が高い信号の候補を選択し、上記選択した信号の候補を上記フレームの復号音信号とする補間信号生成部、

を含む復号装置。

【請求項 2】

フレームごとに復号音信号を得る復号装置であって、

音信号符号が欠落しているフレームについては、上記フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性を反転した信号を、上記フレームの復号音信号とする補間信号生成部、

を含む復号装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の復号装置であって、

上記補間信号生成部は、上記音信号符号が欠落しているフレームについては、上記前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性を反転した信号である拡張復号音信号と、上記前フレームから線形予測合成した信号と、に基づいて生成した信号を、上記フレームの復号音信号とする、

復号装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れかの復号装置であって、

上記補間信号生成部は、上記音信号符号が欠落しているフレームについては、上記前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、又は、当該信号の極性を反転した信号を選択し、上記選択した信号を上記フレームの復号音信号又は上記拡張復号音信号とする、

復号装置。

【請求項 5】

請求項 4 の復号装置であって、

上記補間信号生成部は、上記前フレームの復号音信号が偶対称である場合には上記前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号を選択し、上記前フレームの復号音信号が奇対称である場合には上記極性を反転した信号を選択し、上記選択した信号を上記フレームの復号音信号又は上記拡張復号音信号とする、

復号装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 4 の何れかの復号装置であって、

上記補間信号生成部は、上記音信号符号が欠落しているフレームについては、上記前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、当該信号の極性を反転した信号、上記前フレームの復号音信号及び上記前フレームの復号音信号の極性を反転した信号の何れかを選択し、上記選択した信号を上記フレームの復号音信号又は上記拡張復号音信号とする、

復号装置。

【請求項 7】

請求項 6 の復号装置であって、

上記補間信号生成部は、上記前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、当該信号の極性を反転した信号、上記前フレームの復号音信号及び上記前フレームの復号音信号の極性を反転した信号の中から、上記前フレームから線形予測合成した信号と類似性が高い信号を選択し、上記選択した信号を上記フレームの復号音信号又は上記拡張復号音信号とする、

10

20

30

40

50

復号装置。

【請求項 8】

フレームごとに復号音信号を得る復号方法であって、

音信号符号が欠落しているフレームについては、上記フレームの前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである複数の信号の候補の中から、上記前フレームと時間的に連続性が高い信号の候補を選択し、上記選択した信号の候補を上記フレームの復号音信号とする補間信号生成ステップ、

を含む復号方法。

【請求項 9】

フレームごとに復号音信号を得る復号方法であって、

音信号符号が欠落しているフレームについては、上記フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性を反転した信号を、上記フレームの復号音信号とする補間信号生成ステップ、

を含む復号方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 7 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復号する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、音信号の符号化と復号の間にある伝送路上でのパケットの損失等によって復号装置に入力されるべき情報に欠落が生じて正しい復号音信号を得られなくなった際の対策として、予め符号化の段階において信号のエネルギー、位相、ピッチ周期といった音信号の分類情報を補助的に付加し、復号装置に入力されるべき情報の欠落が生じる以前に復号装置に入力された補助情報を基に、その補助情報が示す音信号の分類と同種の信号を求めることにより情報が欠落した部分の復号音信号を補間により生成していた（例えば、非特許文献 1 参照。）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】 J. Lecomte, T. Vaillancourt, S. Bruhn, H. Sung, K. Peng, K. Kikuri, B. Wang, S. Subasingha, and J. Faure, "Packet-loss concealment technology advances in EVS," in Proc. ICASSP 2015, pp. 5708-5712, 2015.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記の技術では、情報欠落時の聴覚的不快感を低減はするものの、通常の信号の復号に必要な情報のほかに追加の情報量が必要であった。また、上記の技術では、1つのパケットに含まれる音信号として 20 msec 程度の長さのものを想定していることから、欠落した信号の後の情報を用いるための追加の原理遅延が必要であった。

【0005】

この発明は、追加の情報の伝送が必要なく、復号の原理遅延を増やすことなく、欠落した情報を従来技術より聴覚的に良好に補間できる復号装置、復号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】

【0006】

この発明の一態様による復号装置は、フレームごとに復号音信号を得る復号装置であっ

10

20

30

40

50

て、音信号符号が欠落しているフレームについては、フレームの前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである複数の信号の候補の中から、前フレームと時間的に連続性が高い信号の候補を選択し、選択した信号の候補をフレームの復号音信号とする補間信号生成部を含む。

【0007】

この発明の一態様による復号装置は、フレームごとに復号音信号を得る復号装置であって、音信号符号が欠落しているフレームについては、フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性を反転した信号を、フレームの復号音信号とする補間信号生成部を含む。

【発明の効果】

10

【0008】

追加の情報の伝送が必要なく、復号の原理遅延を増やすことなく、欠落した情報を従来技術より良好に聴覚的に補間できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】復号装置が想定する符号化装置の例を示すブロック図。

【図2】復号装置が想定する符号化方法の例を示す流れ図。

【図3】パケットの例を示す図。

【図4】第一実施形態の復号装置の例を示すブロック図。

【図5】第一実施形態から第三実施形態の復号方法の例を示す流れ図。

20

【図6】第二実施形態の復号装置の例を示すブロック図。

【図7】第三実施形態の復号装置の例を示すブロック図。

【図8】技術背景を説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。

【0011】

[第一実施形態から第三実施形態で想定する符号化装置]

後述する第一実施形態から及び第三実施形態で想定する符号化装置の例を図1に示す。想定する符号化装置は、図1に示すように、線形予測分析部11、信号符号化部12及びパケット化部13を例えば備えている。

30

【0012】

第一実施形態から第三実施形態で想定する符号化方法は、符号化装置の各々が、図2及び以下に説明するステップE1からステップE3の処理を行うことにより例えば実現される。

【0013】

以下、図1に示す符号化装置の各部について説明する。

【0014】

<線形予測分析部11>

線形予測分析部11には、時間領域の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。

40

【0015】

線形予測分析部11は、パケットに含める音信号の時間長に対応する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基に、線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を生成する(ステップE1)。また、線形予測分析部11は、生成した線形予測係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ を符号化して線形予測係数符号を得る。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。

【0016】

線形予測分析部11は、得た線形予測係数符号をパケット化部13に出力する。

50

【 0 0 1 7 】

また、線形予測分析部 1 1 は、得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 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を得る。なお、「 \cdot 」を任意の文字として、「 $\hat{\cdot}$ 」という記載は、「 \cdot 」の上に「 $\hat{}$ 」が付いていることを意味する。

【 0 0 1 8 】

線形予測分析部 1 1 は、得た量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を、信号符号化部 1 2 に出力する。

【 0 0 1 9 】

線形予測分析部 1 1 は、線形予測分析の処理として、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を用いる。線形予測分析部 1 1 による線形予測係数符号の取得は、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。

10

【 0 0 2 0 】

< 信号符号化部 1 2 >

信号符号化部 1 2 には、時間領域の音信号と、線形予測分析部 1 1 が出力した量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ とが入力される。

20

【 0 0 2 1 】

信号符号化部 1 2 は、例えば非特許文献 1 の符号化装置のように、量子化線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ の値を用いてフレーム単位で入力された音信号の線形予測を行い、線形予測残差である予測残差信号を得て、得られた予測残差信号を符号化することにより残差信号符号を得る（ステップ E 2）。信号符号化部 1 2 は、得た残差信号符号を、パケット化部 1 3 に出力する。

【 0 0 2 2 】

< パケット化部 1 3 >

パケット化部 1 3 には、線形予測分析部 1 1 が出力した線形予測係数符号と、信号符号化部 1 2 が出力した残差信号符号とが入力される。ここで、入力された線形予測係数符号と残差信号符号は、符号化装置に入力された音信号を表す符号であるので、線形予測係数符号と残差信号符号を合わせたものを音信号符号と呼ぶこととする。

30

【 0 0 2 3 】

パケット化部 1 3 は、例えば図 3 に示すように、データ長及びフレーム番号等を示すヘッダと、音信号符号と、パケット全体に誤りが生じているか否かを検出するためのCRC符号などの誤り検出符号とを含む 1 つのパケットを構成し、このパケットを復号装置に対して出力する（ステップ E 3）。この例では、音信号符号は、線形予測係数符号及び残差信号符号を含む符号である。

【 0 0 2 4 】

音信号符号のデータ長が固定であればヘッダにデータ長を表す情報を含める必要はないが、信号符号化部 1 2 で可変長符号化した場合などは音信号符号のデータ長がパケットにより異なることがあるのでヘッダにデータ長を表す情報を含める必要がある。

40

【 0 0 2 5 】

[第一実施形態の復号装置及び方法]

復号装置に入力されるべき情報であるパケットがパケット消失等によって欠落した場合、聴覚的不快感を低減するために、復号装置はそのパケット（以下、「欠落パケット」との文言を用いる場合もある。）に対応するフレーム（以下、「欠落フレーム」との文言を用いる場合もある。）の復号音信号を消失していないパケットに含まれる情報から生成する、すなわち、補間により生成する。その際、復号の原理遅延を増加させずに欠落フレームの補間を行うためには、復号装置は欠落フレームの欠落パケットよりも時間的に過去の

50

パケットの情報から補間する必要がある。ここで、第一実施形態の復号装置は、欠落フレームの前フレームの復号線形予測係数から予測される信号（以下、「予測信号」との文言を用いる場合もある。）を欠落フレームの補間に用いる。すなわち、第一実施形態の復号装置は、前フレームの復号線形予測係数から予測信号を欠落フレームの復号音信号とすることで、欠落フレームの復号音信号と前フレームの復号音信号との連続性を担保する。

【0026】

ただし、この予測信号は時間とともに減衰してしまい、予測信号のみで補間を行った場合は欠落フレームの復号音信号と次フレームの復号音信号とが不連続になってしまうことがある。そこで、第一実施形態の復号装置は、欠落フレームの予測信号と前フレームの復号音信号との重み付和により得られる信号を欠落フレームの補間に用いる。すなわち、第一実施形態の復号装置は、欠落フレームの予測信号と前フレームの復号音信号との重み付和により得られる信号を欠落フレームの復号音信号として得る。この際、第一実施形態の復号装置は、前フレームの復号音信号に代えて、前フレームの復号音信号に対して時間反転による折り返しや極性の反転を行ったものを用いてもよい。第一実施形態の復号装置は、時間反転の有無や極性の反転の有無を前フレームの復号音信号に合わせて適応的に使い分けることで、前フレームの復号音信号とのより連続的な補間を行ってもよい。要するに、第一実施形態の復号装置は、欠落フレームの予測信号と、前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである信号と、の重み付和により得られる信号を欠落フレームの復号音信号としてもよい。

【0027】

また、第一実施形態の復号装置は、欠落フレームの予測信号と次フレームの復号音信号との不連続を解消するために、次フレームの復号により得られた音信号について、次フレームの復号により得られた音信号と欠落フレームの復号音信号との重み付和を次フレームの復号音信号とすることで、次フレームで欠落フレームと連続する復号音信号を得てもよい。

【0028】

第一実施形態の復号装置の構成例を図4に示す。第一実施形態の復号装置は、図4に示すように、非パケット化部21と、線形予測係数復号部22と、信号復号部23と、補間信号生成部24とを例えば備えている。補間信号生成部24は、線形予測係数記憶部241と、復号音信号記憶部242と、線形予測部243と、信号拡張選択部244と、補間信号結合部245とを例えば備えている。

【0029】

復号方法は、フレームごとに復号音信号を得る復号装置の各々が、図5及び以下に説明するステップD1からステップD6の処理を行うことにより例えば実現される。

【0030】

以下、図4の復号装置の各部について説明する。

【0031】

<非パケット化部21>

非パケット化部21には、符号化装置から出力されたパケットが入力される。

【0032】

非パケット化部21は、パケット内のCRC符号などの誤り検出符号を基にパケット内に誤りが生じているか否かを検出する。また、非パケット化部21は、パケットのヘッダ内のフレーム番号を基に一連のパケット番号に欠落が生じているか否か、すなわち、連続して存在するはずの複数フレームの音信号符号のうちのあるフレームのパケットがパケット損失等で欠落しているか、も検出する。そして、非パケット化部21は、それらの検出結果から、パケットが欠落しておらずパケット内に誤りがない場合には当該パケットに対応するフレームの音信号符号が欠落していないと判定し、パケットが欠落しているかパケット内に誤りがある場合には当該パケットに対応するフレームの音信号符号が欠落していると判定し、当該パケットに対応するフレームの音信号符号が欠落しているかいないかを示す情報である欠落判定情報を生成する（ステップD1）。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

非パケット化部 2 1 は、欠落判定情報を、線形予測係数記憶部 2 4 1 と、復号音信号記憶部 2 4 2 と、線形予測部 2 4 3 と、信号拡張選択部 2 4 4 と、補間信号結合部 2 4 5 とに出力する。

【 0 0 3 4 】

非パケット化部 2 1 は、音信号符号が欠落していないフレームについて、パケットからヘッダ内のデータ長を表す情報を基に音信号符号を取り出し、線形予測係数復号部 2 2 には音信号符号のうちの少なくとも線形予測係数符号を、信号復号部 2 3 には音信号符号のうちの少なくとも残差信号符号を、それぞれ出力する。

【 0 0 3 5 】

< 線形予測係数復号部 2 2 >

線形予測係数復号部 2 2 には、音信号符号が欠落していないフレームについての、非パケット化部 2 1 が出力した線形予測係数符号が入力される。

【 0 0 3 6 】

線形予測係数復号部 2 2 は、音信号符号が欠落していないフレームについて、フレーム毎に、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 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を得て、得た復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を信号復号部 2 3 及び線形予測係数記憶部 2 4 1 に出力する(ステップ D 2)。

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

なお、線形予測係数復号部 2 2 は、音信号符号が欠落したフレームについては、何もしない。

【 0 0 3 9 】

< 信号復号部 2 3 >

信号復号部 2 3 には、音信号符号が欠落していないフレームについての、非パケット化部 2 1 が出力した残差信号符号と、線形予測係数復号部 2 2 が出力した復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ とが入力される。

【 0 0 4 0 】

信号復号部 2 3 は、音信号符号が欠落していないフレームについて、フレーム毎に、例えば非特許文献 1 の復号装置のように、残差信号符号に対応する残差信号を得て、復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ と残差信号と 1 サンプル前までの復号音信号とを用いて線形予測合成をすることにより復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ を得て、得た復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ を復号音信号記憶部 2 4 2 及び補間信号結合部 2 4 5 に出力する(ステップ D 3)。Nは所定の正の整数である。

【 0 0 4 1 】

なお、信号復号部 2 3 は、音信号符号が欠落したフレームについては、何もしない。

【 0 0 4 2 】

< 線形予測係数記憶部 2 4 1 >

線形予測係数記憶部 2 4 1 には、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、線形予測係数復号部 2 2 が出力した復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ とが入力される。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

線形予測係数記憶部 2 4 1 は、フレーム毎に、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していないことを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落していない場合に、入力された復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を前フレーム復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ として記憶する。

【 0 0 4 4 】

また、線形予測係数記憶部 2 4 1 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、記憶している前フレーム復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を線形予測部 2 4 3 に出力する。

【 0 0 4 5 】

< 復号音信号記憶部 2 4 2 >

復号音信号記憶部 2 4 2 には、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、信号復号部 2 3 が出力した復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ とが入力される。

【 0 0 4 6 】

復号音信号記憶部 2 4 2 は、正常に復号された復号音信号を数フレーム分、例えば、2 フレーム分記憶する。例えば、復号音信号記憶部 2 4 2 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していないことを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落していない場合に、復号音信号記憶部 2 4 2 に記憶されている当該フレームの直前フレーム復号音信号 $\hat{y}(N+1), \hat{y}(N+2), \dots, \hat{y}(2N-1)$ の各サンプル値を、2 フレーム前復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(N-1)$ の各サンプル値としてそれぞれ記憶し、入力された復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ の各サンプル値を前フレーム復号音信号 $\hat{y}(N+1), \hat{y}(N+2), \dots, \hat{y}(2N-1)$ の各サンプル値としてそれぞれ記憶する。

【 0 0 4 7 】

また、復号音信号記憶部 2 4 2 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、記憶されている前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ を線形予測部 2 4 3 及び信号拡張選択部 2 4 4 に出力する。

【 0 0 4 8 】

< 線形予測部 2 4 3 >

線形予測部 2 4 3 には、欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示すフレーム、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落しているフレームについての、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、線形予測係数記憶部 2 4 1 が出力した前フレーム復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ とが入力される。

【 0 0 4 9 】

線形予測部 2 4 3 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、前フレーム復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ の値を基に例えば以下の式(1)のように予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を生成し、生成した予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を補間信号結合部 2 4 5 に出力する(ステップ D 4)。

【 数 1 】

$$\text{predict}(n) = \sum_{m=1}^p \hat{\beta}_m \text{predict}(n-m) \quad (1)$$

ただし、 $n=0, 1, \dots, N-1$ で、 $k>0$ において $\text{predict}(-k)=\hat{y}(2N-k)$ である。

【 0 0 5 0 】

すなわち、この予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ は、音信号符号が欠落していない前フレームの復号線形予測係数を当該フレームの復号線形予測係数とし、0 を当該フレームの残差信号の各サンプル値としたときの、当該フレームの予測信号である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

< 信号拡張選択部 2 4 4 >

信号拡張選択部 2 4 4 には、欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示すフレーム、すなわち、音信号符号が欠落しているフレームについての、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ とが入力される。

【 0 0 5 2 】

後述するが、この前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆にしたもの及び時間的に逆にして極性を入れ替えたもののそれぞれは、特定の仮定の下では、前フレームの復号音信号のパワースペクトルを保ったまま位相をフレーム長分だけシフトさせたものに等しい。したがって、信号拡張選択部 2 4 4 は、フレーム毎に、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、当該フレームの前フレームの復号音信号から仮定される当該フレーム（以下、「現フレーム」との文言を用いる場合もある。）の復号音信号として適切なものを例えば以下のように選択し、その仮定に則った現フレームの復号音信号である拡張復号音信号 $extend(0)$, $extend(1)$, ..., $extend(2N-1)$ を生成する（ステップ D 5）。

【 0 0 5 3 】

前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ が例えば、N番目及びN+1番目のサンプルの境を中心に偶対称な正弦波の足し合わせで表されるとするのであれば、その信号に続く現フレームの復号音信号は前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べたものと等しくなる。また、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ が例えば、N番目及びN+1番目のサンプルの境を中心に奇対称な正弦波の足し合わせで表されるとするのであれば、その信号に続く現フレームの復号音信号は前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べ、極性を反転させたものと等しくなる。

【 0 0 5 4 】

このことから、まず、信号拡張選択部 2 4 4 は、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ のN番目及びN+1番目のサンプルの境を中心に対称なサンプル対の和と差のエネルギー $even$, odd を以下の式(2), (2')のようにそれぞれ算出し、その値の大小を基に、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ が偶対称的であるか奇対称的であるかを判断する。

【 数 2 】

$$even = \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{y}(n) + \hat{y}(2N-1-n))^2 \quad (2)$$

$$odd = \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{y}(n) - \hat{y}(2N-1-n))^2 \quad (2')$$

【 0 0 5 5 】

そして、信号拡張選択部 2 4 4 は、 $even > odd$ の場合には拡張復号音信号として前フレーム復号音信号の逆順である $extend(n) = \hat{y}(2N-1-n)$ ($n=0, 1, \dots, 2N-1$)を、 $odd > even$ の場合には極性を反転した前フレーム復号音信号の逆順である $extend(n) = -\hat{y}(2N-1-n)$ ($n=0, 1, \dots, 2N-1$)を選択し、選択した拡張復号音信号 $extend(0)$, $extend(1)$, ..., $extend(2N-1)$ を補間信号結合部 2 4 5 に出力する。

【 0 0 5 6 】

すなわち、補間信号生成部 2 4 は、より詳細には補間信号生成部 2 4 の信号拡張選択部 2 4 4 は、前フレームの復号音信号が偶対称的である場合には前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号を選択し、前フレームの復号音信号が奇対称的である場合には当該信号の極性を反転した信号を選択し、上記選択した信号を当該フレームの拡張復号音信号とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

このようにして、補間信号生成部 2 4 は、より詳細には補間信号生成部 2 4 の信号拡張選択部 2 4 4 は、音信号符号が欠落しているフレームについては、当該フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、又は、当該信号の極性を反転した信号を選択し、上記選択した信号を当該フレームの拡張復号音信号とする。

【 0 0 5 8 】

< 補間信号結合部 2 4 5 >

補間信号結合部 2 4 5 には、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、信号復号部 2 3 が出力した復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ と、線形予測部 2 4 3 が出力した予測信号 $predict(0), predict(1), \dots, predict(N-1)$ と、信号拡張選択部 2 4 4 が出力した拡張復号音信号 $extend(0), extend(1), \dots, extend(2N-1)$ とが入力される。

10

【 0 0 5 9 】

補間信号結合部 2 4 5 は、当該フレームと前フレームの欠落判定情報に応じて、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落しているか否かと前フレームの音信号符号が欠落しているか否かに応じて、例えば以下の 3 通りの処理を選択的に行う。

【 0 0 6 0 】

補間信号結合部 2 4 5 は、当該フレームの欠落判定情報と前フレームの欠落判定情報の両方が音信号符号が欠落していないことを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落しておらず、当該フレームの前フレームの音信号符号も欠落していない場合、復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ を当該フレームの復号音信号 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ として出力する（ステップ D 6）。

20

【 0 0 6 1 】

補間信号結合部 2 4 5 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合、例えば以下の式(3)のように、予測信号 $predict(0), predict(1), \dots, predict(N-1)$ と拡張復号音信号 $extend(0), extend(1), \dots, extend(N-1)$ とを所定の窓関数を用いて線形結合させたものを当該フレームの復号音信号 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ として出力する（ステップ D 6）。

【 数 3 】

$$\hat{X}(n) = extend(n)w^2(n) + predict(n)(1 - w^2(n)) \quad (3)$$

30

$$w(n) = \sin\left(\frac{\pi}{2N}(n+0.5)\right)$$

【 0 0 6 2 】

ただし、 $n=0, 1, \dots, N-1$ であり、 $w(n)$ が窓関数を示す。窓関数 $w(n)$ として、上記式以外の他の窓関数を用いてもよいが、 $extend(n)$ に乗じる窓関数は時間に対して増大する関数、すなわち n の値が大きいほど大きな値となる関数であり、 $predict(n)$ に乗じる窓関数は時間に対して減少する関数、すなわち n の値が大きいほど小さな値となる関数であることが望ましい。このように、窓関数を用いて二種類の信号を線形結合することをここではクロスフェードと呼び、 $extend(n)$ と $predict(n)$ のそれぞれに乗じる窓関数をクロスフェードするための関数と呼ぶ。

40

【 0 0 6 3 】

このようにして、補間信号生成部 2 4 は、より詳細には補間信号生成部 2 4 の補間信号結合部 2 4 5 は、音信号符号が欠落しているフレームについては、当該フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性を反転した信号である拡張復号音信号と、前フレームから線形予測合成した信号と、に基づいて生成した信号を、当該フレームの復号音信号とする。

【 0 0 6 4 】

補間信号結合部 2 4 5 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していないことを示しかつ当該フレームの前フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落しているこ

50

とを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落しておらず、当該フレームの前フレームの音信号符号が欠落している場合、例えば以下の式(4)のように、復号音信号 $\hat{x}(0), \hat{x}(1), \dots, \hat{x}(N-1)$ と拡張復号音信号 $extend(N), extend(N+1), \dots, extend(2N-1)$ とをクロスフェードさせたものを当該フレームの復号音信号 $\hat{X}(0), \hat{X}(1), \dots, \hat{X}(N-1)$ として出力する(ステップD6)。

【数4】

$$\hat{X}(n) = x(n)w^2(n) + extend(N+n)(1-w^2(n)) \quad (4)$$

【0065】

ただし、 $n=0, 1, \dots, N-1$ であり、 $w(n)$ が上述の窓関数を示す。この操作により、情報の欠落したフレームと現フレームとの連続性を高めることができる。 10

【0066】

<補間信号生成部24>

補間信号生成部24は、上記説明した、線形予測係数記憶部241、復号音信号記憶部242、線形予測部243、信号拡張選択部244の処理及び補間信号結合部245の式(3)を用いた処理により、音信号符号が欠落しているフレームについては、当該フレームの前フレームの復号音信号とパワースペクトルが同じである複数の信号の候補の中から、前フレームと時間的に連続性が高い信号の候補を選択し、選択した信号の候補を当該フレームの復号音信号としていると言える。 20

【0067】

なお、補間信号生成部24の補間信号結合部245は、フレームの音信号符号が欠落している場合には、信号拡張選択部244が出力した拡張復号音信号を、当該フレームの復号音信号としてもよい。すなわち、補間信号生成部24は、音信号符号が欠落しているフレームについては、当該フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号又は当該信号の極性正負を反転逆にした信号を、当該フレームの復号音信号としてもよい。このようにする場合には、補間信号生成部24は、線形予測係数記憶部241及び線形予測部243を動作させないでよく、線形予測係数記憶部241及び線形予測部243を備えないでもよい。

【0068】

このように、復号装置が、前フレームの情報のみに基づいて、前フレームのパワースペクトルを同じ信号を用いた補間を行うことにより、追加の情報の伝送の必要がなく、通常の復号処理と同じ原理遅延の範囲内での遅延で、従来技術より聴覚的に良好な復号音信号を得ることが可能となる。 30

【0069】

[第二実施形態の復号装置及び方法]

第二実施形態の復号装置及び方法は、信号拡張選択部244における信号の拡張方法の選択において予測信号を用いることにより、連続性の高いクロスフェードを実現するものである。以下、第二実施形態の復号装置及び方法の詳細を示す。

【0070】

第二実施形態の復号装置の例を図6に示す。第二実施形態の復号装置は、第一実施形態と同様に、非パッケージ化部21と、線形予測係数復号部22と、信号復号部23と、補間信号生成部24とを例えば備えている。補間信号生成部24は、線形予測係数記憶部241と、復号音信号記憶部242と、線形予測部243と、信号拡張選択部244と、補間信号結合部245とを例えば備えている。 40

【0071】

以下、第一実施形態と異なる部分である線形予測部243及び信号拡張選択部244について説明する。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。

【0072】

<線形予測部243>

線形予測部243には、非パッケージ化部21が出力した欠落判定情報と、線形予測係数 50

記憶部 2 4 1 が出力した前フレーム復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ とが入力される。

【 0 0 7 3 】

線形予測部 2 4 3 は、音信号符号が欠落している場合に、第一実施形態の線形予測部 2 4 3 と同様に予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を生成する（ステップ D 4）。

【 0 0 7 4 】

線形予測部 2 4 3 は、生成した予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を補間信号結合部 2 4 5 及び信号拡張選択部 2 4 4 に出力する。

【 0 0 7 5 】

予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ が、信号拡張選択部 2 4 4 にも出力される部分が第一実施形態と異なる部分である。

【 0 0 7 6 】

< 信号拡張選択部 2 4 4 >

信号拡張選択部 2 4 4 には、欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示すフレーム、すなわち、音信号符号が欠落しているフレームについての、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ と、線形予測部 2 4 3 が出力した予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ とが入力される。

【 0 0 7 7 】

信号拡張選択部 2 4 4 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合、例えば以下のように拡張復号音信号 $\text{extend}(0), \text{extend}(1), \dots, \text{extend}(2N-1)$ を選択する（ステップ D 5）。

【 0 0 7 8 】

信号拡張選択部 2 4 4 は、拡張復号音信号 $\text{extend}(0), \text{extend}(1), \dots, \text{extend}(2N-1)$ の候補として、例えば以下の 4 個の候補 $\text{extend}_1(n), \text{extend}_2(n), \text{extend}_3(n), \text{extend}_4(n)$ を用意する。 $\text{extend}_1(n)$ は、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べた信号である。 $\text{extend}_2(n)$ は、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べた信号の極性を反転させた信号である。 $\text{extend}_3(n)$ は、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ そのものである。 $\text{extend}_4(n)$ は、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ の極性を反転させた信号である。

【 数 5 】

$$\text{extend}_1(n) = \hat{y}(2N-1-n)$$

$$\text{extend}_2(n) = -\hat{y}(2N-1-n)$$

$$\text{extend}_3(n) = \hat{y}(n)$$

$$\text{extend}_4(n) = -\hat{y}(n)$$

ただし、 $n=0, 1, \dots, 2N-1$ である。

【 0 0 7 9 】

後述のとおり、これらの候補は、特定の仮定の下では、前フレームの復号音信号のワースペクトルを保ったまま位相をフレーム長分だけシフトさせたものに等しい。信号拡張選択部 2 4 4 は、フレーム毎に、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、音信号符号が欠落している場合に、当該フレームとして最も適切なものを選択するが、その選択においては前フレームの復号音信号と拡張復号音信号との連続性を基準とする。そして、信号拡張選択部 2 4 4 は、この連続性の基準として予測信号を用いる。予測信号は、線形予測の原理上、前フレームの復号音信号と連続な信号となるので、信号拡張選択部 2 4 4 では予測信号と拡張復号音信号の候補との値の近さ

10

20

30

40

50

を連続性の基準として用いて評価を行う。

【 0 0 8 0 】

つまり、信号拡張選択部 2 4 4 は、上記の 4 個の候補 $\text{extend}_1(n)$, $\text{extend}_2(n)$, $\text{extend}_3(n)$, $\text{extend}_4(n)$ のうち、例えば以下の式 (5) に示される予測信号と拡張復号音信号の候補との二乗距離の値が最小となるものを拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$) として選択し、選択した拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$ を補間信号結合部 2 4 5 に出力する。

【数 6】

$$\sum_{n=0}^{N-1} (\text{extend}_i(n) - \text{predict}(n))^2 \quad (5)$$

10

ただし、 $i=1, 2, 3, 4$ である。

【 0 0 8 1 】

または、信号拡張選択部 2 4 4 は、上記の 4 個の候補 $\text{extend}_1(n)$, $\text{extend}_2(n)$, $\text{extend}_3(n)$, $\text{extend}_4(n)$ のうち、例えば下記の式 (6) に示される内積値が最大となるものを拡張復号音信号として選択してもよい。

【数 7】

$$\sum_{n=0}^{N-1} (\text{extend}_i(n) \text{predict}(n)) \quad (6)$$

20

ただし、 $i=1, 2, 3, 4$ である。

【 0 0 8 2 】

なお、式 (5), (6) において、クロスフェードをするための窓関数の値を $\text{extend}_i(n)$ に対してかけた信号 $\text{extend}_i(n)'$ を、上記式 (5), (6) における $\text{extend}_i(n)$ の代わりに用いてもよい。同様にして、式 (5), (6) において、クロスフェードをするための窓関数の値を $\text{predict}(n)$ に対してかけた信号 $\text{predict}(n)'$ を、上記式 (5), (6) における $\text{predict}(n)$ の代わりに用いてもよい。

【 0 0 8 3 】

このようにして、補間信号生成部 2 4 は、より詳細には補間信号生成部 2 4 の信号拡張選択部 2 4 4 は、当該フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、当該信号の極性を反転した信号、当該フレームの前フレームの復号音信号及び当該フレームの前フレームの復号音信号の極性を反転した信号の中から、上記前フレームから線形予測合成した信号と類似性が高い信号を選択し、選択した信号を拡張復号音信号とする。

30

【 0 0 8 4 】

また、このようにして、補間信号生成部 2 4 は、より詳細には補間信号生成部 2 4 の信号拡張選択部 2 4 4 は、音信号符号が欠落しているフレームについては、当該フレームの前フレームの復号音信号のサンプルを時間的に逆に並べた信号、当該信号の極性を反転した信号、当該フレームの前フレームの復号音信号及び当該フレームの前フレームの復号音信号の極性を反転した信号の何れかを選択し、選択した信号を拡張復号音信号とする。

40

【 0 0 8 5 】

信号拡張選択部 2 4 4 は、選択して得た拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$ を補間信号結合部 2 4 5 に出力する。

【 0 0 8 6 】

第一実施形態では、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べた信号及び当該信号の極性を反転した信号の 2 個の信号が拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$ の候補であった。これに対して、上記説明した第二実施形態では、拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$ の候補の数は 4 個である。拡張復号音信号 $\text{extend}(0)$, $\text{extend}(1)$, ..., $\text{extend}(2N-1)$ の候補の数を増やすことにより、より精度の高い補間が可能となる。

50

【 0 0 8 7 】

なお、第二実施形態においても、第一実施形態と同様に、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0)$, $\hat{y}(1)$, ..., $\hat{y}(2N-1)$ を時間的に逆に並べた信号及び当該信号の極性を反転した信号の2個の信号を拡張復号音信号 $extend(0)$, $extend(1)$, ..., $extend(2N-1)$ の候補としてもよい。

【 0 0 8 8 】

この場合、信号拡張選択部244は、例えば以下の式により定義される、前フレームの復号音信号と予測信号を並べた際の境を中心に対称なサンプルの和と差のエネルギー $even$, odd をそれぞれ求める。

【 数 8 】

$$even = \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{y}(N+n) + predict(N-1-n))^2$$

$$odd = \sum_{n=0}^{N-1} (\hat{y}(N+n) - predict(N-1-n))^2$$

10

【 0 0 8 9 】

そして、第一実施形態と同様の理由により、信号拡張選択部244は、 $even > odd$ の場合に拡張復号音信号として前フレーム復号音信号の逆順である $extend(n) = \hat{y}(2N-1-n)$ ($n=0, 1, \dots, 2N-1$)を、 $odd > even$ の場合には極性を反転した前フレーム復号音信号の逆順である $extend(n) = -\hat{y}(2N-1-n)$ ($n=0, 1, \dots, 2N-1$)を選択し、選択した拡張復号音信号 $extend(0)$, $extend(1)$, ..., $extend(2N-1)$ を補間信号結合部245に出力する。

20

【 0 0 9 0 】

[第三実施形態の復号装置及び方法]

第三実施形態の復号装置及び方法は、情報の欠落が生じたフレーム以前のフレームの復号音信号を基に線形予測係数を推定するものである。これにより、復号装置が想定する符号化装置が線形予測分析部11を備えておらず、復号装置に入力されるパケットに線形予測係数符号が含まれていない場合であっても、復号装置は、線形予測を用いた信号の補間を行うことができる。または、復号装置は、線形予測分析の次数を、符号化で用いた次数よりも高く求めることにより、更に高い精度の予測を行うことができる。

【 0 0 9 1 】

第三実施形態の復号装置の例を図7に示す。第三実施形態の復号装置は、非パケット化部21と、線形予測係数復号部22と、信号復号部23と、補間信号生成部24とを例えば備えている。補間信号生成部24は、復号音信号記憶部242と、線形予測部243と、信号拡張選択部244と、補間信号結合部245と、線形予測係数推定部246とを例えば備えている。

30

【 0 0 9 2 】

以下、第一実施形態又は第二実施形態と異なる部分である、非パケット化部21、線形予測係数復号部22、復号音信号記憶部242、線形予測部243及び線形予測係数推定部246について説明する。第一実施形態又は第二実施形態と同様の部分については重複説明を省略する。

40

【 0 0 9 3 】

< 非パケット化部21 >

非パケット化部21は、第一実施形態又は第二実施形態と同様の処理により、欠落判定情報を生成し、生成した欠落判定情報を、復号音信号記憶部242、信号拡張選択部244、及び補間信号結合部245のみならず、線形予測係数推定部246にも出力する(ステップD1)。

【 0 0 9 4 】

非パケット化部21の他の処理は、第一実施形態又は第二実施形態と同様である。

【 0 0 9 5 】

< 線形予測係数復号部22 >

50

線形予測係数復号部 2 2 は、第一実施形態又は第二実施形態と同様の処理により、音信号符号が欠落していないフレームについて、フレーム毎に、復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を得て、得た復号線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を信号復号部 2 3 に出力する（ステップ D 2）。

【0096】

線形予測係数復号部 2 2 の他の処理は、第一実施形態又は第二実施形態と同様である。

【0097】

< 復号音信号記憶部 2 4 2 >

当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、復号音信号記憶部 2 4 2 は、記憶している前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ を線形予測部 2 4 3 及び信号拡張選択部 2 4 4 のみならず、線形予測係数推定部 2 4 6 にも出力する。

【0098】

復号音信号記憶部 2 4 2 の他の処理は、第一実施形態又は第二実施形態と同様である。

【0099】

< 線形予測係数推定部 2 4 6 >

線形予測係数推定部 2 4 6 には、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ とが入力される。

【0100】

線形予測係数推定部 2 4 6 は、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ を基に、図 1 における線形予測分析部 1 1 で用いる線形予測分析と同様の処理により推定線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を生成する（ステップ D 7）。

【0101】

線形予測係数推定部 2 4 6 は、生成した推定線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を線形予測部 2 4 3 に出力する。

【0102】

< 線形予測部 2 4 3 >

線形予測部 2 4 3 には、非パケット化部 2 1 が出力した欠落判定情報と、線形予測係数推定部 2 4 6 が出力した推定線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ と、復号音信号記憶部 2 4 2 が出力した前フレーム復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ とが入力される。

【0103】

線形予測部 2 4 3 は、フレーム毎に、当該フレームの欠落判定情報が音信号符号が欠落していることを示す場合、すなわち、当該フレームの音信号符号が欠落している場合に、推定線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ の値を基に例えば以下の式(1')のように予測信号predict(0), predict(1), ..., predict(N-1)を生成し、生成した予測信号predict(0), predict(1), ..., predict(N-1)を補間信号結合部 2 4 5 に出力する。

【数 9】

$$\text{predict}(n) = \sum_{m=1}^p \hat{\gamma}_m \text{predict}(n-m) \quad (1')$$

【0104】

ただし、 $n=1, 2, \dots, N$ である。この予測信号predict(0), predict(1), ..., predict(N-1)は、推定線形予測係数 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_p$ を当該フレームの復号線形予測係数とし、0を当該フレームの残差信号の各サンプル値としたときの、当該フレームの予測信号である。

【0105】

[技術背景]

上記の実施形態では、2種類の信号の少なくとも一方を用いて情報の欠落したフレーム

10

20

30

40

50

の補間を行っている。

【0106】

2種類の信号の1つ目は予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ である。予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ は、前フレームの復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を用いて上記式(1)で例えば求められる。この予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を用いると、その性質上、前フレームとの連続性が担保されるが、予測次数 p がフレーム長 N に対して短い場合には予測信号のエネルギーは徐々に減少してゆき、フレームの後半で予測信号の値が0になる。したがって、予測信号のみを用いて情報の欠落したフレームの補間を行うと、次フレームとの不連続性が生じてしまうことがある。

【0107】

復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ は、第一実施形態及び第二実施形態のように、符号化側において符号化されたものを復号側で復号することにより得ることができる。

【0108】

なお、復号線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ の代わりに、第三実施形態のように、過去に復号された波形から線形予測分析で求めた推定線形予測係数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p$ を用いて、予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ を求めることもできる。この場合 p を例えば N と同等まで大きくすることができ、これにより多くのサンプル数まで予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ のエネルギーを保つことができる。しかし、次数の大きな線形予測係数を求めるために、長い過去のサンプル(複数フレーム)を保持する必要があり、分析の演算量も極端に大きくなってしまう。

【0109】

演算量の増加を防ぎつつ、フレーム内の信号の欠落を防ぐために、上記2種類の信号の2つ目の信号である拡張復号音信号を用いる。この拡張復号音信号 $\text{extend}(0), \text{extend}(1), \dots, \text{extend}(2N-1)$ には、前フレームの復号音信号 $\hat{y}(0), \hat{y}(1), \dots, \hat{y}(2N-1)$ のパワースペクトルを保った信号を例えば用いる。この拡張復号音信号 $\text{extend}(0), \text{extend}(1), \dots, \text{extend}(2N-1)$ と予測信号 $\text{predict}(0), \text{predict}(1), \dots, \text{predict}(N-1)$ とを例えば上記式(3)のようにクロスフェードさせた信号を欠落したフレームの復号音信号とすることにより、欠落したフレームの前後フレームとの時間的及び周波数的連続性を担保したまま、補間した信号のエネルギーを保つことができる。

【0110】

以下、拡張復号音信号 $\text{extend}(0), \text{extend}(1), \dots, \text{extend}(2N-1)$ の選択の例について説明する。

【0111】

信号の周波数を考慮する際、その信号を正弦波で分解することは広く用いられているが、その分解において用いられる正弦波には様々な種類がある。例えば図8に示すように、ある信号を $n=0, 1, \dots, N-1$ において以下の式に則り \cos 波で分解した場合を考える。

【数10】

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \cos\left(\frac{\pi}{N}(n+0.5)k\right)$$

【0112】

周波数スペクトル $a(0), a(1), \dots, a(N-1)$ を保ったまま信号を $n+N=N, \dots, 2N-1$ に拡張すると以下の式のように表すことができる。

10

20

30

40

【数 1 1】

$$\begin{aligned}
 x(n+N) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \cos\left(\frac{\pi}{N}(n+N+0.5)k\right) \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \cos\left(\frac{\pi}{N}(N-1-n+0.5)k - 2\pi k\right) \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \cos\left(\frac{\pi}{N}(N-1-n+0.5)k\right) \\
 &= x(N-1-n)
 \end{aligned}$$

10

【0 1 1 3】

つまり、信号を時間的に逆にしたものが、信号のパワースペクトルを保ったまま位相をフレーム長分だけシフトさせたものと等しくなる。

【0 1 1 4】

同様に、ある信号を $n=0, 1, \dots, N-1$ において以下の式に則り \sin 波で分解した場合は、以下の式のように $n+N=N, \dots, 2N-1$ に拡張できる。

【数 1 2】

$$\begin{aligned}
 x(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \sin\left(\frac{\pi}{N}(n+0.5)k\right) \\
 x(n+N) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \sin\left(\frac{\pi}{N}(n+N+0.5)k\right) \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} -a(k) \sin\left(\frac{\pi}{N}(N-1-n+0.5)k - 2\pi k\right) \\
 &= -\sum_{k=0}^{N-1} a(k) \sin\left(\frac{\pi}{N}(N-1-n+0.5)k\right) \\
 &= -x(N-1-n)
 \end{aligned}$$

20

30

【0 1 1 5】

つまり、信号を時間的に逆にして極性を反転させたものが、信号のパワースペクトルを保ったまま位相をフレーム長分だけシフトさせたものと等しくなる。

【0 1 1 6】

上記の信号の拡張により、信号が \cos 波で構成されていると仮定するならば信号を時間的に逆にしたものが、信号が \sin 波で構成されていると仮定するならば信号を時間的に逆にして極性を反転させたものが得られることがわかる。したがって、第一実施形態では信号の偶対称性と奇対称性のいずれが強いかを比較し、偶対称性が強ければ偶対称性な \cos 波で構成されているとみなし、奇対称性が強ければ奇対称性な \sin 波で構成されているとみなして拡張信号を選択しているのである。

40

【0 1 1 7】

なお、信号を複素正弦波で分解した場合は、 $n+N=N, \dots, 2N-1$ に拡張した信号は以下の式のように求めることができる。

【数 1 3】

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nk\right) \\ \mathbf{x}(n+N) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} (n+N)k\right) \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \left(\frac{2\pi}{N} nk + 2\pi k\right)\right) \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nk\right) = x(n) \end{aligned}$$

10

【数 1 4】

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} n(k+0.5)\right) \\ \mathbf{x}(n+N) &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} (n+N)(k+0.5)\right) \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \left(\frac{2\pi}{N} n(k+0.5) + 2\pi k + \pi\right)\right) \\ &= -\sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nk\right) = -x(n) \end{aligned}$$

20

【0 1 1 8】

これらは、それぞれ、そのままの信号及び極性を反転した信号である。上記 4 種の拡張方法が、第二実施形態の信号拡張選択部 2 4 4 における拡張復号音信号の候補 $\text{extend}_1(n)$, $\text{extend}_2(n)$, $\text{extend}_3(n)$, $\text{extend}_4(n)$ に対応する。

【0 1 1 9】

[プログラム及び記録媒体]

復号装置の各部における処理をコンピュータによって実現する場合、復号装置の各部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、その各部の処理がコンピュータ上で実現される。

30

【0 1 2 0】

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、半導体メモリ等どのようなものでもよい。

【0 1 2 1】

また、各部の処理は、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構成することにしてもよいし、これらの処理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。

40

【0 1 2 2】

[変形例]

その他、この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。

【 図 1 】

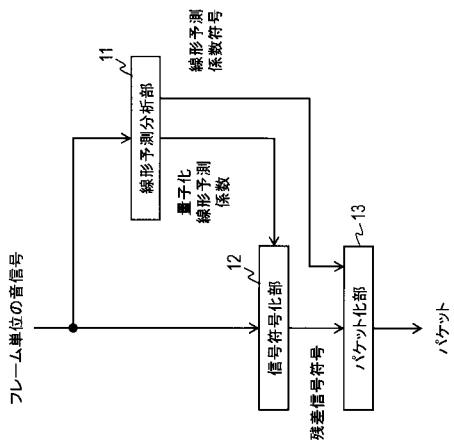


図 1

【 図 2 】

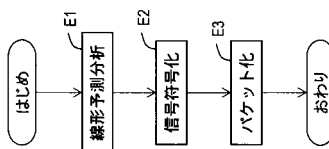


図 2

【 図 3 】

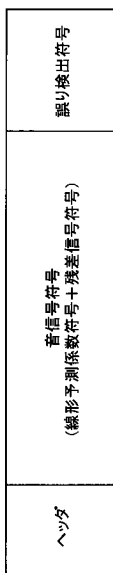


図 3

【 図 4 】

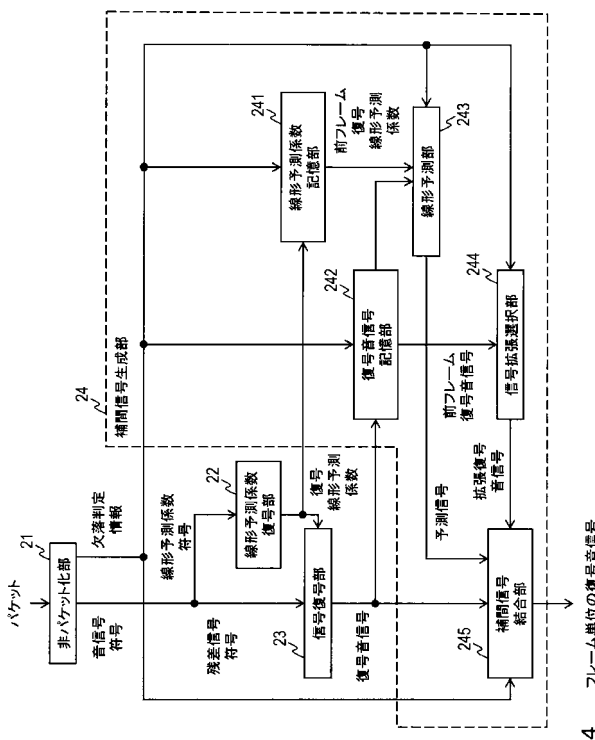


図 4 フレーム単位の復号音信号

【 図 5 】

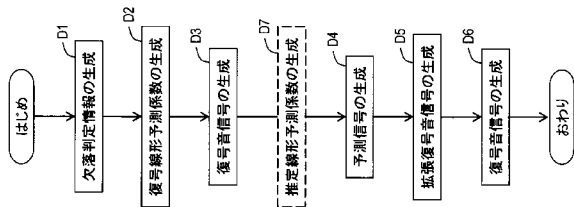


図5

【 図 6 】

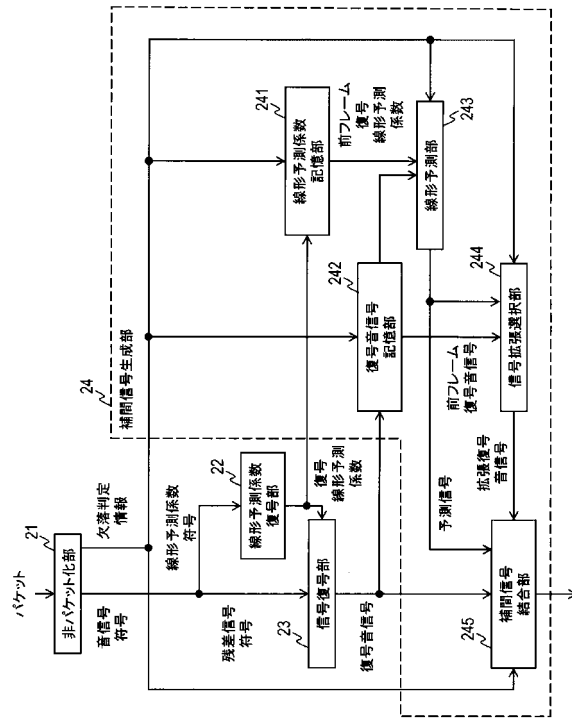


図6 フレーム単位の復号音信号

【 図 7 】

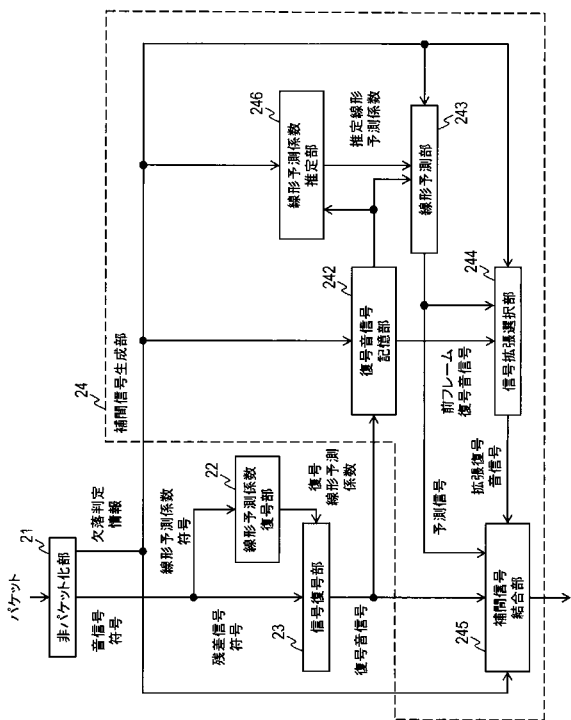


図7 フレーム単位の復号音信号

【 図 8 】

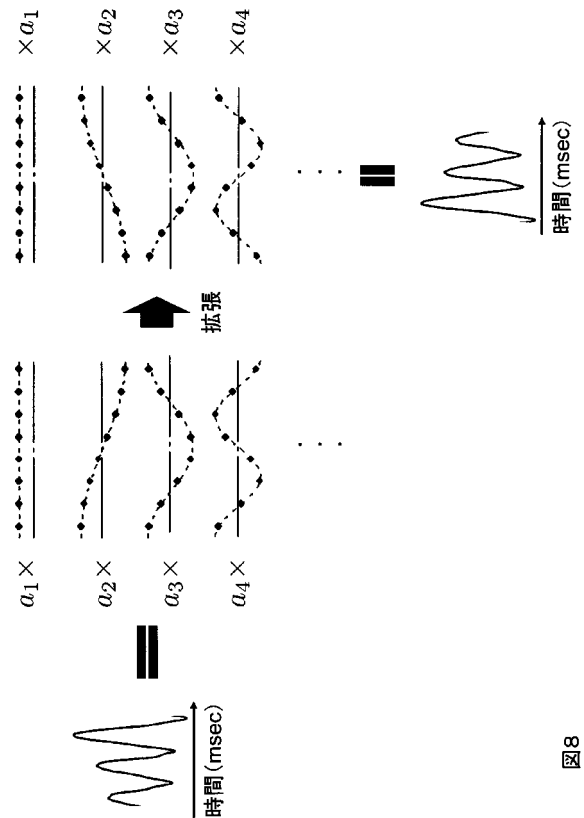


図8

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 古角 康一
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 川西 隆仁
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 野口 賢一
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