

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4968355号
(P4968355)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int. Cl. F I
G 1 0 L 21/02 (2006.01) G 1 0 L 21/02 I 0 1 B
G 1 0 L 11/02 (2006.01) G 1 0 L 11/02

請求項の数 4 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2010-68541 (P2010-68541)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成22年3月24日 (2010. 3. 24)		日本電気株式会社
(62) 分割の表示	特願2005-158447 (P2005-158447) の分割		東京都港区芝五丁目7番1号
原出願日	平成17年5月31日 (2005. 5. 31)	(74) 代理人	100109313
(65) 公開番号	特開2010-140063 (P2010-140063A)		弁理士 机 昌彦
(43) 公開日	平成22年6月24日 (2010. 6. 24)	(74) 代理人	100124154
審査請求日	平成22年3月24日 (2010. 3. 24)		弁理士 下坂 直樹
		(72) 発明者	加藤 正徳
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株式会社内
		(72) 発明者	杉山 昭彦
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株式会社内
		審査官	田部井 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 雑音抑圧の方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力信号を周波数領域信号に変換し、
 前記周波数領域信号に基づいて抑圧係数を定め、
 前記周波数領域信号に基づいて音声と雑音の相対関係を求め、
 前記相対関係に基づいて寄与率を定め、
 前記寄与率と、予め定められた、第一仮最小抑圧係数および第二仮最小抑圧係数に基づいて最小抑圧係数を求め、
 前記抑圧係数と前記最小抑圧係数とを比較し、
 値が大きい方を補正抑圧係数とし、
 前記補正抑圧係数を前記周波数領域信号に重みづけすることによって雑音を抑圧する雑音抑圧の方法であって、
 前記最小抑圧係数は、
 前記寄与率を重みとする、
 前記第一仮最小抑圧係数と前記第二仮最小抑圧係数の重み付き和で定まることを特徴とする雑音抑圧の方法。

【請求項2】

前記第一仮最小抑圧係数および前記第二仮最小抑圧係数は、前記周波数領域信号に基づいて求められることを特徴とする請求項1記載の雑音抑圧の方法。

【請求項3】

入力信号を周波数領域信号に変換する変換部と、
 前記周波数領域信号に基づいて抑圧係数を定める抑圧係数計算部と、
 前記周波数領域信号に基づいて音声と雑音の相対関係を求める相対関係計算部と、
 前記相対関係に基づいて寄与率を定め、前記寄与率と、予め定められた、第一仮最小抑
 圧係数および第二仮最小抑圧係数に基づいて最小抑圧係数を求める最小抑圧係数計算部と

、
 前記抑圧係数と前記最小抑圧係数とを比較し、値が大きい方を補正抑圧係数とする補正
 抑圧係数計算部と、

前記補正抑圧係数を前記周波数領域信号に重みづけする重みづけ演算部と、

を含む雑音抑圧の装置であって、

10

前記最小抑圧係数は、

前記寄与率を重みとする、

前記第一仮最小抑圧係数と前記第二仮最小抑圧係数の重み付き和で定まることを特徴と
 する雑音抑圧の装置。

【請求項 4】

前記第一仮最小抑圧係数および前記第二仮最小抑圧係数は、前記周波数領域信号に基づ
 いて求められることを特徴とする請求項 3 記載の雑音抑圧の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、所望の音声信号に重畳されている雑音を抑圧するための雑音抑圧の方法及び
 装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ノイズ・サプレッサは、所望の音声信号に重畳されている雑音（ノイズ）を抑圧する技
 術であり、周波数領域に変換した入力信号を用いて雑音成分のパワースペクトルを推定し
 、この推定パワースペクトルを入力信号から差し引くことにより、所望の音声信号に混在
 する雑音を抑圧するように動作する。雑音成分のパワースペクトルを継続的に推定するこ
 とにより、非定常な雑音の抑圧にも適用することができる。ノイズ・サプレッサとしては
 、例えば、特許文献 1 に記載されている方式がある。図 3 6 に、特許文献 1 に記載された
 ノイズ・サプレッサの構成を示す。

30

【0003】

入力端子 1 1 には、劣化音声信号（所望音声信号と雑音の混在する信号）が、サンプル
 値系列として供給される。劣化音声信号サンプルは、フレーム分割部 1 に供給され、 $K / 2$
 2 サンプル毎のフレームに分割される。ここに、 K は偶数とする。フレームに分割された
 劣化音声信号サンプルは、窓がけ処理部 2 に供給され、窓関数 $w(t)$ との乗算が行なわれ
 る。第 n フレームの入力信号 $y_n(t)$ ($t = 0, 1, \dots, K / 2 - 1$) に対
 する $w(t)$ で窓がけされた信号 $\bar{y}_n(t)$ は、次式で与えられる。

$$\bar{y}_n(t) = w(t)y_n(t) \quad (1)$$

40

【0004】

また、連続する 2 フレームの一部を重ね合わせ（オーバーラップ）して窓がけすることも
 広く行なわれている。オーバーラップ長としてフレーム長の 50% を仮定すれば、 $t = 0,$
 $1, \dots, K / 2 - 1$ に対して、

$$\bar{y}_n(t) = w(t)y_{n-1}(t + K/2) \quad (2)$$

$$\bar{y}_n(t + K/2) = w(t + K/2)y_n(t)$$

【0005】

で得られる $y_n(t)$ バー ($t = 0, 1, \dots, K-1$) が、窓がけ処理部 2 の出力となる。実数信号に対しては、左右対称窓関数が用いられる。また、窓関数は、抑圧係数を 1 に設定したときの入力信号と出力信号が計算誤差を除いて一致するように設計される。これは、 $w(t) + w(t + K/2) = 1$ となることを意味する。

10

【0006】

以後、連続する 2 フレームの 50% をオーバーラップして窓がけする場合を例として説明を続ける。 $w(t)$ としては、例えば次式に示すハニング窓を用いることができる。

$$w(t) = \begin{cases} 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{\pi(t - K/2)}{K/2}\right), & 0 \leq t < K \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

20

【0007】

窓がけされた出力 $y_n(t)$ バーは、フーリエ変換部 3 に供給され、劣化音声スペクトル $Y_n(k)$ に変換される。劣化音声スペクトル $Y_n(k)$ は位相と振幅に分離され、劣化音声位相スペクトル $\arg Y_n(k)$ は逆フーリエ変換部 9 に、劣化音声振幅スペクトル $|Y_n(k)|$ は、多重乗算部 13 と多重乗算部 16 に供給される。

【0008】

多重乗算部 13 は、供給された劣化音声振幅スペクトル $|Y_n(k)|$ を用いて劣化音声パワースペクトルを計算し、推定雑音計算部 5、周波数別 SNR (信号対雑音比) 計算部 6 及び重みつき劣化音声計算部 14 に伝達する。重みつき劣化音声計算部 14 は、多重乗算部 13 から供給された劣化音声パワースペクトルを用いて重みつき劣化音声パワースペクトルを計算し、推定雑音計算部 5 に伝達する。推定雑音計算部 5 は、劣化音声パワースペクトル、重みつき劣化音声パワースペクトル、及びカウンタ 4 から供給されるカウント値を用いて雑音のパワースペクトルを推定し、推定雑音パワースペクトルとして周波数別 SNR 計算部 6 に伝達する。周波数別 SNR 計算部 6 は、入力された劣化音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルを用いて周波数別に SNR を計算し、後天的 SNR として推定先天的 SNR 計算部 7 と雑音抑圧係数生成部 8 に供給する。

30

【0009】

推定先天的 SNR 計算部 7 は、入力された後天的 SNR、及び抑圧係数補正部 15 から供給された補正抑圧係数を用いて先天的 SNR を推定し、推定先天的 SNR として、雑音抑圧係数生成部 8 に伝達する。雑音抑圧係数生成部 8 は、入力として供給された後天的 SNR、推定先天的 SNR 及び音声非存在確率記憶部 21 から供給される音声非存在確率を用いて雑音抑圧係数を生成し、抑圧係数として抑圧係数補正部 15 に伝達する。抑圧係数補正部 15 は、入力された推定先天的 SNR と抑圧係数を用いて抑圧係数を補正し、補正抑圧係数 $G_n(k)$ バーとして多重乗算部 16 に供給する。多重乗算部 16 は、フーリエ変換部 3 から供給された劣化音声振幅スペクトル $|Y_n(k)|$ を、抑圧係数補正部 15 から供給された補正抑圧係数 $G_n(k)$ バーで重み付けすることによって強調音声振幅スペクトル $|X_n(k)|$ バーを求め、逆フーリエ変換部 9 に伝達する。 $|X_n(k)|$ バーは、式 (4) で与えられる。

40

50

$$|\bar{X}_n(k)| = \bar{G}_n(k) |Y_n(k)| \quad (4)$$

【 0 0 1 0 】

逆フーリエ変換部 9 は、多重乗算部 1 6 から供給された強調音声振幅スペクトル $|X_n(k)|$ バーとフーリエ変換部 3 から供給された劣化音声位相スペクトル $\arg Y_n(k)$ を乗算して、強調音声 $X_n(k)$ バーを求める。すなわち、

$$\bar{X}_n(k) = |\bar{X}_n(k)| \arg Y_n(k) \quad (5)$$

10

【 0 0 1 1 】

を実行する。

【 0 0 1 2 】

得られた強調音声 $X_n(k)$ バーに逆フーリエ変換を施し、1 フレームが K サンプルから構成される時間領域サンプル値系列 $x_n(t)$ バー ($t = 0, 1, \dots, K-1$) として、フレーム合成部 1 0 に伝達する。フレーム合成部 1 0 は、 $x_n(t)$ バーの隣接する 2 フレームから $K/2$ サンプルずつを取り出して重ね合わせ、

20

$$\hat{x}_n(t) = \bar{x}_{n-1}(t + K/2) + \bar{x}_n(t) \quad (6)$$

【 0 0 1 3 】

によって、強調音声 $x_n(t)$ ハットを得る。得られた強調音声 $x_n(t)$ ハット ($t = 0, 1, \dots, K-1$) が、フレーム合成部 1 0 の出力として、出力端子 1 2 に伝達される。

【 0 0 1 4 】

図 3 7 は、図 3 6 に含まれる多重乗算部 1 3 の構成を示すブロック図である。多重乗算部 1 3 は、乗算器 1 3 0 1₀ ~ 1 3 0 1_{K-1}、分離部 1 3 0 2、1 3 0 3、多重化部 1 3 0 4 を有する。多重化された状態で図 3 6 のフーリエ変換部 3 から供給された劣化音声振幅スペクトルは、分離部 1 3 0 2 及び 1 3 0 3 において周波数別の K サンプルに分離され、それぞれ乗算器 1 3 0 1₀ ~ 1 3 0 1_{K-1} に供給される。乗算器 1 3 0 1₀ ~ 1 3 0 1_{K-1} は、それぞれ入力された信号を 2 乗し、多重化部 1 3 0 4 に伝達する。多重化部 1 3 0 4 は、入力された信号を多重化し、劣化音声パワースペクトルとして出力する。

30

【 0 0 1 5 】

図 3 8 は重みつき劣化音声計算部 1 4 の構成を示すブロック図である。重みつき劣化音声計算部 1 4 は、推定雑音記憶部 1 4 0 1、周波数別 SNR 計算部 1 4 0 2、多重非線形処理部 1 4 0 5、及び多重乗算部 1 4 0 4 を有する。推定雑音記憶部 1 4 0 1 は、図 3 6 の推定雑音計算部 5 から供給される推定雑音パワースペクトルを記憶し、1 フレーム前に記憶された推定雑音パワースペクトルを周波数別 SNR 計算部 1 4 0 2 へ出力する。周波数別 SNR 計算部 1 4 0 2 は、推定雑音記憶部 1 4 0 1 から供給される推定雑音パワースペクトルと図 3 6 の多重乗算部 1 3 から供給される劣化音声パワースペクトルを用いて SNR を各周波数毎に求め、多重非線形処理部 1 4 0 5 に出力する。多重非線形処理部 1 4 0 5 は、周波数別 SNR 計算部 1 4 0 2 から供給される SNR を用いて重み係数ベクトルを計算し、重み係数ベクトルを多重乗算部 1 4 0 4 に出力する。

40

【 0 0 1 6 】

多重乗算部 1 4 0 4 は、図 3 6 の多重乗算部 1 3 から供給される劣化音声パワースペクトルと、多重非線形処理部 1 4 0 5 から供給される重み係数ベクトルの積を周波数毎に計

50

算し、重みつき劣化音声パワースペクトルを図36の推定雑音記憶部5に出力する。多重乗算部1404の構成は、既に図37を用いて説明した多重乗算部13に等しいので、詳細な説明は省略する。

【0017】

図39は、図38に含まれる周波数別SNR計算部1402の構成を示すブロック図である。周波数別SNR計算部1402は、除算部1421₀～1421_{K-1}、分離部1422、1423、多重化部1424を有する。図36の多重乗算部13から供給される劣化音声パワースペクトルは、分離部1422に伝達される。図38の推定雑音記憶部1401から供給される推定雑音パワースペクトルは、分離部1423に伝達される。劣化音声パワースペクトルは分離部1422において、推定雑音パワースペクトルは分離部1423において、それぞれ周波数成分に対応したKサンプルに分離され、それぞれ除算部1421₀～1421_{K-1}に供給される。除算部1421₀～1421_{K-1}では、式(7)に従って、供給された劣化音声パワースペクトルを推定雑音パワースペクトルで除算して周波数別SNR $\hat{\gamma}_n(k)$ ハットを求め、多重化部1424に伝達する。

10

$$\hat{\gamma}_n(k) = \frac{|Y_n(k)|^2}{\lambda_{n-1}(k)} \quad (7)$$

20

【0018】

ここに、 $\lambda_{n-1}(k)$ は1フレーム前に記憶された推定雑音パワースペクトルである。多重化部1424は、伝達されたK個の周波数別SNRを多重化して、図38の多重非線形処理部1405へ伝達する。

【0019】

次に、図40を参照しながら、図38の多重非線形処理部1405の構成と動作について詳しく説明する。図40は、重みつき劣化音声計算部14に含まれる多重非線形処理部1405の構成を示すブロック図である。多重非線形処理部1405は、分離部1495、非線形処理部1485₀～1485_{K-1}、及び多重化部1475を有する。分離部1495は、図38の周波数別SNR計算部1402から供給されるSNRを周波数別のSNRに分離し、非線形処理部1485₀～1485_{K-1}に出力する。非線形処理部1485₀～1485_{K-1}は、それぞれ入力値に応じた実数値を出力する非線形関数を有する。

30

【0020】

図41に、非線形関数の例を示す。 f_1 を入力値としたとき、図41に示される非線形関数の出力値 f_2 は、

$$f_2 = \begin{cases} 1, & f_1 \leq a \\ \frac{f_1 - b}{a - b}, & a < f_1 \leq b \\ 0, & b < f_1 \end{cases} \quad (8)$$

40

【0021】

で与えられる。但し、aとbは任意の実数である。

【0022】

非線形処理部1485₀～1485_{K-1}は、分離部1495から供給される周波数別SNRを、非線形関数によって処理して重み係数を求め、多重化部1475に出力する。すなわち、非線形処理部1485₀～1485_{K-1}はSNRに応じた1から0までの重

50

み係数を出力する。SNRが小さい時は1を、大きい時は0を出力する。多重化部1475は、非線形処理部1485₀～1485_{K-1}から出力された重み係数を多重化し、重み係数ベクトルとして多重乗算部1404に出力する。

【0023】

図38の多重乗算部1404で劣化音声パワースペクトルと乗算される重み係数は、SNRに応じた値になっており、SNRが大きい程、すなわち劣化音声に含まれる音声成分が大きい程、重み係数の値は小さくなる。推定雑音の更新には一般に劣化音声パワースペクトルが用いられるが、推定雑音の更新に用いる劣化音声パワースペクトルに対して、SNRに応じた重みづけを行うことで、劣化音声パワースペクトルに含まれる音声成分の影響を小さくすることができ、より精度の高い雑音推定を行うことができる。なお、重み係数の計算に非線形関数を用いた例を示したが、非線形関数以外にも線形関数や高次多項式など、他の形で表されるSNRの関数を用いる事も可能である。

【0024】

図42は、図36に含まれる推定雑音計算部5の構成を示すブロック図である。雑音推定計算部5は、分離部501、502、多重化部503、及び周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}を有する。分離部501は、図36の重みつき劣化音声計算部14から供給される重みつき劣化音声パワースペクトルを周波数別の重みつき劣化音声パワースペクトルに分離し、周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}にそれぞれ供給する。分離部502は、図36の多重乗算部13から供給される劣化音声パワースペクトルを周波数別の劣化音声パワースペクトルに分離し、周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}にそれぞれ出力する。周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}は、分離部501から供給される周波数別重みつき劣化音声パワースペクトル、分離部502から供給される周波数別劣化音声パワースペクトル、及び図36のカウンタ4から供給されるカウント値から周波数別推定雑音パワースペクトルを計算し、多重化部503へ出力する。多重化部503は、周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}から供給される周波数別推定雑音パワースペクトルを多重化し、推定雑音パワースペクトルを図36の周波数別SNR計算部6と重みつき劣化音声計算部14へ出力する。周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}の構成と動作の詳細な説明は、図43を参照しながら行う。

【0025】

図43は、図42に含まれる周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}の構成を示すブロック図である。周波数別推定雑音計算部504₀～504_{K-1}は、更新判定部520、レジスタ長記憶部5041、推定雑音記憶部5042、スイッチ5044、シフトレジスタ5045、加算器5046、最小値選択部5047、除算部5048、カウンタ5049を有する。スイッチ5044には、図42の分離部501から、周波数別重みつき劣化音声パワースペクトルが供給されている。スイッチ5044が回路を閉じたときに、周波数別重みつき劣化音声パワースペクトルは、シフトレジスタ5045に伝達される。シフトレジスタ5045は、更新判定部520から供給される制御信号に応じて、内部レジスタの記憶値を隣接レジスタにシフトする。シフトレジスタ長は、後述するレジスタ長記憶部5041に記憶されている値に等しい。シフトレジスタ5045の全レジスタ出力は、加算器5046に供給される。加算器5046は、供給された全レジスタ出力を加算して、加算結果を除算部5048に伝達する。

【0026】

一方、更新判定部520には、カウント値、周波数別劣化音声パワースペクトル及び周波数別推定雑音パワースペクトルが供給されている。更新判定部520は、カウント値が予め設定された値に到達するまでは常に“1”を、到達した後は入力された劣化音声信号が雑音であると判定されたときに“1”を、それ以外のときに“0”を出力し、カウンタ5049、スイッチ5044、及びシフトレジスタ5045に伝達する。スイッチ5044は、更新判定部から供給された信号が“1”のときに回路を閉じ、“0”のときに開く。カウンタ5049は、更新判定部から供給された信号が“1”のときにカウント値を増加し、“0”のときには変更しない。シフトレジスタ5045は、更新判定部から供給さ

10

20

30

40

50

れた信号が“ 1 ”のときにスイッチ 5 0 4 4 から供給される信号サンプルを 1 サンプル取り込むと同時に、内部レジスタの記憶値を隣接レジスタにシフトする。最小値選択部 5 0 4 7 には、カウンタ 5 0 4 9 の出力とレジスタ長記憶部 5 0 4 1 の出力が供給されている。

【 0 0 2 7 】

最小値選択部 5 0 4 7 は、供給されたカウント値とレジスタ長のうち、小さい方を選択して、除算部 5 0 4 8 に伝達する。除算部 5 0 4 8 は、加算器 5 0 4 6 から供給された周波数別劣化音声パワースペクトルの加算値をカウント値又はレジスタ長の小さい方の値で除算し、商を周波数別推定雑音パワースペクトル $\lambda_n(k)$ として出力する。 $B_n(k)$ ($n = 0, 1, \dots, N - 1$) をシフトレジスタ 5 0 4 5 に保存されている劣化音声パワースペクトルのサンプル値とすると、 $\lambda_n(k)$ は、

10

$$\lambda_n(k) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} B_n(k) \quad (9)$$

【 0 0 2 8 】

で与えられる。

【 0 0 2 9 】

ただし、N はカウント値とレジスタ長のうち、小さい方の値である。カウント値はゼロから始まって単調に増加するので、最初はカウント値で除算が行なわれ、後にはレジスタ長で除算が行なわれる。レジスタ長で除算が行なわれることは、シフトレジスタに格納された値の平均値を求めることになる。最初は、シフトレジスタ 5 0 4 5 に十分多くの値が記憶されていないために、実際に値が記憶されているレジスタの数で除算する。実際に値が記憶されているレジスタの数は、カウント値がレジスタ長より小さいときはカウント値に等しく、カウント値がレジスタ長より大きくなると、レジスタ長と等しくなる。

20

【 0 0 3 0 】

図 4 4 は、図 4 3 に含まれる更新判定部 5 2 0 の構成を示すブロック図である。更新判定部 5 2 0 は、論理和計算部 5 2 0 1、比較部 5 2 0 3、5 2 0 5、閾値記憶部 5 2 0 4、5 2 0 6、閾値計算部 5 2 0 7 を有する。図 3 6 のカウンタ 4 から供給されるカウント値は、比較部 5 2 0 3 に伝達される。閾値記憶部 5 2 0 4 の出力である閾値も、比較部 5 2 0 3 に伝達される。比較部 5 2 0 3 は、供給されたカウント値と閾値を比較し、カウント値が閾値より小さいときに“ 1 ”を、カウント値が閾値より大きいときに“ 0 ”を、論理和計算部 5 2 0 1 に伝達する。

30

【 0 0 3 1 】

一方、閾値計算部 5 2 0 7 は、図 4 3 の推定雑音記憶部 5 0 4 2 から供給される周波数別推定雑音パワースペクトルに応じた値を計算し、閾値として閾値記憶部 5 2 0 6 に出力する。最も簡単な閾値の計算方法は、周波数別推定雑音パワースペクトルの定数倍である。その他に、高次多項式や非線形関数を用いて閾値を計算することも可能である。閾値記憶部 5 2 0 6 は、閾値計算部 5 2 0 7 から出力された閾値を記憶し、1 フレーム前に記憶された閾値を比較部 5 2 0 5 へ出力する。比較部 5 2 0 5 は、閾値記憶部 5 2 0 6 から供給される閾値と図 4 2 の分離部 5 0 2 から供給される周波数別劣化音声パワースペクトルを比較し、周波数別劣化音声パワースペクトルが閾値よりも小さければ“ 1 ”を、大きければ“ 0 ”を論理和計算部 5 2 0 1 に出力する。

40

【 0 0 3 2 】

すなわち、推定雑音パワースペクトルの大きさをもとに、劣化音声信号が雑音であるかを判別している。論理和計算部 5 2 0 1 は、比較部 5 2 0 3 の出力値と比較部 5 2 0 5 の出力値との論理和を計算し、計算結果を図 4 3 のスイッチ 5 0 4 4、シフトレジスタ 5 0 4 5 及びカウンタ 5 0 4 9 に出力する。このように、初期状態や無音区間だけでなく、有音区間でも劣化音声パワーが小さい場合には、更新判定部 5 2 0 は“ 1 ”を出力する

50

。すなわち、推定雑音の更新が行われる。閾値の計算は各周波数毎に行われるため、各周波数毎に推定雑音の更新を行うことができる。

【 0 0 3 3 】

図 4 5 は、図 3 6 に含まれる推定先天的 S N R 計算部 7 の構成を示すブロック図である。推定先天的 S N R 計算部 7 は、多重値域限定処理部 7 0 1、後天的 S N R 記憶部 7 0 2、抑圧係数記憶部 7 0 3、多重乗算部 7 0 4、7 0 5、重み記憶部 7 0 6、多重重みつき加算部 7 0 7、加算器 7 0 8 を有する。図 3 6 の周波数別 S N R 計算部 6 から供給される後天的 S N R $\gamma_n(k)$ ($k = 0, 1, \dots, K - 1$) は、後天的 S N R 記憶部 7 0 2 と加算器 7 0 8 に伝達される。後天的 S N R 記憶部 7 0 2 は、第 n フレームにおける後天的 S N R $\gamma_n(k)$ を記憶すると共に、第 $n - 1$ フレームにおける後天的 S N R $\gamma_{n-1}(k)$ を多重乗算部 7 0 5 に伝達する。

10

【 0 0 3 4 】

図 3 6 の抑圧係数補正部 1 5 から供給される補正抑圧係数 $G_n(k)$ バー ($k = 0, 1, \dots, K - 1$) は、抑圧係数記憶部 7 0 3 に伝達される。抑圧係数記憶部 7 0 3 は、第 n フレームにおける補正抑圧係数 $G_n(k)$ バーを記憶すると共に、第 $n - 1$ フレームにおける補正抑圧係数 $G_{n-1}(k)$ バーを多重乗算部 7 0 4 に伝達する。多重乗算部 7 0 4 は、供給された $G_n(k)$ バーを 2 乗して $G^2_{n-1}(k)$ バーを求め、多重乗算部 7 0 5 に伝達する。多重乗算部 7 0 5 は、 $G^2_{n-1}(k)$ バーと $\gamma_{n-1}(k)$ を $k = 0, 1, \dots, K - 1$ に対して乗算して $G^2_{n-1}(k)$ バー $\gamma_{n-1}(k)$ を求め、結果を多重重み付き加算部 7 0 7 に過去の推定 S N R 9 2 2 として伝達する。多重乗算部 7 0 4 及び 7 0 5 の構成は、既に図 3 7 を用いて説明した多重乗算部 1 3 に等しいので、詳細な説明は省略する。

20

【 0 0 3 5 】

加算器 7 0 8 の他方の端子には $- 1$ が供給されており、加算結果 $\gamma_n(k) - 1$ が多重値域限定処理部 7 0 1 に伝達される。多重値域限定処理部 7 0 1 は、加算器 7 0 8 から供給された加算結果 $\gamma_n(k) - 1$ に値域限定演算子 $P[\cdot]$ による演算を施し、結果である $P[\gamma_n(k) - 1]$ を多重重みつき加算部 7 0 7 に瞬時推定 S N R 9 2 1 として伝達する。ただし、 $P[x]$ は式 (1 0) で定められる。

30

$$P[x] = \begin{cases} x, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (10)$$

【 0 0 3 6 】

多重重みつき加算部 7 0 7 には、また、重み記憶部 7 0 6 から重み $\gamma_{n-1}(k)$ が供給されている。多重重みつき加算部 7 0 7 は、これらの供給された瞬時推定 S N R 9 2 1、過去の推定 S N R 9 2 2、重み $\gamma_{n-1}(k)$ を用いて推定先天的 S N R 9 2 4 を求める。重み $\gamma_{n-1}(k)$ とし、 $\gamma_n(k)$ ハットを推定先天的 S N R とすると、 $\hat{\xi}_n(k)$ ハットは、式 (1 1) によって計算される。

40

$$\hat{\xi}_n(k) = \alpha \gamma_{n-1}(k) \bar{G}_{n-1}^2(k) + (1 - \alpha) P[\gamma_n(k) - 1] \quad (11)$$

【 0 0 3 7 】

ここに、 $G^2_{n-1}(k)$ $\gamma_{n-1}(k)$ バー = 1 とする。

【 0 0 3 8 】

図 4 6 は、図 4 5 に含まれる多重値域限定処理部 7 0 1 の構成を示すブロック図である。多重値域限定処理部 7 0 1 は、定数記憶部 7 0 1 1、最大値選択部 7 0 1 2₀ ~ 7 0 1

50

2_{k-1} 、分離部 7013、多重化部 7014 を有する。分離部 7013 には、図 45 の加算器 708 から、 $\gamma_n(k) - 1$ が供給される。分離部 7013 は、供給された $\gamma_n(k) - 1$ を K 個の周波数別成分に分離し、最大値選択部 7012₀ ~ 7012_{k-1} に供給する。最大値選択部 7012₀ ~ 7012_{k-1} の他方の入力には、定数記憶部 7011 からゼロが供給されている。最大値選択部 7012₀ ~ 7012_{k-1} は、 $\gamma_n(k) - 1$ をゼロと比較し、大きい方の値を多重化部 7014 へ伝達する。この最大値選択演算は、式 (10) を実行することに相当する。多重化部 7014 は、これらの値を多重化して出力する。

【0039】

図 47 は、図 45 に含まれる多重重みつき加算部 707 の構成を示すブロック図である。多重重みつき加算部 707 は、重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1}、分離部 7072、7074、多重化部 7075 を有する。分離部 7072 には、図 45 の多重値域限定処理部 701 から、 $P[\gamma_n(k) - 1]$ が瞬時推定 SNR 921 として供給される。分離部 7072 は、 $P[\gamma_n(k) - 1]$ を K 個の周波数別成分に分離し、周波数別瞬時推定 SNR 921₀ ~ 921_{k-1} として、重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1} に伝達する。分離部 7074 には、図 45 の多重乗算部 705 から、 $G^2_{n-1}(k)$ パー $\gamma_{n-1}(k)$ が過去の定 SNR 922 として供給される。

【0040】

分離部 7074 は、 $G^2_{n-1}(k)$ パー $\gamma_{n-1}(k)$ を K 個の周波数別成分に分離し、過去の周波数別推定 SNR 922₀ ~ 922_{k-1} として、重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1} に伝達する。一方、重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1} には、重み 923 も供給される。重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1} は、式 (11) によって表される重みつき加算を実行し、周波数別推定先天的 SNR 924₀ ~ 924_{k-1} を多重化部 7075 に伝達する。多重化部 7075 は、周波数別推定先天的 SNR 924₀ ~ 924_{k-1} を多重化し、推定先天的 SNR 924 として出力する。重みつき加算部 7071₀ ~ 7071_{k-1} の動作と構成については、次に図 48 を参照しながら説明する。

【0041】

図 48 は、図 47 に含まれる重みつき加算部 7071 の構成を示すブロック図である。重みつき加算部 7071 は、乗算器 7091、7093、定数乗算器 7095、加算器 7092、7094 を有する。図 47 の分離部 7072 から周波数別瞬時推定 SNR 921 が、図 47 の分離部 7074 から過去の周波数別 SNR 922 が、図 45 の重み記憶部 706 から重み 923 が、それぞれ入力として供給される。値 γ を有する重み 923 は、定数乗算器 7095 と乗算器 7093 に伝達される。定数乗算器 7095 は入力信号を -1 倍して得られた $-\gamma$ を、加算器 7094 に伝達する。加算器 7094 のもう一方の入力としては 1 が供給されており、加算器 7094 の出力は両者の和である $1 - \gamma$ となる。 $1 - \gamma$ は乗算器 7091 に供給されて、もう一方の入力である周波数別瞬時推定 SNR $P[\gamma_n(k) - 1]$ と乗算され、積である $(1 - \gamma) P[\gamma_n(k) - 1]$ が加算器 7092 に伝達される。一方、乗算器 7093 では、重み 923 として供給された γ と過去の推定 SNR 922 が乗算され、積である $G^2_{n-1}(k)$ パー $\gamma_{n-1}(k)$ が加算器 7092 に伝達される。加算器 7092 は、 $(1 - \gamma) P[\gamma_n(k) - 1]$ と $G^2_{n-1}(k)$ パー $\gamma_{n-1}(k)$ の和を、周波数別推定先天的 SNR 924 として出力する。

【0042】

図 49 は、図 36 に含まれる雑音抑圧係数生成部 8 を示すブロック図である。雑音抑圧係数生成部 8 は、MMS E STSA ゲイン関数値計算部 811、一般化尤度比計算部 812、及び抑圧係数計算部 814 を有する。以下、特許文献 1 に記載されている計算式をもとに、抑圧係数の計算方法を説明する。

【0043】

フレーム番号を n 、周波数番号を k とし、 $\gamma_n(k)$ を図 36 の周波数別 SNR 計算部 6 から供給される周波数別後天的 SNR、 $\gamma_n(k)$ ハットを図 36 の推定先天的 SNR

10

20

30

40

50

計算部 7 から供給される周波数別推定先天的 SNR、 q を図 3 6 の音声非存在確率記憶部 2 1 から供給される音声非存在確率とする。また、 $\eta_n(k) = \sigma_n^2(k) / (\sigma_n^2(k) + q)$ 、 $v_n(k) = (\sigma_n^2(k) \sigma_n^2(k)) / (1 + \sigma_n^2(k))$ とする。MMSE STSA ゲイン関数値計算部 8 1 1 は、図 3 6 の周波数別 SNR 計算部 6 から供給される後天的 SNR $\sigma_n^2(k)$ 、図 3 6 の推定先天的 SNR 計算部 7 から供給される推定先天的 SNR $\sigma_n^2(k)$ ハット及び図 3 6 の音声非存在確率記憶部 2 1 から供給される音声非存在確率 q をもとに、各周波数毎に MMSE STSA ゲイン関数値を計算し、抑圧係数計算部 8 1 4 に出力する。各周波数毎の MMSE STSA ゲイン関数値 $G_n(k)$ は、

$$G_n(k) = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{v_n(k)}}{2 y_n(k)} \exp\left(-\frac{v_n(k)}{2}\right) \left[(1 + v_n(k)) I_0\left(\frac{v_n(k)}{2}\right) + v_n(k) I_1\left(\frac{v_n(k)}{2}\right) \right] \quad (12)$$

【 0 0 4 4 】

で与えられる。

【 0 0 4 5 】

ここに、 $I_0(z)$ は 0 次変形ベッセル関数、 $I_1(z)$ は 1 次変形ベッセル関数である。変形ベッセル関数については、非特許文献 1 に記載されている。

【 0 0 4 6 】

一般化尤度比計算部 8 1 2 は、図 3 6 の周波数別 SNR 計算部 6 から供給される後天的 SNR $\sigma_n^2(k)$ 、図 3 6 の推定先天的 SNR 計算部 7 から供給される推定先天的 SNR $\sigma_n^2(k)$ ハット及び図 3 6 の音声非存在確率記憶部 2 1 から供給される音声非存在確率 q をもとに、周波数毎に一般化尤度比を計算し、抑圧係数計算部 8 1 4 に出力する。周波数毎の一般化尤度比 $\Lambda_n(k)$ は、

$$\Lambda_n(k) = \frac{1 - q \exp(v_n(k))}{q (1 + \eta_n(k))} \quad (13)$$

【 0 0 4 7 】

で与えられる。

【 0 0 4 8 】

抑圧係数計算部 8 1 4 は、MMSE STSA ゲイン関数値計算部 8 1 1 から供給される MMSE STSA ゲイン関数値 $G_n(k)$ と一般化尤度比計算部 8 1 2 から供給される一般化尤度比 $\Lambda_n(k)$ から周波数毎に抑圧係数を計算し、図 3 6 の抑圧係数補正部 1 5 へ出力する。周波数毎の抑圧係数 $\bar{G}_n(k)$ は、

$$\bar{G}_n(k) = \frac{\Lambda_n(k)}{\Lambda_n(k) + 1} G_n(k) \quad (14)$$

【 0 0 4 9 】

で与えられる。周波数別に SNR を計算する代わりに、複数の周波数から構成される帯域に共通な SNR を求めて、これを用いることも可能である。

【 0 0 5 0 】

図 5 0 は、図 3 6 に含まれる抑圧係数補正部 1 5 を示すブロック図である。抑圧係数補正部 1 5 は、周波数別抑圧係数補正部 1 5 0 1₀ ~ 1 5 0 1_{K-1}、分離部 1 5 0 2、1 5 0 3 及び多重化部 1 5 0 4 を有する。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

分離部 1502 は、図 36 の推定先天的 SNR 計算部 7 から供給される推定先天的 SNR を周波数別成分に分離し、それぞれ周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} に出力する。分離部 1503 は、図 36 の抑圧係数生成部 8 から供給される抑圧係数を周波数別成分に分離し、それぞれ周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} に出力する。周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} は、分離部 1502 から供給される周波数別推定先天的 SNR と、分離部 1503 から供給される周波数別抑圧係数から、周波数別補正抑圧係数を計算し、多重化部 1504 へ出力する。多重化部 1504 は、周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} から供給される周波数別補正抑圧係数を多重化し、補正抑圧係数として図 36 の多重乗算部 1 と推定先天的 SNR 計算部 7 へ出力する。

10

【0052】

次に図 51 を参照しながら、周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} の構成と動作について詳細に説明する。

【0053】

図 51 は、抑圧係数補正部 15 に含まれる周波数別抑圧係数補正部 1501₀ ~ 1501_{K-1} の構成を示すブロック図である。周波数別抑圧係数補正部 1501 は、最大値選択部 1591、抑圧係数下限値記憶部 1592、閾値記憶部 1593、比較部 1594、スイッチ 1595、修正値記憶部 1596 及び乗算器 1597 を有する。

【0054】

比較部 1594 は、閾値記憶部 1593 から供給される閾値と、図 50 の分離部 1502 から供給される周波数別推定先天的 SNR を比較し、周波数別推定先天的 SNR が閾値よりも大きければ“0”を、小さければ“1”をスイッチ 1595 に供給する。スイッチ 1595 は、図 50 の分離部 1503 から供給される周波数別抑圧係数を、比較部 1594 の出力値が“1”のときに乗算器 1597 に出力し、“0”のときに最大値選択部 1591 に出力する。すなわち、周波数別推定先天的 SNR が閾値よりも小さいときに、抑圧係数の補正が行われる。乗算器 1597 は、スイッチ 1595 の出力値と修正値記憶部 1596 の出力値との積を計算し、最大値選択部 1591 に出力する。

20

【0055】

一方、抑圧係数下限値記憶部 1592 は、記憶している抑圧係数の下限値を、最大値選択部 1591 に供給する。最大値選択部 1591 は、図 50 の分離部 1503 から供給される周波数別抑圧係数、又は乗算器 1597 で計算された積と、抑圧係数下限値記憶部 1592 から供給される抑圧係数下限値とを比較し、大きい方の値を図 50 の多重化部 1504 に出力する。すなわち、抑圧係数は抑圧係数下限値記憶部 1592 が記憶する下限値よりも必ず大きい値になる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0056】

【特許文献 1】特開 2002 - 20417 号公報

【非特許文献】

【0057】

40

【非特許文献 1】1985 年、数学辞典、岩波書店、374 . G ページ

【非特許文献 2】1979 年 12 月、プロシーディングス・オブ・ザ・アイ・イー・イー・イー、第 67 巻、第 12 号 (PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 67, NO. 12, PP. 1586 - 1604, DEC, 1979)、1586 ~ 1604 ページ

【非特許文献 3】1979 年 4 月、アイ・イー・イー・イー・トランザクションズ・オン・アコースティクス・スピーチ・アンド・シグナル・プロセッシング、第 27 巻、第 2 号 (IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, VOL. 27, NO. 2, PP. 113 - 120, APR, 1979)、113 ~ 120 ページ

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0058】

これまで説明した関連技術の方法では、音声区間と雑音区間を区別せずに、常に同一の計算方法で求めた抑圧係数を用いて雑音抑圧を行っていた。このため、音声区間で音声歪みが発生し、雑音区間での抑圧が不十分になるという問題があった。

【0059】

本発明の目的は、音声区間と雑音区間を区別し、それぞれに適した計算方法で求めた抑圧係数を用いて雑音抑圧を行うことによって、音声区間での音声歪みを低減し、雑音区間において十分な抑圧を達成することのできる雑音抑圧の方法及び装置を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0060】

本発明の雑音抑圧の方法及び装置では、無音部用係数と有音部係数に基づき、雑音抑圧後に更に抑圧を行う後抑圧を用いることを特徴とする。

【0061】

より具体的には、強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルに基づいて無音部用係数を計算する無音部用係数計算部と、有音部用係数を記憶する有音部用係数記憶部と、得られた無音部用係数と有音部用係数をもとに後抑圧係数を計算するための後抑圧係数計算部を備えていることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0062】

本発明では、強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルに基づいて計算された無音部用係数と、有音部用係数を用いて抑圧係数を補正するので、音声区間では有音部用係数に基づき抑圧を弱め、雑音区間では強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルに応じた無音部用係数に基づき抑圧を強めるように後抑圧を行うことが可能となり、音声区間では歪みが少なく雑音区間では残留雑音が少ない強調音声を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

30

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すブロック図。

【図2】本発明の第1の実施の形態に含まれる強調音声スペクトル補正部の構成を示すブロック図。

【図3】図2に含まれる音声存在確率計算部の構成を示すブロック図。

【図4】図3に含まれる平滑化部の構成を示すブロック図。

【図5】図2に含まれる後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図6】図5に含まれる周波数別後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図7】図6に含まれる無音部用係数計算部の構成を示すブロック図。

【図8】図7に含まれる係数計算部における非線形関数の一例を示す図。

【図9】本発明の第2の実施の形態を示すブロック図。

40

【図10】本発明の第2の実施の形態に含まれる強調音声スペクトル補正部の構成を示すブロック図。

【図11】図10に含まれる後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図12】図11に含まれる周波数別後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図13】本発明の第3の実施の形態を示すブロック図。

【図14】本発明の第3の実施の形態に含まれる強調音声スペクトル補正部の構成を示すブロック図。

【図15】図14に含まれる後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図16】図15に含まれる周波数別後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図17】本発明の第4の実施の形態を示すブロック図。

50

【図 18】本発明の第 4 の実施の形態に含まれる強調音声スペクトル補正部の構成を示すブロック図。

【図 19】図 18 に含まれる後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図 20】図 19 に含まれる周波数別後抑圧係数計算部の構成を示すブロック図。

【図 21】本発明の第 5 の実施の形態を示すブロック図。

【図 22】本発明の第 5 の実施の形態に含まれる推定先天的 S N R 計算部の構成を示すブロック図。

【図 23】本発明の第 5 の実施の形態に含まれる抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

【図 24】図 23 に含まれる周波数別抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

10

【図 25】本発明の第 6 の実施の形態を示すブロック図。

【図 26】本発明の第 6 の実施の形態に含まれる推定先天的 S N R 計算部の構成を示すブロック図。

【図 27】本発明の第 6 の実施の形態に含まれる抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

【図 28】図 27 に含まれる周波数別推定抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

【図 29】本発明の第 7 の実施の形態を示すブロック図。

【図 30】本発明の第 7 の実施の形態に含まれる強調音声振幅スペクトル補正部を示すブロック図。

【図 31】本発明の第 8 の実施の形態を示すブロック図。

20

【図 32】本発明の第 8 の実施の形態に含まれる強調音声振幅スペクトル補正部を示すブロック図。

【図 33】本発明の第 8 の実施の形態に含まれる音声存在確率計算部を示すブロック図。

【図 34】本発明の第 9 の実施の形態を示すブロック図。

【図 35】本発明の第 9 の実施の形態に含まれる音声存在確率計算部を示すブロック図。

【図 36】関連技術例の構成を示すブロック図。

【図 37】関連技術例の構成に含まれる多重乗算部の構成を示すブロック図。

【図 38】関連技術例の構成に含まれる重み付き劣化音声計算部の構成を示すブロック図。

【図 39】図 38 に含まれる周波数別 S N R 計算部の構成を示すブロック図。

30

【図 40】図 38 に含まれる多重非線形処理部の構成を示すブロック図。

【図 41】非線形処理部における非線形関数の一例を示す図。

【図 42】関連技術例の構成に含まれる推定雑音計算部の構成を示すブロック図。

【図 43】図 42 に含まれる周波数別推定雑音計算部の構成を示すブロック図。

【図 44】図 43 に含まれる更新判定部の構成を示すブロック図。

【図 45】関連技術例の構成に含まれる推定先天的 S N R 計算部の構成を示すブロック図。

【図 46】図 45 に含まれる多重値域限定処理部の構成を示すブロック図。

【図 47】図 45 に含まれる多重重みつき加算部の構成を示すブロック図。

【図 48】図 47 に含まれる重みつき加算部の構成を示すブロック図。

40

【図 49】関連技術例の構成に含まれる雑音抑圧係数生成部の構成を示すブロック図。

【図 50】関連技術例の構成に含まれる抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

【図 51】図 50 に含まれる周波数別抑圧係数補正部の構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0064】

図 1 は本発明の実施の形態を示すブロック図である。図 1 と関連技術例である図 36 とは、強調音声振幅スペクトル補正部 18 を除いて同一である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0065】

強調音声振幅スペクトル補正部 18 には、フーリエ変換部 3 から劣化音声振幅スペクト

50

ル、推定雑音計算部 5 から推定雑音パワースペクトル、多重乗算部 16 から強調音声振幅スペクトル、そして抑圧係数補正部 15 から補正抑圧係数がそれぞれ供給されている。強調音声振幅スペクトル補正部 18 は、これらの劣化音声振幅スペクトル、推定雑音パワースペクトル、強調音声振幅スペクトル、補正抑圧係数を用いて強調音声振幅スペクトルを補正し、逆フーリエ変換部 9 へ伝達する。強調音声振幅スペクトル補正部 18 の構成と動作の詳細な説明は、図 2 を参照しながら行う。

【 0 0 6 6 】

図 2 は強調音声振幅スペクトル補正部 18 の構成を示すブロック図である。強調音声振幅スペクトル補正部 18 は、多重乗算部 170、173、音声存在確率計算部 171、後抑圧係数計算部 182 を有する。多重乗算部 170 は、図 1 の多重乗算部 16 から供給される強調音声振幅スペクトルを用いて、強調音声パワースペクトルを計算し、音声存在確率計算部 171 へ伝達する。音声存在確率計算部 171 は、多重乗算部 170 及び図 1 の推定雑音計算部 5 から供給される強調音声パワースペクトル及び推定雑音パワースペクトルを用いて、音声存在確率を計算し、後抑圧係数計算部 182 に伝達する。音声存在確率計算部に供給されている強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルは、共に劣化音声振幅スペクトルから計算されている。従って、音声存在確率は、本質的には劣化音声パワースペクトルを基に計算されていると言える。

【 0 0 6 7 】

後抑圧係数計算部 182 は、音声存在確率計算部 171 から供給された音声存在確率と、図 1 の抑圧係数補正部 15 から供給された補正抑圧係数と、図 1 の推定雑音計算部 5 から供給された推定雑音と、図 1 の抑圧係数補正部 15 から供給された補正抑圧係数を用いて、後抑圧係数を計算し、多重乗算部 173 に伝達する。多重乗算部 173 は、図 1 のフーリエ変換部から供給された劣化音声振幅スペクトルを、後抑圧係数計算部 172 から供給された後抑圧係数で重みづけすることによって補正強調音声振幅スペクトルを求め、図 1 の逆フーリエ変換部 9 に伝達する。多重乗算部 170、173 の構成は、図 37 を用いて説明した多重乗算部 13 に等しいので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 8 】

音声存在確率計算部 171 及び後抑圧係数計算部 182 の構成と動作の詳細な説明は、図 3 及び図 5 を参照しながら行う。

【 0 0 6 9 】

図 3 は音声存在確率計算部 171 の構成を示すブロック図である。音声存在確率計算部 171 は、分離部 1700、1708、平均値計算部 1701、1709、対数計算部 1702、1710、乗算部 1703、1711、平滑化係数記憶部 1704、1706、平滑化部 1705、1707、関数値計算部 1712、1713、平均指標計算部 1714、瞬時指標計算部 1715、加算部 1716 を有する。

【 0 0 7 0 】

分離部 1700 は、図 2 の多重乗算部 170 から供給される強調音声パワースペクトルを周波数別強調音声パワースペクトルに分離し、平均値計算部 1701 へ出力する。平均値計算部 1701 は、強調音声パワースペクトル $|X_n(k)|^2$ への $k = 0$ から $K - 1$ に対する総和を K で除算し、計算結果を対数計算部 1702 へ伝達する。対数計算部 1702 は、平均値計算部 1701 から入力された平均値の対数を計算し、乗算器 1703 へ伝達する。乗算器 1703 は、供給された対数値を定数倍して、強調音声パワー PE_n を求め、平滑化部 1705、1707 へ供給する。すなわち、第 n フレームの強調音声パワー PE_n は、

$$PE_n = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} |\bar{X}_n(k)|^2 \right) \quad (15)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

で与えられる。

【 0 0 7 2 】

一方、分離部 1 7 0 8 は、図 1 の雑音推定計算部 5 から供給された推定雑音パワースペクトルを周波数別推定雑音パワースペクトルに分離し、平均値計算部 1 7 0 9 へ出力する。平均値計算部 1 7 0 9 は、周波数別推定雑音パワースペクトル $\lambda_n(k)$ の $k = 0$ から $K - 1$ に対する総和を K で除算し、計算結果を対数計算部 1 7 1 0 へ伝達する。対数計算部 1 7 1 0 は、平均値計算部 1 7 0 9 から供給された平均値の対数を計算し、乗算器 1 7 1 1 へ伝達する。乗算器 1 7 1 1 は、供給された対数値を定数倍して、推定雑音パワー PN_n を求め、関数値計算部 1 7 1 2、1 7 1 3 へ供給する。すなわち、第 n フレームの推定雑音パワー PN_n は、

10

$$PN_n = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \lambda_n(k) \right) \quad (16)$$

【 0 0 7 3 】

で与えられる。

【 0 0 7 4 】

入力信号に音声かどの程度含まれているかを表す指標は、推定雑音パワー PN_n と強調音声パワー PE_n の相対関係をもとに計算される。強調音声パワー PE_n が推定雑音パワー PN_n よりも大きければ、指標は音声の存在確率が高いことを示す。一般的に、推定雑音パワー PN_n と強調音声パワー PE_n は非定常信号であるため、音声区間において推定雑音パワー PN_n が強調音声パワー PE_n よりも大きくなる場合が発生する。逆に、雑音区間でも推定雑音パワー PN_n が強調音声パワー PE_n よりも大きくなることがある。従って、それぞれのパワーを補正せずに指標計算に用いると、誤った音声存在確率が得られる可能性がある。このため、音声存在確率計算の精度を向上するには、推定雑音パワー PN_n と強調音声パワー PE_n を適切に補正することが望ましい。また、複数の補正方法を導入し、複数の指標をもとに音声存在確率を計算すれば、精度は更に向上する。

20

【 0 0 7 5 】

本実施例では、強調音声パワー PE_n は平滑化部 1 7 1 5 と 1 7 1 6 において平滑化処理を用いて、推定雑音パワー PN_n は関数値計算部 1 7 1 2 と 1 7 1 3 において適切な関数を用いて、指標計算に適した値に補正される。指標としては、分析区間長がそれぞれ異なる瞬時指標と平均指標の二種類が計算される。

30

【 0 0 7 6 】

平滑化部 1 7 0 5 は、平滑化係数記憶部 1 7 0 4 から供給された平滑化係数を用いて、乗算器 1 7 0 3 から供給された強調音声パワー PE_n を時間方向に平滑化し、第一の平滑強調音声パワーを瞬時指標計算部 1 7 1 5 へ供給する。平滑化部 1 7 0 7 も同様に、平滑化係数記憶部 1 7 0 6 から供給された平滑化係数を用いて、乗算器 1 7 0 3 から供給された強調音声パワー PE_n を時間方向に平滑化し、第二の平滑強調音声パワーを平均指標計算部 1 7 1 4 へ供給する。基本的に、平滑化係数記憶部 1 7 0 4 に記憶されている係数の方が、平滑化係数記憶部 1 7 0 6 の係数よりも小さくなるように設定される。これは、平滑化係数の値が小さい程、平滑化部の時間方向平滑化効果が小さくなり、瞬時指標の計算に適しているためである。

40

【 0 0 7 7 】

関数値計算部 1 7 1 3 は、乗算器 1 7 1 1 から供給された推定雑音パワー PN_n から第一の関数値を計算し、瞬時指標計算部 1 7 1 5 へ供給する。関数値計算部 1 7 1 2 も同様に、乗算器 1 7 1 1 から供給された推定雑音パワー PN_n から第二の関数値を計算し、平均指標計算部 1 7 1 4 へ供給する。関数値の計算には、ダイナミックレンジの圧縮や拡大を行うために線形又は非線形関数や、分散を低減するために平滑化が用いられる。ダイナ

50

ミックレンジの圧縮や拡大、分散の低減により、推定雑音パワー PN_n の非定常性に起因する指標計算の精度劣化を低減できる。また、演算量を低減するために、関数値計算を省略し、推定雑音パワー PN_n をそのまま指標計算に利用することも可能である。関数値計算部 1712 と 1713 では、例えば次のような関数が利用される。

$$PN_n^{\hat{}} = a_{fc} PN_n + b_{fc} \quad (17)$$

【0078】

但し、 PN_n ハットは関数値、 a_{fc} と b_{fc} は実数である。

10

【0079】

瞬時指標計算部 1715 は、平滑化部 1705 から供給された第一の平滑強調音声パワーと、関数値計算部 1713 から供給された第一の関数値を用いて、瞬時指標を計算し、加算部 1716 へ供給する。平均指標計算部 1714 は、平滑化部 1707 から供給された第二の平滑強調音声パワーと、関数値計算部 1712 から供給された第二の関数値を用いて、平均指標を計算し、加算部 1716 へ供給する。指標の計算には、強調音声パワー PE_n と推定雑音パワー PN_n の比を計算し、その比に応じて数値を大きくする方法が利用される。具体例としては、次のような計算方法が挙げられる。

20

$$IDX_n = \begin{cases} a_{idx}, & \frac{PE_n}{PN_n} \leq \theta_{idx} \\ b_{idx}, & \frac{PE_n}{PN_n} > \theta_{idx} \end{cases} \quad (18)$$

【0080】

但し、 IDX_n は指標、 PE_n は平滑強調音声パワー、 PN_n ハットは関数値である。また、 idx 、 a_{idx} と b_{idx} は実数で、 a_{idx} は b_{idx} 以上の値を有する。

【0081】

比を計算するとき分母に定数を加えると、分母の値が定数よりも小さくならないので、比を計算する際に発散を防止できる。この他にも、強調音声パワー PE_n と推定雑音パワー PN_n の差や、差を強調音声パワー PE_n で正規化した値を用いて計算することもできるが、詳細は省略する。

30

【0082】

加算部 1716 は、平均指標計算部 1714 及び瞬時指標計算部 1715 から供給された平均指標及び瞬時指標の和を計算し、音声存在確率として図 2 の後抑圧係数計算部 172 へ伝達する。音声存在確率の計算には、加算以外にも、重みつき加算や乗算を用いることが可能である。音声存在確率の精度を改善するために、分析区間が異なる 3 種類以上の指標を計算しても良い。また、1 種類の指標だけを利用し、計算を簡略化することも可能である。

40

【0083】

平滑化部 1705 の構成と動作の詳細な説明は、図 4 を用いて行う。

【0084】

図 4 は、図 3 の平滑化部 1705 の構成を示すブロック図である。平滑化部 1705 は、定数乗算器 1741、乗算器 1743、1744、加算器 1742、1745、遅延器 1746 を有する。図 3 の乗算器 1703 から強調音声パワー PE_n が、図 3 の平滑化係数記憶部 1704 から平滑化係数が、それぞれ入力として供給される。値を有する平滑化係数は、定数乗算器 1741 と乗算器 1744 に伝達される。定数乗算器 1741 は、入力信号を -1 倍して - とし、これを加算器 1742 に伝達する。加算器 1742 のもう一方の入力としては 1 が供給されており、加算器 1742 の出力は両者の和である 1 -

50

となる。1 - は乗算器 1743 に供給されて、もう一方の入力である強調音声パワー PE_n と乗算され、積である $(1 -)PE_n$ が加算器 1745 に伝達される。

【0085】

一方、乗算器 1744 では、平滑化係数として供給された と遅延器 1746 から供給された 1 フレーム前の平滑化強調音声パワー PE_{n-1} バーが乗算され、積である PE_{n-1} バーが加算器 1745 に伝達される。加算器 1745 は、 $(1 -)PE_n$ と PE_{n-1} バーの和を遅延器 1746 と図 3 の瞬時指標計算部 1715 に、平滑化強調音声パワー PE_n バーとして、出力する。以上の計算は、式 (19) によって表すことができる。

$$\overline{PE_n} = \delta \overline{PE_{n-1}} + (1 - \delta) PE_n \quad (19)$$

【0086】

平滑化部 1707 の構成は、平滑化部 1705 と同じである。但し、平滑化部 1707 は、平滑化係数記憶部 1706 から供給される平滑化係数を用いて、平滑化強調音声パワーを計算する。また、平滑化部 1705 と 1707 では、式 (19) の他に、移動平均を利用することも可能である。

【0087】

図 5 は、図 2 の後抑圧係数計算部 182 の構成を示すブロック図である。後抑圧係数計算部 182 は、分離部 1722、周波数別後抑圧係数計算部 $1821_0 \sim 1821_{K-1}$ 、多重化部 1723 を有する。分離部 1722 は、図 1 の抑圧係数補正部 5 から供給された補正抑圧係数を周波数別補正抑圧係数に分離し、周波数別後抑圧係数計算部 $1821_0 \sim 1821_{K-1}$ に伝達する。周波数別後抑圧係数計算部 $1821_0 \sim 1821_{K-1}$ は、図 2 の音声存在確率計算部 171、図 1 の多重乗算部 16 及び推定雑音計算部 5 からそれぞれ供給される音声存在確率、強調音声振幅スペクトル、推定雑音パワースペクトル、及び分離部 1722 から供給される周波数別補正抑圧係数を用いて、周波数別後抑圧係数を計算し、多重化部 1723 に伝達する。

【0088】

周波数別後抑圧係数計算部 $1821_0 \sim 1821_{K-1}$ の構成と動作の詳細な説明は、図 6 を参照しながら行う。

【0089】

図 6 は、図 5 の周波数別後抑圧係数計算部 $1821_0 \sim 1821_{K-1}$ の構成を示すブロック図である。周波数別後抑圧係数計算部 1821 は、有音部用係数記憶部 1831、無音部用係数計算部 1832、係数計算部 1833、乗算器 1834 を有する。周波数別後抑圧係数計算部 1821 は、音声存在確率に応じて、周波数別後抑圧係数を計算する。音声存在確率が低ければ、無音部用係数の寄与率が高い係数を用いて、周波数別後抑圧係数の値を小さくする。このため、雑音区間での残留雑音を更に低減できる。逆に、音声存在確率が高い場合には、有音部用係数の寄与率が高い係数を用いて、周波数別後抑圧係数が周波数別補正抑圧係数と同等の値になるように補正する。また、周波数別後抑圧係数が周波数別補正抑圧係数よりも少し大きくなるように補正しても良い。以上から、音声存在確率が高い場合には、音声の過剰抑圧を防止できる。本実施例では、係数は各周波数毎に計算しているが、全帯域で共通の係数を求め、その係数を周波数別補正抑圧係数に適用すれば、係数の計算に必要な演算量を低減できる。

【0090】

係数計算部 1833 は、有音部用係数記憶部 1831 と無音部用係数計算部 1832 からそれぞれ出力される有音部用係数と無音部用係数、及び図 2 の音声存在確率計算部 171 から供給される音声存在確率をもとに、係数を計算する。

【0091】

音声存在確率を p 、有音部用係数を FV 、無音部用係数を FU とした場合に、係数計算

10

20

30

40

50

部 1 8 3 3 から出力される係数 F は、式 (2 0) で与えられる。

$$F = pFV + (1 - p)FU \quad (20)$$

【 0 0 9 2 】

係数の計算では、音声存在確率が大きければ、係数計算部 1 8 3 3 の出力値に対する有音部用係数の寄与率を大きくする。式 (2 0) の計算方法では、音声存在確率をそのまま寄与率として利用している。

【 0 0 9 3 】

また、式 (2 1) に示すように、適当な関数 F_{SFC} 、 G_{SFC} を用いて有音部用と無音部用の係数を補正してから、音声存在確率を寄与率として利用することも可能である。

$$F = pF_{SFC}(FV) + (1 - p)G_{SFC}(FU) \quad (21)$$

【 0 0 9 4 】

この他にも、音声存在確率が予め定められた値以上の場合は、有音部用係数を係数計算部 1 8 3 3 から出力することもできる。そして、乗算器 1 8 3 4 は、図 5 の分離部 1 7 2 2 から供給される周波数別補正抑圧係数と、係数計算部 1 8 3 3 から供給される係数の積を計算し、周波数別後抑圧係数として図 5 の多重化部 1 7 2 3 に伝達する。

【 0 0 9 5 】

無音部用係数計算部 1 8 3 2 は、図 2 の音声存在確率計算部 1 7 1、図 1 の多重乗算部 1 6 及び推定雑音計算部 1 からそれぞれ供給される音声存在確率、強調音声振幅スペクトル、推定雑音パワースペクトルを用いて、無音部用係数を求め、係数計算部 1 8 3 3 へ供給する。雑音区間の残留雑音を低減するため、有音部用係数よりも小さな値を出力するように無音部用係数計算部 1 8 3 2 を設計する。

【 0 0 9 6 】

無音部用係数計算部 1 8 3 2 の構成と動作の詳細な説明は、図 7 を用いて行う。

【 0 0 9 7 】

図 7 は、図 6 の無音部用係数計算部 1 8 3 2 の構成を示すブロック図である。無音部用係数計算部 1 8 3 2 は、分離部 1 8 5 0、1 8 5 5、平均値計算部 1 8 5 1、1 8 5 6、音声パワー混合部 1 8 5 2、平滑化部 1 8 5 3、平滑化係数記憶部 1 8 5 4、平滑信号記憶部 1 8 5 8、除算部 1 8 5 7、1 8 6 2、対数計算部 1 8 5 9、定数乗算部 1 8 6 0、係数計算部 1 8 6 1、指数計算部 1 8 6 3 を有する。

【 0 0 9 8 】

分離部 1 8 5 0 は、図 1 の多重乗算部 1 6 から供給される強調音声パワースペクトルを周波数別強調音声パワースペクトルに分離し、平均値計算部 1 8 5 1 へ伝達する。平均値計算部 1 8 5 1 は、周波数別強調音声パワースペクトル $|X_n(k)|^2$ バーの $k = 0$ から $K - 1$ に対する総和を K で除算し、強調音声パワーとして音声パワー混合部 1 8 5 2 へ伝達する。音声パワー混合部 1 8 5 2 は、平均値計算部 1 8 5 1 から供給される強調音声パワーと、平滑信号記憶部 1 8 5 8 から供給される 1 フレーム前の平滑強調音声パワーを、図 2 の音声存在確率計算部 1 7 1 から供給される音声存在確率に応じて混合し、混合した信号を平滑化部 1 8 5 3 へ伝達する。混合の際、音声存在確率が高ければ、平均電力計算部 1 8 5 1 から供給される強調音声平均パワーの比率を高くし、低ければ、平滑信号記憶部 1 8 5 8 から供給される平滑強調音声パワーの比率を高くする。

【 0 0 9 9 】

平滑化部 1 8 5 3 は、平滑化係数記憶部 1 8 5 4 から供給される平滑化係数に応じて、音声パワー混合部 1 8 5 2 から供給された混合信号を平滑化し、平滑強調音声パワーとして平滑信号記憶部 1 8 5 8 と除算部 1 8 5 7 に伝達する。音声パワー混合部の機能から明

10

20

30

40

50

らかなように、音声存在確率が低い区間では、平滑化部 1853 は、1 フレーム前の平滑強調音声パワーが多く含まれた信号を用いて、平滑強調音声パワーを計算する。従って、平滑強調音声パワーは殆ど更新されない。このため、平滑部 1853 からは、雑音区間においても、音声区間で計算された強調音声パワーが常に出力される。一方、音声存在確率が高い区間では、平滑化部 1853 は、強調音声平均パワーが多く含まれた信号を用いて、平滑強調音声パワーを計算する。

【0100】

音声パワー混合部 1852 で利用されている音声存在確率は、図 2 の音声存在確率計算部 171 から供給されており、強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルを基に計算されている。無音部用係数計算部 1832 にも、強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルが入力されているので、音声パワー混合部 1852 で利用する音声存在確率を無音部用係数計算部 1832 の内部でも計算することが可能である。

10

【0101】

また、図 2 の音声存在確率計算部 171 の場合と同様に、強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルは、劣化音声振幅スペクトルをもとに計算されているので、音声パワー混合部 1852 で利用されている音声存在確率は、本質的には劣化音声振幅スペクトルから求められているといえる。

【0102】

一方、分離部 1855 は、図 1 の推定雑音計算部 5 から供給された推定雑音パワースペクトルを周波数別推定雑音パワースペクトルに分離し、平均値計算部 1856 へ出力する。平均値計算部 1856 は、周波数別推定雑音パワースペクトル $p_n(k)$ の $k=0$ から $K-1$ に対する総和を K で除算し、計算結果を推定雑音平均パワーとして除算部 1857 へ伝達する。除算部 1857 は、平滑化部 1853 から供給される強調音声平均パワーを、平均値計算部 1856 から供給される推定雑音平均パワーで除算し、除算結果を対数計算部 1859 へ伝達する。対数計算部 1859 は、除算部 1857 から供給された除算結果の対数を計算し、対数値を定数乗算部 1860 へ伝達する。

20

【0103】

この定数乗算部 1860 は、対数計算部 1859 から供給された対数値を定数倍して、演算結果を係数計算部 1861 に伝達する。係数計算部 1861 は、定数乗算部 1860 の出力から係数を求め、除算部 1862 へ伝達する。除算部 1862 のもう一方の入力としては 10 が供給されているので、除算部 1862 は、係数計算部 1861 から供給された係数を 10 で除算し、除算結果を指数計算部 1863 へ伝達する。指数計算部 1863 は、除算部 1862 の出力の指数を計算し、演算結果を無音部用係数として図 6 の係数計算部 1833 へ伝達する。

30

【0104】

除算部 1857 の演算結果は、強調音声平均パワーと推定雑音パワーの比、すなわち SNR に相当する。従って、係数計算部 1861 は、SNR をもとに無音部の抑圧度を計算していることになる。SNR を計算する目的は、音声存在確率計算部 171 で求めた音声存在確率の信頼度を、係数の計算に反映することである。SNR が高い場合、すなわち音声存在確率の信頼度が高い場合には、音声を誤って抑圧する可能性が小さいので、係数を小さくし、抑圧度を増加させる。一方、音声存在確率の信頼度が低い場合には、音声を誤って抑圧することを防ぐため、係数を大きくし、抑圧度を減少させる。SNR から係数を求めることが重要なので、計算を簡略化するために、対数計算部 1859 と指数計算部 1863 のどちらか一方、もしくは両方を省略することが可能である。

40

【0105】

また、予め適切に設定した定数を推定雑音平均パワーに加算してから除算を行えば、除算結果の発散を防ぐことができる。除算ではなく、除算の近似演算を利用しても、発散を防止できる。

【0106】

本実施例では、強調音声平均パワーと推定雑音パワーを計算する際に、全帯域のパワー

50

スペクトルの平均値を用いたが、適当な帯域幅を持ったサブバンド毎に計算したパワースペクトルの平均値を用いる方法も有効である。各帯域毎に平均値を計算するので、全帯域の平均値を用いた場合よりも、各帯域で正確なSNRを計算することが可能になる。

【0107】

図8に、図7の係数計算部1861で係数を計算する際に用いる非線形関数の例を示す。 f_{cm} を入力値としたとき、図8に示される非線形関数の出力値 g_{cm} は、式(22)で与えられる。

$$g_{cm} = \begin{cases} d_{cm}, & f_{cm} \leq a_{cm} \\ \frac{(d_{cm} - c_{cm})f_{cm} + a_{cm}c_{cm} - b_{cm}d_{cm}}{a_{cm} - b_{cm}}, & a_{cm} < f_{cm} \leq b_{cm} \\ c_{cm}, & b_{cm} < f_{cm} \end{cases} \quad (22)$$

【0108】

但し、 a_{cm} 、 b_{cm} 、 c_{cm} 、 d_{cm} は正の実数である。

【0109】

f_{cm} が大きくなれば g_{cm} が小さくなるのが、式(22)の非線形関数に求められる条件である。式(22)の他にも、この条件を満たすような線形関数や高次多項式、重みつき加算を含む任意の関数を用いることができる。

【0110】

図9は本発明の第2の実施の形態を示すブロック図である。図9と第1の実施例である図1とは、強調音声振幅スペクトル補正部28を除いて同一である。強調音声振幅スペクトル補正部28の構成と動作の詳細な説明は、図10を参照しながら行う。

【0111】

図10は強調音声振幅スペクトル補正部28の構成を示すブロック図である。図2に示した強調音声振幅スペクトル補正部18とは、後抑圧係数計算部182が後抑圧係数計算部282に置換されていることを除いて同一である。後抑圧係数計算部282の構成と動作の詳細な説明は、図11を参照しながら行う。

【0112】

図11は後抑圧係数計算部282の構成を示すブロック図である。図5に示した後抑圧係数計算部182とは、周波数別後抑圧係数計算部1821₀～1821_{K-1}が周波数別後抑圧係数計算部2821₀～2821_{K-1}に置換されていることを除いて同一である。周波数別後抑圧係数計算部2821₀～2821_{K-1}の構成と動作の詳細な説明は、図12を参照しながら行う。

【0113】

図12は、図11の周波数別後抑圧係数計算部2821₀～2821_{K-1}の構成を示すブロック図である。図6に示した周波数別後抑圧係数計算部1821とは、有音部用係数記憶部1831が有音部用係数計算部2831に置換されていることを除いて同一である。無音部用係数だけでなく、有音部用係数も計算するので、図6の周波数別後抑圧係数計算部よりも有音部で高音質を達成できる。

【0114】

有音部用係数計算部2831は、図9の多重乗算部16及び推定雑音計算部5からそれぞれ供給される強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルを用いて、有音部用係数を求め、係数計算部1833へ供給する。推定雑音パワーが強調音声パワーよりも大きい場合、又は両パワーの大きさが同等の場合には、有音部用係数計算部2831は、推定雑音と強調音声のパワー比に応じて、1.0以上の値を出力する。これは、補正抑圧係数が適切な値よりも小さくなっている可能性があるため、音声区間で過剰抑圧となるこ

10

20

30

40

50

とを防ぐために行う。一方、推定雑音が強調音声よりも小さい場合には、音声区間で過剰抑圧が発生する可能性は低い。そこで、推定雑音と強調音声のパワー比とは無関係に、1.0以上の適切な定数値を出力する。

【0115】

図13は本発明の第3の実施の形態を示すブロック図である。図13と第1の実施例である図1とは、強調音声振幅スペクトル補正部17を除いて同一である。後述するように、強調音声振幅スペクトル補正部17と18の違いは、後抑圧係数の計算を行う際に、強調音声振幅スペクトル補正部17が推定雑音パワースペクトルと強調音声パワースペクトルを利用しないところである。強調音声振幅スペクトル補正部17の構成と動作の詳細な説明は、図14を参照しながら行う。

10

【0116】

図14は強調音声振幅スペクトル補正部17の構成を示すブロック図である。図2に示した強調音声振幅スペクトル補正部18とは、後抑圧係数計算部182が後抑圧係数計算部172に置換されていることを除いて同一である。以下、この相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0117】

後抑圧係数計算部172は、音声存在確率計算部171から供給された音声存在確率と、図13の抑圧係数補正部15から供給された補正抑圧係数を用いて、後抑圧係数を計算し、多重乗算部173に伝達する。後抑圧係数計算部172の構成と動作の詳細な説明は、図15を用いて行う。

20

【0118】

図15は後抑圧係数計算部172の構成を示すブロック図である。図5に示した後抑圧係数計算部182とは、周波数別後抑圧係数計算部1821₀~1821_{K-1}が周波数別後抑圧係数計算部1721₀~1721_{K-1}に置換されていることを除いて同一である。以下、この相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0119】

周波数別後抑圧係数計算部1721₀~1721_{K-1}は、分離部1722から供給される周波数別補正抑圧係数と、図14の音声存在確率計算部171から供給される音声存在確率を用いて、周波数別後抑圧係数を計算し、多重化部1723に伝達する。周波数別後抑圧係数計算部1721₀~1721_{K-1}の構成と動作の詳細な説明は、図16を用いて行う。

30

【0120】

図16は、図15の周波数別後抑圧係数計算部1721₀~1721_{K-1}の構成を示すブロック図である。周波数別後抑圧係数計算部1721は、有音部用下限値記憶部1691、無音部用下限値記憶部1692、下限値計算部1693、最大値選択部1694を有する。下限値計算部1693は、有音部用下限値記憶部1691から供給される有音部用下限値と、無音部用下限値記憶部1692から供給される無音部用下限値をもとに、図14の音声存在確率計算部171から供給される音声存在確率に応じた下限値を計算し、最大値選択部1694へ伝達する。音声歪みを防止するため、有音部用下限値には、無音部用下限値よりも大きな値が設定される。下限値の計算では、音声存在確率が大きければ、下限値計算部1693の出力値に対する有音部用下限値の寄与率を大きくする。寄与率の設定には、式(20)や式(21)に示される方法を同様に用いることが可能である。

40

【0121】

最大値選択部1694は、図15の分離部1722から供給される周波数別補正抑圧係数と、下限値計算部1693から供給される下限値とを比較し、大きい方の値を図15の多重化部1723へ伝達する。値が同じ場合まで考慮すると、後抑圧係数は下限値計算部1693が供給する下限値以上の値になる。従って、抑圧係数は音声存在確率に応じて設定された下限値以上の値になる。音声存在確率が高ければ、下限値は大きくなるので、音声区間において過剰抑圧がもたらず音声歪みを防止できる。一方、音声存在確率が低ければ、下限値は小さくなるので、雑音区間において十分な抑圧度を得ることができる。

50

【 0 1 2 2 】

図 1 7 は本発明の第 4 の実施の形態を示すブロック図である。図 1 7 と第一の実施例である図 1 とは、強調音声振幅スペクトル補正部 2 9 を除いて同一である。強調音声振幅スペクトル補正部 2 9 の構成と動作の詳細な説明は、図 1 8 を参照しながら行う。

【 0 1 2 3 】

図 1 8 は強調音声振幅スペクトル補正部 2 9 の構成を示すブロック図である。図 2 に示した強調音声振幅スペクトル補正部 1 8 とは、後抑圧係数計算部 1 8 2 が後抑圧係数計算部 2 9 2 に置換されていることを除いて同一である。後抑圧係数計算部 2 9 2 の構成と動作の詳細な説明は、図 1 9 を参照しながら行う。

【 0 1 2 4 】

図 1 9 は後抑圧係数計算部 2 9 2 の構成を示すブロック図である。図 5 に示した後抑圧係数計算部 1 8 2 とは、周波数別後抑圧係数計算部 $1 8 2 1_0 \sim 1 8 2 1_{K-1}$ が周波数別後抑圧係数計算部 $2 9 2 1_0 \sim 2 9 2 1_{K-1}$ に置換されていることを除いて同一である。周波数別後抑圧係数計算部 $2 9 2 1_0 \sim 2 9 2 1_{K-1}$ の構成と動作の詳細な説明は、図 2 0 を参照しながら行う。

【 0 1 2 5 】

図 2 0 は、図 1 9 の周波数別後抑圧係数計算部 $2 9 2 1_0 \sim 2 9 2 1_{K-1}$ の構成を示すブロック図である。図 1 6 に示した周波数別後抑圧係数計算部 1 7 2 1 とは、有音部用下限値記憶部 1 6 9 1 が有音部用下限値計算部 2 6 9 1 に置換されていること、無音部用下限値記憶部 1 6 9 2 が無音部用下限値計算部 2 6 9 2 を除いて同一である。強調音声パ
ワースペクトルと推定雑音パワースペクトルを基に、有音部用及び無音部用下限値を計算
するので、図 1 6 の周波数別後抑圧係数計算部よりも、無音部で残留雑音を、有音部で音
声歪みを低減できる。

【 0 1 2 6 】

有音部用下限値計算部 2 6 9 1 と無音部用下限値計算部 2 6 9 2 は、図 1 7 の多重乗算部 1 6 及び推定雑音計算部 1 からそれぞれ供給される強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルを用いて、有音部用下限値と無音部用下限値をそれぞれ求め、下限値計算部 1 6 9 3 へ供給する。有音部用下限値計算部 2 6 9 1 と無音部用下限値計算部 2 6 9 2 は、推定雑音と強調音声のパワー比に応じて、それぞれの下限値を計算し、下限値計算部 1 6 9 3 へ伝達する。基本的には、推定雑音パワーが強調音声パワーよりも大きくなる、すなわち S N R が低くなれば、音声歪みを防止する目的で有音部用下限値を大きくする。

【 0 1 2 7 】

無音部での残留雑音量を小さく、有音部での過剰抑圧を防止するために、無音部用下限値を有音部用下限値以下の値にする。但し、S N R が低い場合には、有音部用下限値と無音部用下限値の差が大きくなりすぎないように制御する。下限値の差が大きすぎると、有音部と無音部の残留雑音量の差が大きくなり、結果的に音声区間で音声ひずみが発生しているように知覚されてしまう。逆に、S N R が高ければ、有音部の残留雑音は、音声成分にマスクされて知覚されにくくなる。従って、S N R が低いときのように、有音部と無音部の残留雑音量の差は、音声区間での音声ひずみ要因に殆どならない。

【 0 1 2 8 】

そこで、S N R が高い場合には、無音部用下限値と有音部用下限値の差を大きくして、無音部での残留雑音を十分に低減する。以上より、無音部用下限値は、有音部用下限値に依存した値に設定される。従って、基本的には、有音部下限値の場合と同様に、S N R が低くなれば、無音部用下限値も大きくする。推定雑音パワースペクトルと強調音声パワースペクトルの大きさを比較する場合は、それぞれの平均値や、図 1 1 の無音部用係数計算で用いられている除算部 1 8 5 7 の出力信号を用いることが好ましい。

【 0 1 2 9 】

図 2 1 は本発明の第 5 の実施の形態を示すブロック図である。図 2 1 と関連技術例のブロック図である図 3 6 とは、推定先天的 S N R 計算部 7 及び抑圧係数補正部 1 5 が、推定

10

20

30

40

50

先天的 S N R 計算部 7 1 及び抑圧係数補正部 1 9 にそれぞれ置換されていることを除いて同一である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【 0 1 3 0 】

推定先天的 S N R 計算部 7 1 には、多重乗算部 1 3 から劣化音声パワースペクトル、推定雑音計算部 5 から推定雑音パワースペクトル、周波数別 S N R 計算部 6 から後天的 S N R、抑圧係数補正部 1 9 から補正抑圧係数が供給される。推定先天的 S N R 計算部 7 1 は、劣化音声パワースペクトル、推定雑音パワースペクトル、後天的 S N R 及び補正抑圧係数を用いて、推定先天的 S N R と音声存在確率を求める。そして、音声存在確率を抑圧係数補正部 1 9 に、推定先天的 S N R を雑音抑圧係数生成部 8 と抑圧係数補正部 1 9 に伝達する。抑圧係数補正部 1 9 は、推定先天的 S N R 計算部 7 1 から供給される推定先天的 S N R と音声存在確率を用いて、雑音抑圧係数生成部 8 から供給される抑圧係数を補正し、補正抑圧係数として多重乗算部 1 6 と推定先天的 S N R 計算部 7 1 へ伝達する。

10

【 0 1 3 1 】

抑圧係数補正部 1 9 及び推定先天的 S N R 計算部 7 1 の構成と動作の詳細な説明は、図 2 2 及び図 2 3 を参照しながら行う。

【 0 1 3 2 】

図 2 2 は推定先天的 S N R 計算部 7 1 の構成を示すブロック図である。図 2 2 と関連技術例のブロック図である図 4 5 との相違点は、推定先天的 S N R 計算部 7 1 が遅延器 7 1 1、7 1 2、多重乗算部 7 1 3、音声存在確率計算部 7 1 4 を有していることである。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

20

【 0 1 3 3 】

遅延器 7 1 2 は、図 2 1 の推定雑音計算部 5 から供給される第 n フレームの推定雑音パワースペクトル $p_n(k)$ を保存すると同時に、保存してあった第 $n - 1$ フレームの推定雑音パワースペクトル $p_{n-1}(k)$ を音声存在確率計算部 7 1 4 に供給する。遅延器 7 1 1 は、図 2 1 の多重乗算部 1 3 から供給される第 n フレームの劣化音声パワースペクトル $|Y_n(k)|^2$ を保存すると同時に、保存してあった第 $n - 1$ フレームの劣化音声パワースペクトル $|Y_{n-1}(k)|^2$ を多重乗算部 7 1 3 に供給する。多重乗算部 7 1 3 は、多重乗算部 7 0 4 から供給される $G^2_{n-1}(k)$ パーと遅延器 7 1 1 から供給される $|Y_{n-1}(k)|^2$ を $k = 0, 1, \dots, K - 1$ に対して乗算して、 $G^2_{n-1}(k) |Y_{n-1}(k)|^2$ を求め、演算結果を推定強調音声パワースペクトルとして音声存在確率計算部 7 1 4 へ伝達する。多重乗算部 7 1 3 の出力信号は、第 $n - 1$ フレームの強調音声パワースペクトルに一致するが、これを第 n フレームの強調音声パワースペクトルの推定信号として扱うために、推定強調音声パワースペクトルという名称を用いている。

30

【 0 1 3 4 】

多重乗算部 7 0 4 から供給される抑圧係数は、一フレーム前に得られたものなので、抑圧係数と劣化音声パワースペクトルのフレーム番号を合わせて強調音声パワースペクトルを計算するために、遅延器 7 1 1 が導入されている。更に、音声存在確率の計算に用いる強調音声パワースペクトルと推定雑音パワースペクトルのフレーム番号を合わせるために、遅延器 7 1 2 が導入されている。しかし、数フレームの相違が音声存在確率の計算に与える影響は小さいことから、遅延器 7 1 1 と 7 1 2 のどちらか一方、もしくは両方を省略することが可能である。

40

【 0 1 3 5 】

音声存在確率計算部 7 1 4 は、多重乗算部 7 1 3 から供給される推定強調音声パワースペクトルと、遅延器 7 1 2 から供給される推定雑音パワースペクトルを用いて音声存在確率を計算し、図 2 1 の抑圧係数補正部 1 9 へ伝達する。多重乗算部 7 1 3 の構成は、既に図 3 7 を用いて説明した多重乗算部 2 1 に等しいので、詳細な説明は省略する。また、音声存在確率計算部 7 1 4 の構成は、図 3 を用いて説明した音声存在確率計算部 1 7 1 に等しいので、詳細な説明は省略する。

【 0 1 3 6 】

50

図23は、図21の抑圧係数補正部19の構成を示すブロック図である。図50に示した抑圧係数補正部15とは、周波数別抑圧係数補正部1501₀~1501_{K-1}が周波数別抑圧係数補正部1901₀~1901_{K-1}に置換されていることを除いて同一である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0137】

周波数別抑圧係数補正部1901₀~1901_{K-1}は、分離部1502から供給される周波数別推定先天的SNRと、図21の推定先天的SNR計算部71から供給される音声存在確率を用いて、分離部1503から供給される周波数別抑圧係数を補正し、周波数別補正抑圧係数として多重化部1504へ伝達する。周波数別抑圧係数補正部1901₀~1901_{K-1}の構成と動作の詳細な説明は、図24を用いて行う。

10

【0138】

図24は、図23の周波数別抑圧係数補正部1901₀~1901_{K-1}の構成を示すブロック図である。図24では、図51の周波数別抑圧係数補正部1501における最大値選択部1591及び抑圧係数下限値記憶部1592の代わりに、有音部用下限値記憶部1921、無音部用下限値記憶部1922、下限値計算部1923、及び最大値選択部1924が具備されている。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0139】

下限値計算部1923は、有音部用下限値記憶部1921から供給される有音部用下限値と、無音部用下限値記憶部1922から供給される無音部用下限値をもとに、図21の推定先天的SNR計算部71から供給される音声存在確率に応じた下限値を計算し、最大値選択部1924へ伝達する。最大値選択部1924は、スイッチ1595又は乗算器1597の出力値と、下限値計算部1923から供給される下限値とを比較し、大きい方の値を補正抑圧係数として図23の多重化部1504へ伝達する。値が同じ場合まで考慮すると、補正抑圧係数は下限値計算部1923が供給する下限値より以上の値になる。従って、抑圧係数が音声存在確率に応じて設定された下限値以上の値になるので、音声区間において過剰抑圧がもたらす音声歪みを防止できる。下限値計算部1923の構成は、図6を用いて既に説明した下限値計算部1693に等しいので、詳細な説明は省略する。

20

【0140】

図25は本発明の第6の実施の形態を示すブロック図である。図25と関連技術例のブロック図である図36とは、推定先天的SNR計算部7及び抑圧係数補正部15が推定先天的SNR計算部72及び抑圧係数補正部20にそれぞれ置換されていることを除いて同一である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

30

【0141】

推定先天的SNR計算部72には、多重乗算部13から劣化音声パワースペクトル、推定雑音計算部5から推定雑音パワースペクトル、周波数別SNR計算部6から後天的SNR、抑圧係数補正部20から補正抑圧係数が供給される。推定先天的SNR計算部72は、劣化音声パワースペクトル、推定雑音パワースペクトル、後天的SNR及び補正抑圧係数を用いて、推定先天的SNR、音声存在確率及び推定強調音声パワースペクトルを求める。そして、抑圧係数補正部20に推定先天的SNR、音声存在確率及び推定強調音声パワースペクトルを、雑音抑圧係数生成部8に推定先天的SNRをそれぞれ伝達する。抑圧係数補正部20は、推定先天的SNR計算部72から供給される推定先天的SNR、音声存在確率及び推定強調音声パワースペクトルを用いて、雑音抑圧係数生成部8から供給される抑圧係数を補正し、補正抑圧係数として多重乗算部16と推定先天的SNR計算部72へ伝達する。推定先天的SNR計算部72及び抑圧係数補正部20の構成と動作の詳細な説明は、図26及び図27を参照しながら行う。

40

【0142】

図26は推定先天的SNR計算部72の構成を示すブロック図である。図22の推定先天的SNR計算部71とは、多重乗算部713が多重乗算部715に置換されていることを除いて同一である。多重乗算部713は音声存在確率計算部714だけに推定強調音声パワースペクトルを供給していたが、多重乗算部715は図25の抑圧係数補正部20に

50

も供給する。多重乗算部 715 の構成は、図 22 を用いて既に説明した多重乗算部 713 に等しいので、詳細な説明は省略する。

【0143】

図 27 は抑圧係数補正部 20 の構成を示すブロック図である。図 50 の抑圧係数補正部 15 とは、周波数別抑圧係数補正部 $1501_0 \sim 1501_{K-1}$ が周波数別抑圧係数補正部 $2001_0 \sim 2001_{K-1}$ に置換されていることを除いて同一である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0144】

周波数別抑圧係数補正部 $2001_0 \sim 2001_{K-1}$ には、分離部 1502 から周波数別推定先天的 SNR、図 25 の推定雑音計算部 5 から推定雑音パワースペクトル、図 25 の推定先天的 SNR 計算部 72 から音声存在確率と推定強調音声パワースペクトルがそれぞれ供給されている。周波数別推定先天的 SNR、推定雑音パワースペクトル、推定強調音声パワースペクトル及び音声存在確率を用いて、分離部 1503 から供給される周波数別抑圧係数を補正し、周波数別補正抑圧係数として多重化部 1504 へ伝達する。周波数別抑圧係数補正部 $2001_0 \sim 2001_{K-1}$ の構成と動作の詳細な説明は、図 28 を用いて行う。

【0145】

図 28 は、図 27 の周波数別抑圧係数補正部 $2001_0 \sim 2001_{K-1}$ の構成を示すブロック図である。図 28 では、図 51 の周波数別抑圧係数補正部 1501 における最大値選択部 1591 及び抑圧係数下限値記憶部 1592 の代わりに、有音部用補正係数記憶部 2011、無音部用補正係数記憶部 2012、補正係数計算部 2013、及び乗算器 2014 が具備されている。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0146】

無音部用補正係数計算部 2012 は、図 25 の推定先天的 SNR 計算部 72 から供給される音声存在確率と推定強調音声パワースペクトル、及び図 25 の推定雑音計算部 5 から供給される推定雑音パワースペクトルを用いて無音部用補正係数を計算し、補正係数計算部 2013 へ供給する。補正係数計算部 2013 は、有音部用補正係数記憶部 2011 から供給される有音部用補正係数と、無音部用補正係数計算部 2012 から供給される無音部用補正係数をもとに、図 25 の推定先天的 SNR 計算部 72 から供給される音声存在確率に応じた補正係数を計算し、乗算器 2014 へ伝達する。乗算器 2014 は、補正係数計算部 2013 から供給される補正係数と、スイッチ 1595 又は乗算器 1597 の出力値との積を計算し、補正抑圧係数として図 27 の多重化部 1504 へ伝達する。音声存在確率に応じて計算された補正係数により抑圧係数が補正されるので、雑音区間において残留雑音を更に抑圧できる。無音部用補正係数計算部 2012 の構成は、既に図 7 を用いて説明した無音部用補正係数計算部 1832 に等しいので、詳細な説明は省略する。また、補正係数計算部 2013 の構成は、図 6 を用いて既に説明した補正係数計算部 1833 に等しいので、詳細な説明は省略する。

【0147】

図 29 は本発明の第 7 の実施の形態を示すブロック図である。図 29 と第 3 の実施例である図 13 との相違点は、音声非存在確率記憶部 21 の代わりに遅延器 23 と加算器 24 が具備されていること、及び強調音声振幅スペクトル補正部 17 が強調音声振幅スペクトル補正部 22 に置換されていることである。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

【0148】

強調音声振幅スペクトル補正部 22 から出力された音声存在確率は、遅延器 23 に保存される。遅延器 23 は、一フレーム前の音声存在確率を加算器 24 へ伝達する。雑音抑圧係数が生成された後に、音声存在確率が計算されるため、雑音抑圧係数の生成に必要な音声存在確率の計算には、一フレーム前の音声存在確率を利用する。加算器 24 は、1 から音声存在確率を差し引いた値を計算し、計算結果を音声非存在確率として、雑音抑圧係数生成部へ伝達する。図 13 の第 3 の実施例では常に同じ音声非存在確率を用いて雑音

10

20

30

40

50

抑圧係数の生成を行っていたが、本実施例では強調音声振幅スペクトル補正部で計算した音声存在確率を基に音声非存在確率を計算している。このため、関連技術よりも各入力信号に適した音声非存在確率を、雑音抑圧係数の生成に用いることが可能である。強調音声振幅スペクトル補正部 22 の構成と動作の詳細な説明は、図 30 を参照しながら行う。

【0149】

図 30 は、図 29 の強調音声振幅スペクトル補正部 22 の構成を示すブロック図である。図 14 の強調音声振幅スペクトル補正部 17 とは、音声存在確率計算部 171 が音声存在確率計算部 221 に置換されていることを除いて同一である。図 14 の音声存在確率計算部 171 は、音声存在確率を後抑圧係数 172 のみに伝達しているが、図 30 の音声存在確率計算部 221 は、更に図 29 の遅延器 23 にも伝達している。

10

【0150】

図 31 は、本発明の第 8 の実施の形態を示すブロック図である。図 31 と第 7 の実施例である図 29 との相違点は、遅延器 23 の代わりに音声存在確率計算部 26 が具備されていること、及び強調音声振幅スペクトル補正部 22 が強調音声振幅スペクトル補正部 25 に置換されていることである。音声存在確率計算部 26 は、推定先天的 SNR 計算部 7 から出力された推定先天的 SNR を用いて、音声存在確率を計算し、加算器 24 と強調音声振幅スペクトル補正部 25 へ伝達する。第 7 の実施例である図 29 とは異なり、雑音抑圧係数を生成する前に音声存在確率を計算するため、雑音抑圧係数生成部 8 は、一フレーム前に計算した音声存在確率を基に導出された音声非存在確率を用いる必要が無い。このため、本実施例の雑音抑圧係数生成部 8 は、第 7 の実施例の場合よりも正確な音声非存在確率を用いることが可能である。強調音声振幅スペクトル補正部 25 と音声存在確率計算部 26 の構成と動作の詳細な説明は、図 32 及び図 33 を参照しながら行う。

20

【0151】

図 32 は、図 31 の強調音声振幅スペクトル補正部 25 の構成を示すブロック図である。図 30 の強調音声振幅スペクトル補正部 22 とは、音声存在確率計算部 221 と多重乗算部 170 が削除されていること、及び後抑圧係数計算部 172 が後抑圧係数 252 に置換されていることを除いて同一である。後抑圧係数計算部は、図 31 の音声存在確率計算部 26 から出力された音声存在確率を基に、図 31 の抑圧係数補正部 15 から出力された補正抑圧係数から後抑圧係数を計算し、多重乗算部 173 へ伝達する。音声非存在確率を強調音声振幅スペクトル補正部の外部で計算している点が、図 30 の後抑圧係数計算部 172 と図 32 の後抑圧係数計算部 252 との相違点である。

30

【0152】

図 33 は、図 31 の音声存在確率計算部 26 の構成を示すブロック図である。図 3 の音声存在確率計算部 171 とは、分離部 1708、平均値計算部 1709、対数計算部 1710、乗算器 1711、関数値計算部 1712、1713 が削除されていること、平均指標計算部が 1714 から 2614 に、瞬時指標計算部が 1715 から 2615 に置換されていること、及び分離部 1700 への入力が強調音声パワースペクトルから推定先天的 SNR に置換されていることを除いて同一である。図 3 の音声存在確率計算部 171 と図 33 の音声存在確率計算部 26 の共通点は、音声と雑音の比に応じて指標を計算している点である。音声存在確率計算部 171 は、強調音声パワーと推定雑音パワーの双方を、指標計算に適した値に補正するが、音声存在確率計算部 26 は推定先天的 SNR を補正する。このため、音声存在確率計算部 26の方が少ない演算量で実現できる。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

40

【0153】

分離部 1700 は、図 31 の推定先天的 SNR 計算部 7 から供給される推定先天的 SNR を周波数別推定先天的 SNR に分離し、平均値計算部 1701 へ出力する。平均値計算部 1701 は、周波数別推定先天的 SNR $S_n(k)$ ハットの $k = 0$ から $K - 1$ に対する総和を K で除算し、計算結果を対数計算部 1702 へ伝達する。対数計算部 1702 は、平均値計算部 1701 から入力された平均値の対数を計算し、乗算器 1703 へ伝達する。乗算器 1703 は、供給された対数値を定数倍して、フルバンド推定先天的 SNR (

50

n) を求め、平滑部 1705、1707へ供給する。すなわち、第 n フレームのフルバンド推定先天的 SNR $\bar{\xi}(n)$ は、次式で与えられる。

$$\bar{\xi}(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \xi_n^2(k) \right) \quad (23)$$

【0154】

平滑化部 1705 は、平滑化係数記憶部 1704 から供給された平滑化係数を用いて、乗算器 1703 から供給されたフルバンド推定先天的 SNR $\bar{\xi}(n)$ を時間方向に平滑化し、第一の平滑先天的 SNR として瞬時指標計算部 2615 へ供給する。平滑化部 1707 も同様に、平滑化係数記憶部 1706 から供給された平滑化係数を用いて、乗算器 1703 から供給されたフルバンド推定先天的 SNR $\bar{\xi}(n)$ を時間方向に平滑化し、第二の平滑先天的 SNR として平均指標計算部 2614 へ供給する。図 3 の音声存在確率計算部 171 を説明したときに述べたとおり、平滑化係数記憶部 1704 に記憶されている係数の方が、平滑化係数記憶部 1706 の係数よりも小さくなるように設定される。

10

【0155】

瞬時指標計算部 2615 は、平滑化部 1705 から供給された第一の平滑先天的 SNR を用いて、瞬時指標を計算し、加算部 1716 へ供給する。平均指標計算部 2614 は、平滑化部 1707 から供給された第二の平滑先天的 SNR を用いて、平均指標を計算し、加算部 1716 へ供給する。指標の計算には、平滑先天的 SNR に応じて数値を大きくする方法が利用される。具体例としては、次のような計算方法が挙げられる。

20

$$IDX2_n = \begin{cases} a_{idx2}, & \bar{\xi}(n) \leq \theta_{idx2} \\ b_{idx2}, & \bar{\xi}(n) > \theta_{idx2} \end{cases} \quad (24)$$

【0156】

但し、 $IDX2_n$ は指標、 $\bar{\xi}(n)$ は平滑先天的 SNR である。また、 a_{idx2} 、 b_{idx2} は実数で、 a_{idx2} は b_{idx2} 以上の値を有する。

30

【0157】

図 34 は、本発明の第 9 の実施の形態を示すブロック図である。図 34 と第 8 の実施例である図 31 との相違点は、音声存在確率計算部 26 が音声存在確率計算部 27 に置換されていることである。音声存在確率計算部 27 は、周波数別 SNR 計算部 6 から出力された後天的 SNR と推定先天的 SNR 計算部 7 から出力された推定先天的 SNR を用いて、音声存在確率を計算し、加算器 24 と強調音声振幅スペクトル補正部 25 へ伝達する。音声存在確率計算部 27 の構成と動作の詳細な説明は、図 35 を参照しながら行う。

【0158】

図 35 は、図 34 の音声存在確率計算部 27 の構成を示すブロック図である。図 31 の音声存在確率計算部 26 とは、分離部 1700 が 2700 に、平均値計算部 1701 が 2701 に置換されていること、更に、分離部 2703 と平均値計算部 2704、及び SNR 混合部 2705 が具備されていることを除いて同一である。図 31 の音声存在確率計算部 26 との主な相違点は、対数計算部 1702 へ入力される SNR の推定精度が改善されている点である。以下、これらの相違点を中心に詳細な動作を説明する。

40

【0159】

分離部 2700 は、図 34 の推定先天的 SNR 計算部 7 から供給される推定先天的 SNR を周波数別推定先天的 SNR に分離し、平均値計算部 2701 へ出力する。平均値計算部 2701 は、周波数別推定先天的 SNR $\xi_n(k)$ の $k = 0$ から $K - 1$ に対する

50

総和を K で除算し、計算結果を平均先天的 SNR_n バーとして SNR 混合部 2705 へ伝達する。すなわち、第 n フレームの平均先天的 SNR_n バーは、次式で与えられる。

$$\bar{\xi}_n = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \hat{\xi}_n(k) \quad (25)$$

【0160】

一方、分離部 2703 は、図 34 の周波数別 SNR 計算部 6 から供給される後天的 SNR を周波数別後天的 SNR に分離し、平均値計算部 2704 へ出力する。平均値計算部 2704 は、周波数別後天的 $SNR_n(k)$ の $k=0$ から $K-1$ に対する総和を K で除算し、計算結果を平均後天的 SNR_n バーとして SNR 混合部 2705 へ伝達する。すなわち、第 n フレームの平均後天的 SNR_n バーは、

$$\bar{\gamma}_n = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \gamma_n(k) \quad (26)$$

【0161】

で与えられる。

【0162】

SNR 混合部は、平均値計算部 2701 から供給される平均先天的 SNR_n バーと、平均値計算部 2703 から供給される平均後天的 SNR_n バーを用いて、混合 $SNR_{mix}(n)$ を計算し、対数計算部 1702 へ伝達する。混合 $SNR_{mix}(n)$ の計算には、平均先天的 SNR_n バーに応じて数値を大きくする方法が利用される。具体例としては、次のような計算方法が挙げられる。

$$\Xi_{mix}(n) = F_{mix}(\bar{\xi}_n) \bar{\xi}_n + (1 - F_{mix}(\bar{\xi}_n)) \bar{\gamma}_n \quad (27)$$

【0163】

但し、 F_{mix} は平均先天的 SNR_n バーの関数である。

【0164】

F_{mix} は、0 から 1 までの実数を出し、 SNR_n バーが大きければ、大きな値を出し、 SNR が高い場合には、平均先天的 SNR_n バーよりも推定精度が高い平均後天的 SNR_n バーを優先的に用いて混合 $SNR_{mix}(n)$ を計算する。このため、先天的 SNR と後天的 SNR の両方を用いて求めた混合 $SNR_{mix}(n)$ の推定精度は、先天的 SNR だけを用いて求めたフルバンド推定先天的 $SNR(n)$ よりも高くなる。推定精度が高い SNR を用いて音声存在確率を計算することが可能になるため、図 34 の音声存在確率計算部 27 は、図 31 の音声存在確率計算部 26 よりも高い精度を達成できる。

【0165】

これまで説明した全ての実施の形態では、雑音抑圧の方式として、最小平均 2 乗誤差短時間スペクトル振幅法を仮定してきたが、その他の方法にも適用することができる。このような方法の例として、非特許文献 2 に開示されているウィナーフィルタ法や、非特許文献 3 に開示されているスペクトル減算法などがあるが、これらの詳細な構成例については説明を省略する。

【符号の説明】

【0166】

1 フレーム分割部

10

20

30

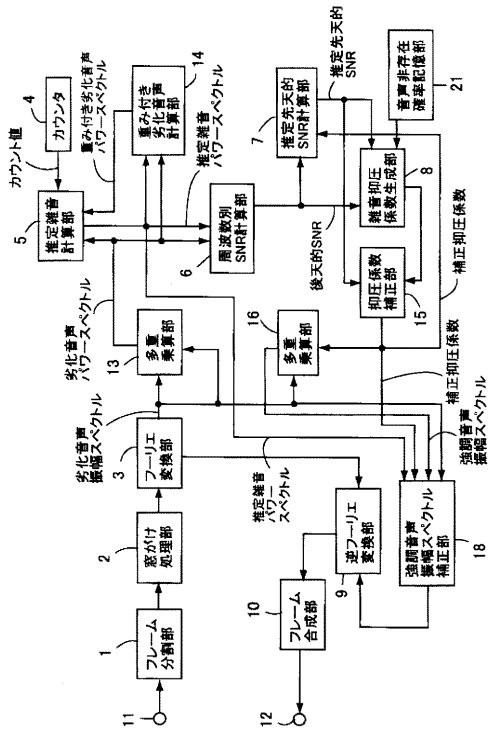
40

50

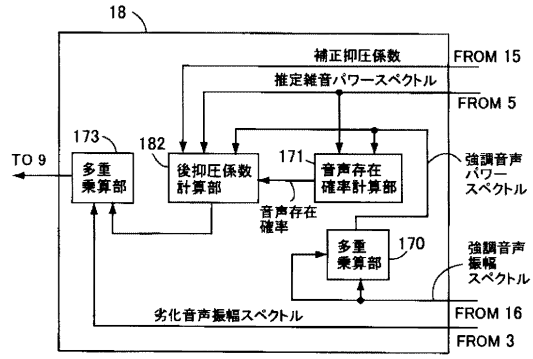
2	窓がけ処理部	
3	フーリエ変換部	
4, 5049	カウンタ	
5	推定雑音計算部	
6, 1402	周波数別SNR計算部	
7, 71, 72	推定先天的SNR計算部	
8	雑音抑圧係数生成部	
9	逆フーリエ変換部	
10	フレーム合成部	
11	入力端子	10
12	出力端子	
14	重みつき劣化音声計算部	
15	抑圧係数補正部	
172, 182, 252, 282, 292	後抑圧係数計算部	
13, 16, 170, 173, 704, 705, 713, 715, 1404	多重乗算部	
17, 18, 22, 25, 28, 29	強調音声振幅スペクトル補正部	
21	音声非存在確率記憶部	
171, 221, 26, 27, 714	音声存在確率計算部	
1742, 1745, 708, 5046, 1716, 7092, 7094, 24	加算器	20
711, 712, 1746, 23	遅延器	
1593, 5204, 5206	閾値記憶部	
1594, 5203, 5205	比較部	
1702, 1710, 1859	対数計算部	
1704, 1706, 1854	平滑化係数記憶部	
1705, 1707, 1853	平滑化部	
1712, 1713	関数値計算部	
1714, 2614	平均指標計算部	
1715, 2615	瞬時指標計算部	30
2705	SNR混合部	
1852	音声パワー混合部	
1858	平滑信号記憶部	
1863	指数計算部	
7071 ₀ ~ 7071 _{K-1}	重みつき加算部	
706	重み記憶部	
503, 1304, 1424, 1475, 1504, 1723, 7014, 7075	多重化部	
504 ₀ ~ 504 _{K-1}	周波数別推定雑音計算部	
520	更新判定部	40
5207	閾値計算部	
1595, 5044	スイッチ	
1857, 1862, 1421 ₀ ~ 1421 _{K-1} , 5048	除算部	
501, 502, 1302, 1303, 1422, 1423, 1495, 1502, 1503, 1700, 1708, 1722, 1850, 1855, 7013, 7072, 7074, 2700, 2703	分離部	
1701, 1709, 1851, 1856, 2701, 2704	平均値計算部	
701	多重値域限定処理部	
702	後天的SNR記憶部	
703	抑圧係数記憶部	50

7 0 7	多重重みつき加算部	
1 4 0 1 , 5 0 4 2	推定雑音記憶部	
9 2 1	瞬時推定 S N R	
9 2 1 ₀ ~ 9 2 1 _{K-1}	周波数別瞬時推定 S N R	
9 2 2	過去の推定 S N R	
9 2 2 ₀ ~ 9 2 2 _{K-1}	過去の周波数別推定 S N R	
9 2 4	推定先天的 S N R	
9 2 4 ₀ ~ 9 2 4 _{K-1}	周波数別推定先天的 S N R	
1 4 0 5	多重非線形処理部	
1 4 8 5 ₀ ~ 1 4 8 5 _{K-1} , 5 0 4 2	非線形処理部	10
1 5 0 1 ₀ ~ 1 5 0 1 _{K-1} , 1 9 0 1 ₀ ~ 1 9 0 1 _{K-1} , 2 0 0 1 ₀ ~ 2 0 0 1 _{K-1}	周波数別抑圧係数補正部	
1 7 2 1 ₀ ~ 1 7 2 1 _{K-1} , 1 8 2 1 ₀ ~ 1 8 2 1 _{K-1} , 2 8 2 1 ₀ ~ 2 8 2 1 _{K-1} , 2 9 2 1 ₀ ~ 2 9 2 1 _{K-1}	周波数別後抑圧係数計算部	
1 5 9 1 , 1 6 9 4 , 1 9 2 4 , 7 0 1 2 ₀ ~ 7 0 1 2 _{K-1}	最大値選択部	
1 5 9 2	抑圧係数下限値記憶部	
1 5 9 6	修正値記憶部	
1 6 9 1 , 1 9 2 1	有音部用下限値記憶部	
1 6 9 2 , 1 9 2 2	無音部用下限値記憶部	
2 6 9 1	有音部下限值計算部	20
2 6 9 2	無音部下限值計算部	
1 6 9 3 , 1 9 2 3	下限値計算部	
1 8 3 1	有音部用係数記憶部	
2 8 3 1	有音部用係数計算部	
1 8 3 2	無音部用係数計算部	
1 8 3 3 , 1 8 6 1	係数計算部	
2 0 1 1	有音部用補正係数記憶部	
2 0 1 2	無音部用補正係数記憶部	
2 0 1 3	補正係数計算部	
1 3 0 1 ₀ ~ 1 3 0 1 _{K-1} , 1 5 9 7 , 1 7 0 3 , 1 7 1 1 , 1 7 4 3 , 1 7 4 4 , 1 8 3 4 , 2 0 1 4 , 7 0 9 1 , 7 0 9 3	乗算器	30
1 7 4 1 , 1 8 6 0 , 7 0 9 5	定数乗算器	
5 0 4 5	シフトレジスタ	
5 0 4 7	最小値選択部	
5 2 0 1	論理和計算部	
5 0 4 1	レジスタ長記憶部	
7 0 1 1	定数記憶部	
8 1 1	M M S E S T S A ゲイン関数値計算部	
8 1 2	一般化尤度比計算部	
8 1 4	抑圧係数計算部	40

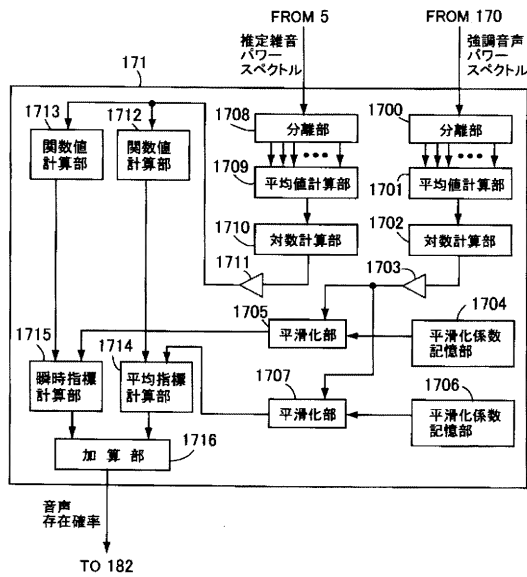
【図1】



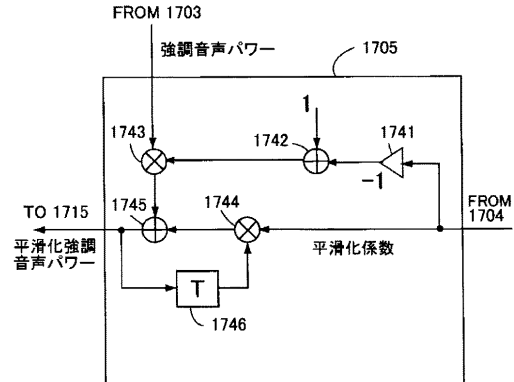
【図2】



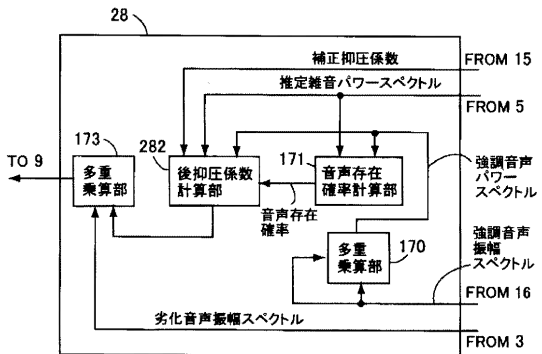
【図3】



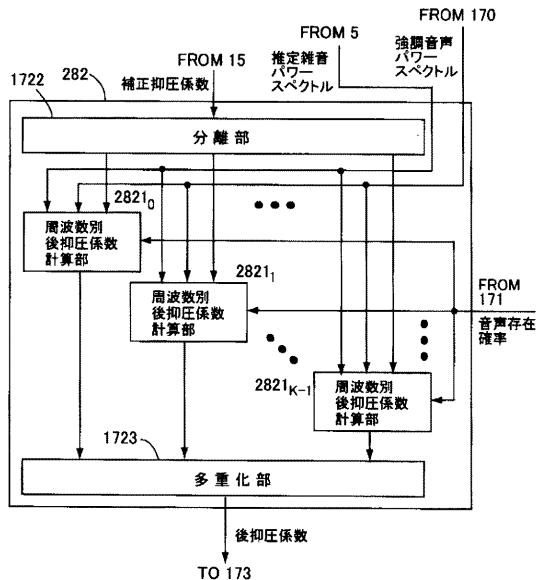
【図4】



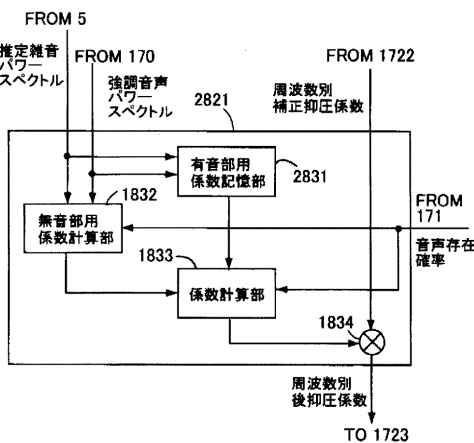
【図10】



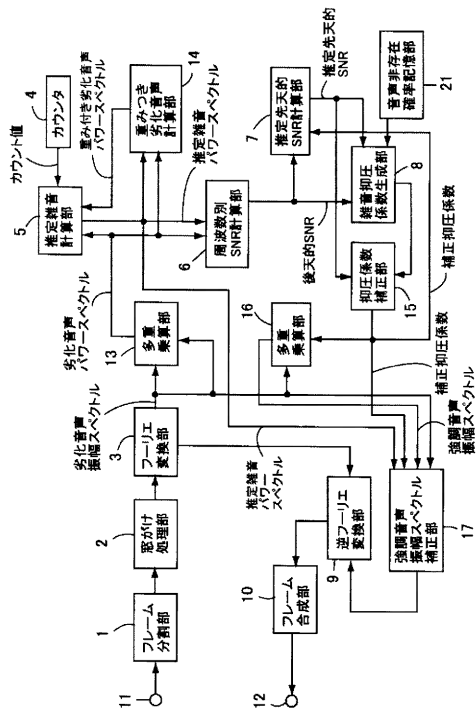
【図11】



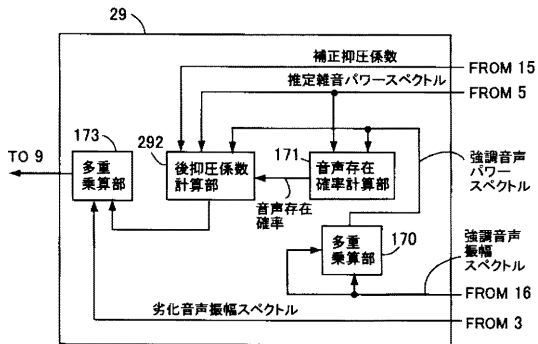
【図12】



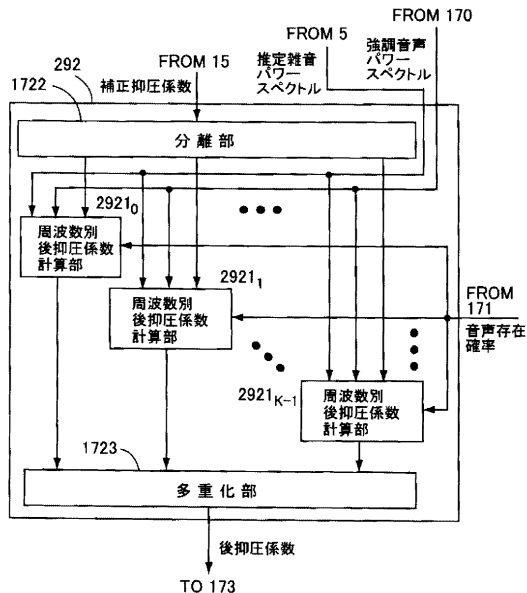
【図13】



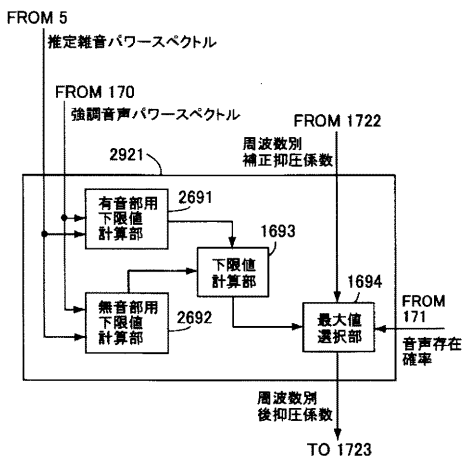
【図18】



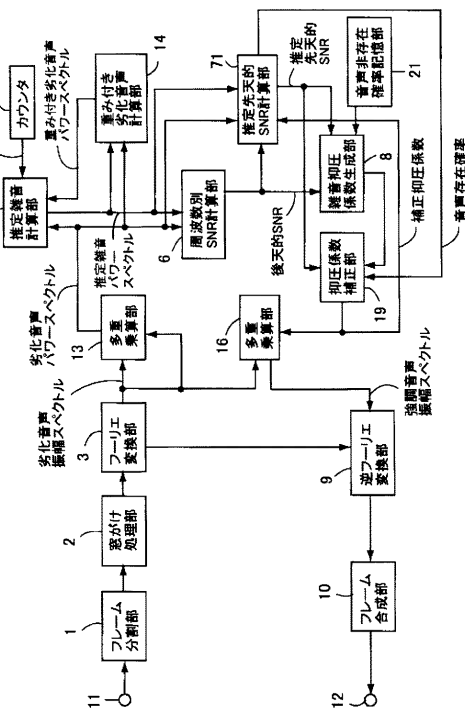
【図19】



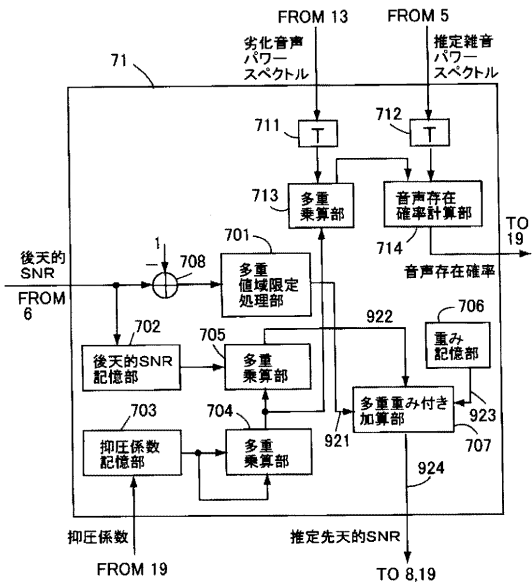
【図20】



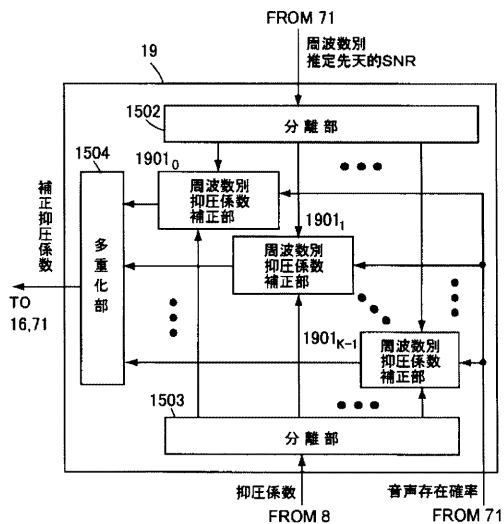
【図21】



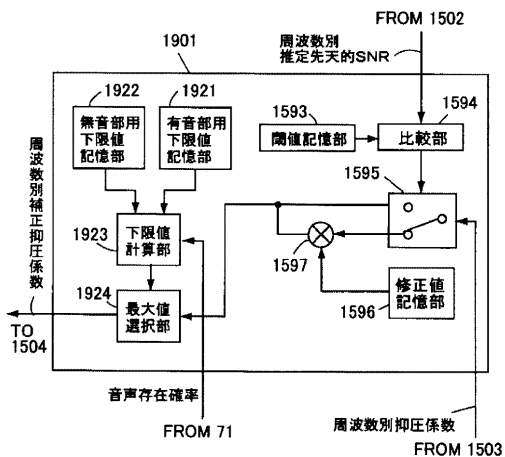
【図22】



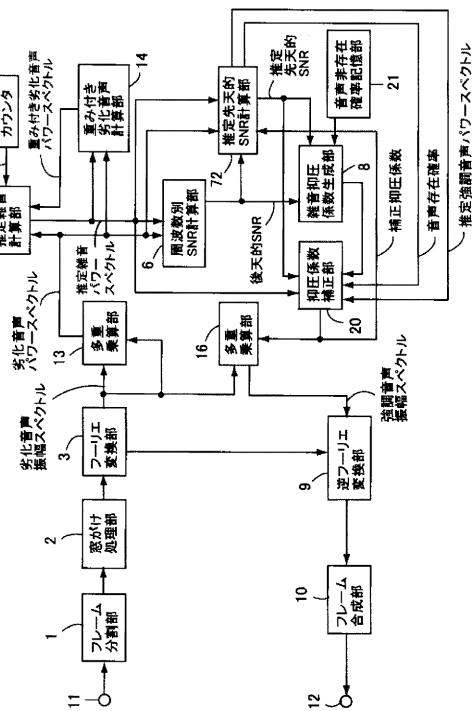
【図23】



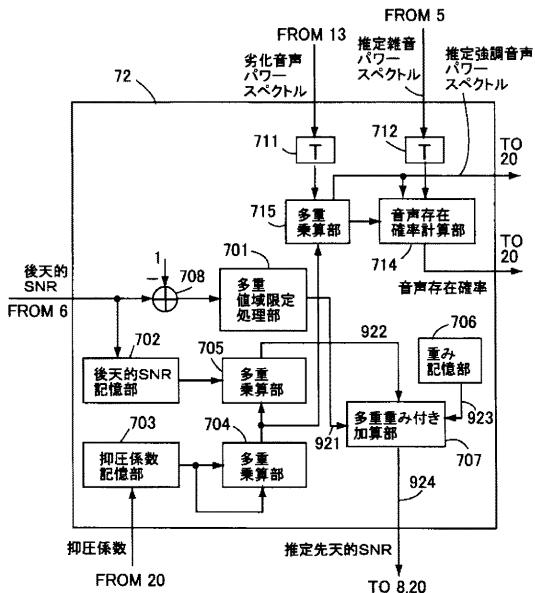
【図24】



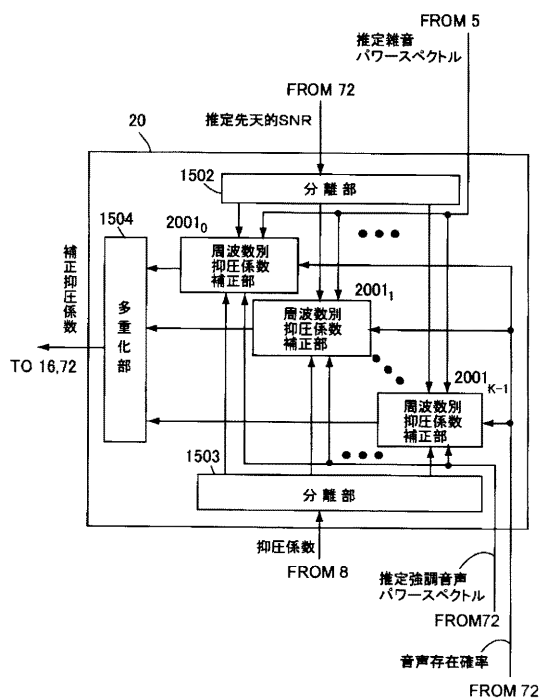
【図25】



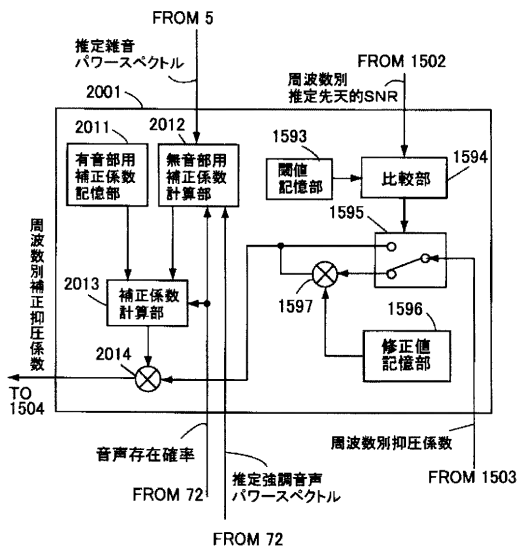
【図26】



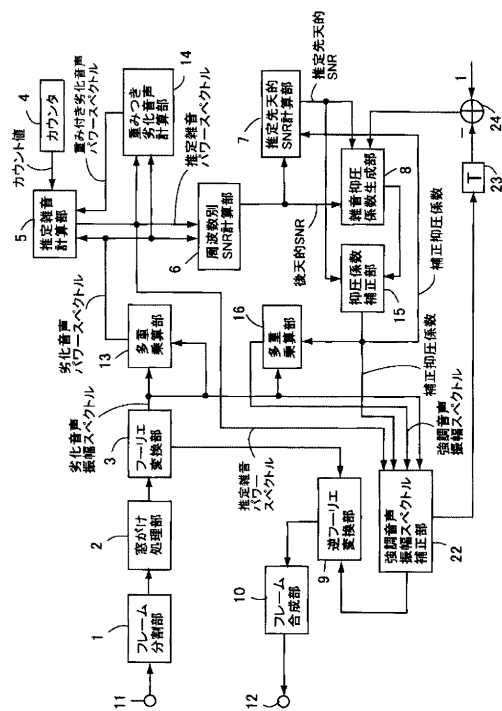
【図27】



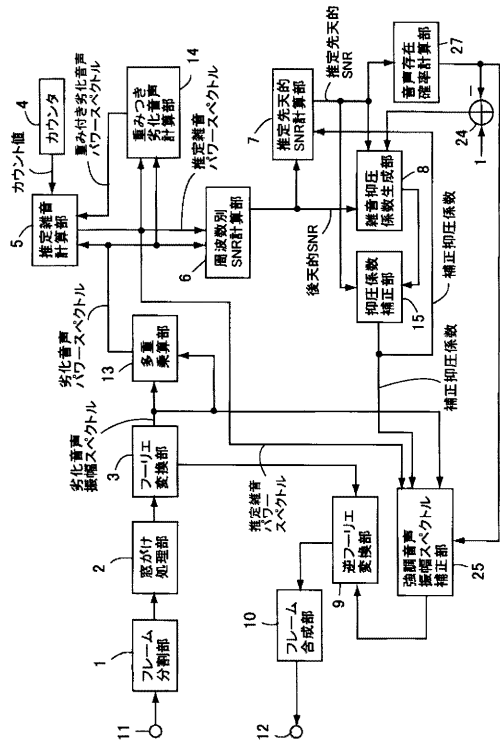
【図28】



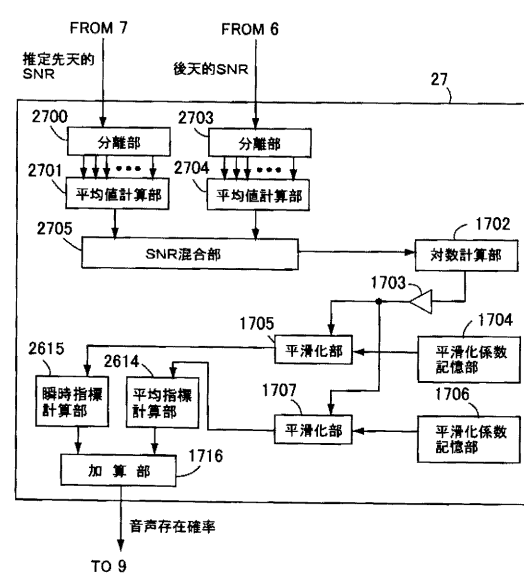
【図29】



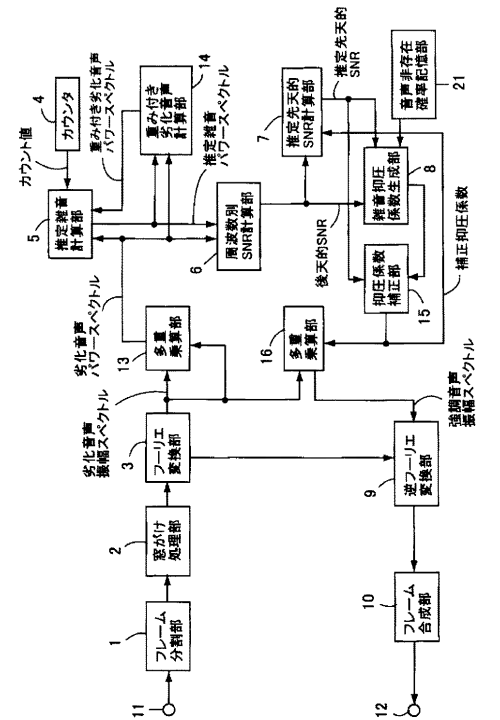
【図34】



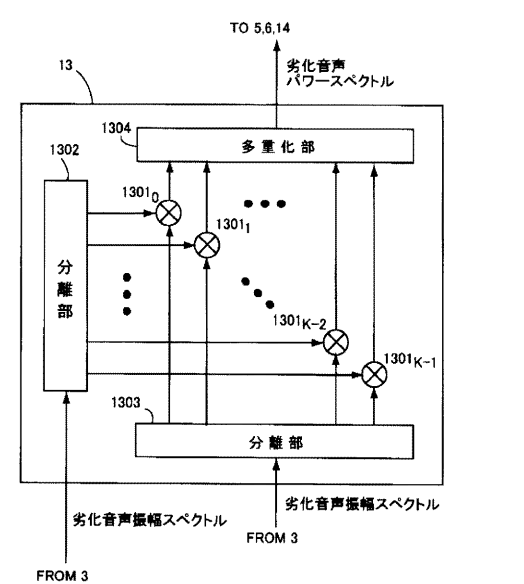
【図35】



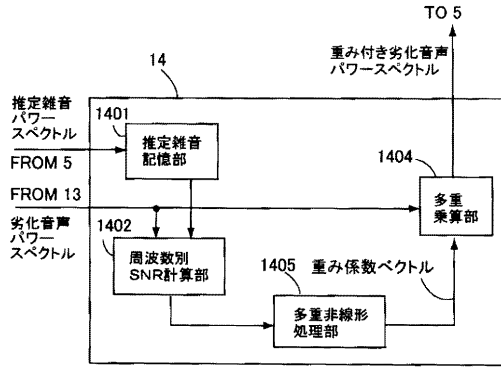
【図36】



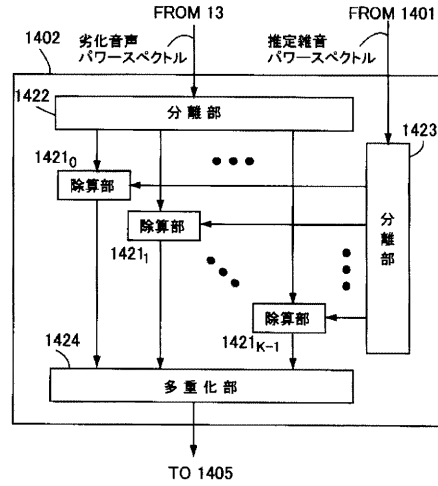
【図37】



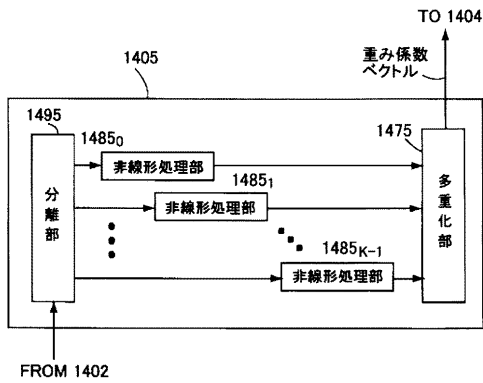
【図38】



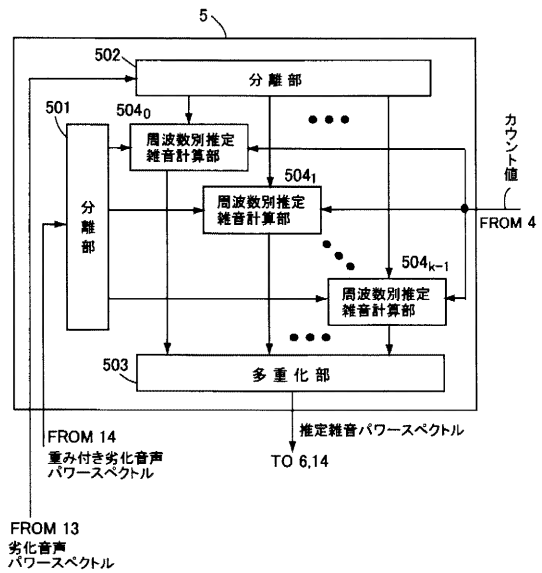
【図39】



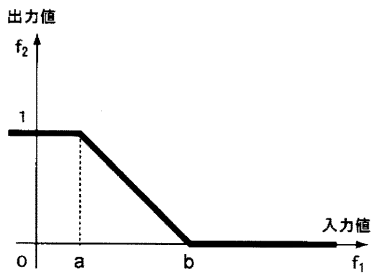
【図40】



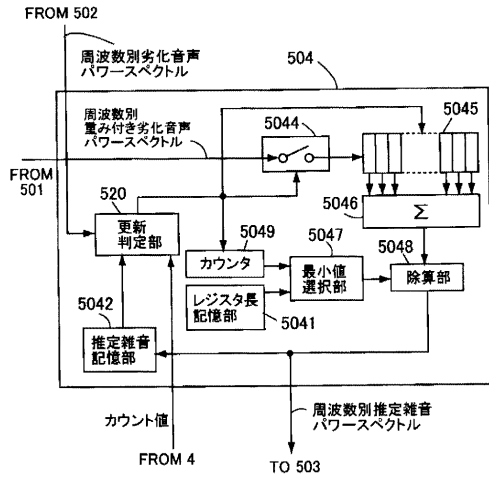
【図42】



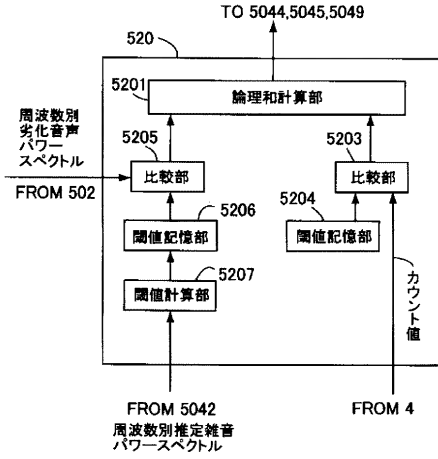
【図41】



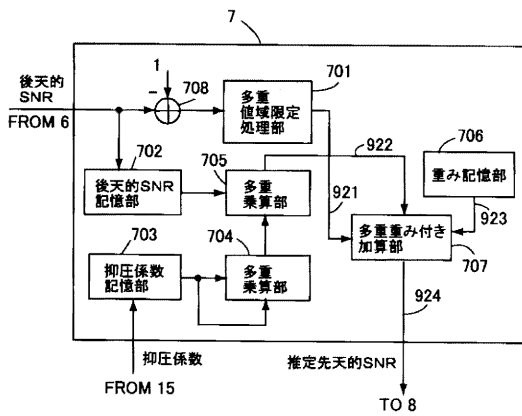
【図 4 3】



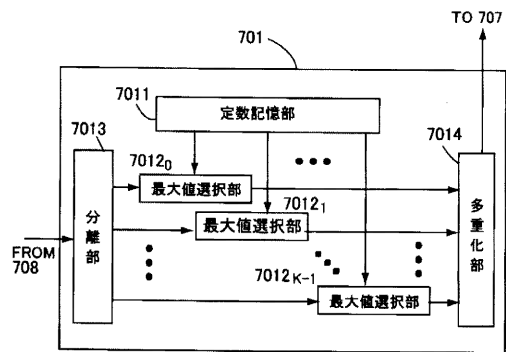
【図 4 4】



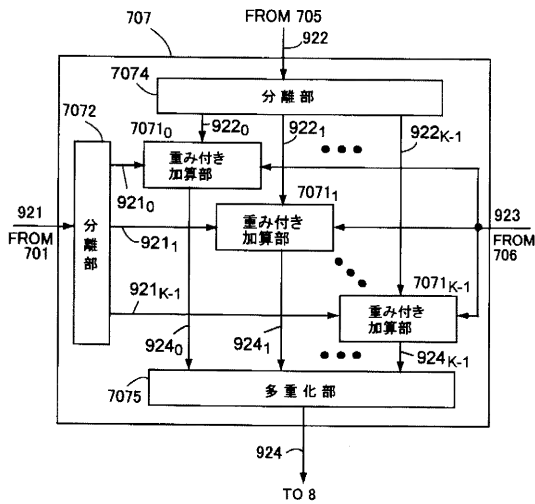
【図 4 5】



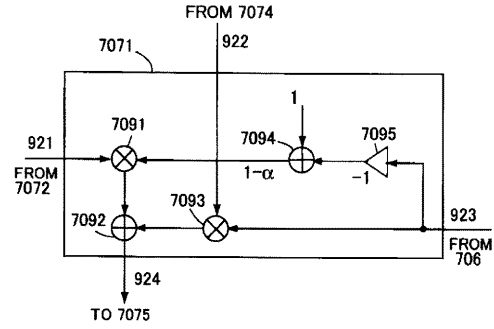
【図 4 6】



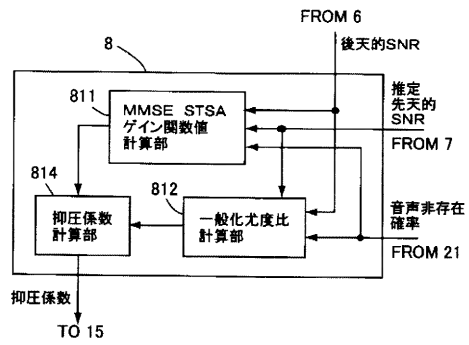
【図47】



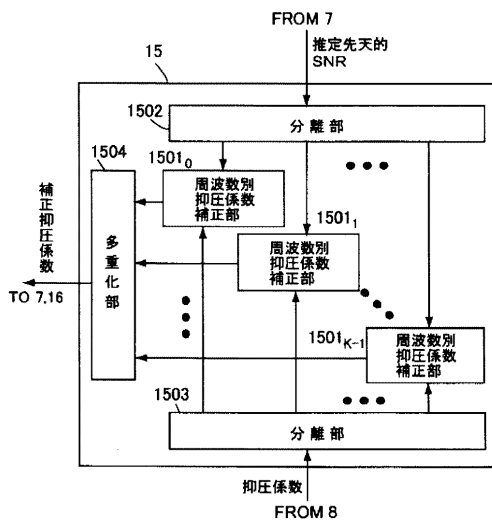
【図48】



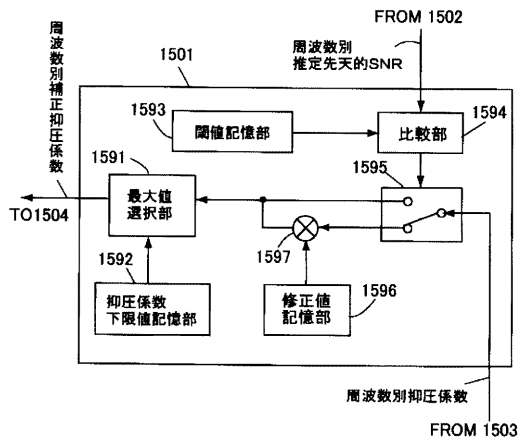
【図49】



【図50】



【図51】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-073066(JP,A)

特開2003-223186(JP,A)

特開2005-195955(JP,A)

特開2002-204175(JP,A)

K.Yamato, A.Sugiyama, M.Kato, Post-Processing Noise Suppressor with Adaptive Gain-Flooring for Cell-Phone Handsets and IC Recorders, Consumer Electronics, 2007. ICCE 2007. Digest of Technical Papers. International Conference on, 2007年 1月

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10L 11/00-21/06

IEEE Xplore