

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7101026号
(P7101026)

(45)発行日 令和4年7月14日(2022.7.14)

(24)登録日 令和4年7月6日(2022.7.6)

(51)国際特許分類 F I
H 0 4 B 1/10 (2006.01) H 0 4 B 1/10 A

請求項の数 9 (全16頁)

(21)出願番号	特願2018-72615(P2018-72615)	(73)特許権者	000237592 株式会社デンソーテン
(22)出願日	平成30年4月4日(2018.4.4)		兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番2 8号
(65)公開番号	特開2019-186653(P2019-186653 A)	(74)代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(43)公開日	令和1年10月24日(2019.10.24)	(72)発明者	高野 浩輔 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番2 8号 株式会社デンソーテン内
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	(72)発明者	平 正明 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番2 8号 株式会社デンソーテン内
		審査官	後澤 瑞征

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 受信機および受信方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

受信信号の周波数スペクトルからノイズと推定される推定ノイズを検出する推定ノイズ検出部と、

前記周波数スペクトルに含まれる、所定周波数よりも高い周波数側の側波帯である上側波帯および前記所定周波数よりも低い周波数側の側波帯である下側波帯の中から、前記推定ノイズ検出部によって検出された前記推定ノイズのスペクトルと、前記所定周波数に対して前記推定ノイズと対称位置のスペクトルとを除いたときの前記上側波帯のスペクトル強度の総和と前記下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較する比較部と、

前記比較部の比較結果に基づいて前記周波数スペクトルの中心周波数を補正する補正部と、前記補正部によって補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、前記上側波帯と前記下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出するノイズ検出部と、前記ノイズ検出部によって検出されたノイズを受信信号から除去するノイズ除去部とを備えることを特徴とする受信機。

【請求項2】

前記比較部は、

前記ノイズ検出部によって検出されたノイズを新たな推定ノイズとして用いて、前記上側波帯のスペクトル強度の総和と前記下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較する比較処理を再度実行し、

前記補正部は、

前記比較部の再度の比較結果に基づいて前記周波数スペクトルの中心周波数を再度補正し、前記ノイズ検出部は、

前記補正部によって再度補正された中心周波数の前記周波数スペクトルにおける、前記上側波帯と前記下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを再度検出することを特徴とする請求項 1 に記載の受信機。

【請求項 3】

前記ノイズ検出部は、

前記補正部によって中心周波数が繰り返し補正された場合、前記上側波帯と前記下側波帯との非対称性を示す値と比較してノイズを検出するしきい値を変更することを特徴とする請求項 2 に記載の受信機。

10

【請求項 4】

前記ノイズ検出部は、

前記補正部によって中心周波数が繰り返し補正された場合、中心周波数が補正された回数に応じて前記しきい値を小さくすることを特徴とする請求項 3 に記載の受信機。

【請求項 5】

前記比較部は、

前記補正部によって中心周波数が繰り返し補正された場合、前記上側波帯および前記下側波帯の中から除く、前記推定ノイズのスペクトルの幅と、前記推定ノイズと対称位置のスペクトルの幅とを変更すること

20

を特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか一つに記載の受信機。

【請求項 6】

前記比較部は、

前記補正部によって中心周波数が繰り返し補正された場合、前記上側波帯および前記下側波帯の中から除く、前記推定ノイズのスペクトルの幅と、前記推定ノイズと対称位置のスペクトルの幅とを中心周波数が補正された回数に応じて小さくすること

を特徴とする請求項 5 に記載の受信機。

【請求項 7】

前記ノイズ除去部によってノイズが除去された受信信号に基づいて搬送波と同期した同期搬送波を生成する同期搬送波生成部と、

30

ノイズが除去される前の受信信号を、前記同期搬送波生成部によって生成された前記同期搬送波に基づいて同期検波して I 成分と Q 成分とを生成する同期検波部と、

前記同期検波部によって生成された前記 Q 成分に基づいて前記 I 成分からノイズを除去する第 2 ノイズ除去部と

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の受信機。

【請求項 8】

前記同期搬送波生成部は、

搬送波の周波数を含む所定範囲内のノイズが除去された受信信号に基づいて前記同期搬送波を生成すること

を特徴とする請求項 7 に記載の受信機。

40

【請求項 9】

受信信号の周波数スペクトルからノイズと推定される推定ノイズを検出する推定ノイズ検出工程と、

前記周波数スペクトルに含まれる、所定周波数よりも高い周波数側の側波帯である上側波帯および前記所定周波数よりも低い周波数側の側波帯である下側波帯の中から、前記推定ノイズ検出工程によって検出された前記推定ノイズのスペクトルと、前記所定周波数に対して前記推定ノイズと対称位置のスペクトルとを除いたときの前記上側波帯のスペクトル強度の総和と前記下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較する比較工程と、

前記比較工程の比較結果に基づいて前記周波数スペクトルの中心周波数を補正する補正工程と、

50

前記補正工程によって補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、前記上側波帯と前記下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出するノイズ検出工程と、前記ノイズ検出工程によって検出されたノイズを受信信号から除去するノイズ除去工程とを含むことを特徴とする受信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、受信機および受信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、AM (Amplitude Modulation) 変調された受信信号 (ラジオ放送波) に対してノイズの除去や低減を行う受信機が種々提案されている (例えば特許文献1参照)。例えば、受信機が車両に搭載された場合、車両のバッテリーの電力変換を行うスイッチング処理時にノイズ (ビートノイズ) が発生して受信信号に混入することがあり、従来技術では、かかるノイズを検出して低減するように構成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2013-9066号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、受信信号の周波数スペクトルでは、放送波は、搬送波の周波数 (中心周波数) を中心として上側波帯と下側波帯とで対称となる。上記したノイズは、特定の周波数に現れるため、ノイズを含む受信信号の周波数スペクトルでは、上側波帯と下側波帯とで非対称となる。

【0005】

そのため、例えば、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値 (例えば上側波帯のスペクトル強度と、対応する下側波帯のスペクトル強度の差分など) を算出し、算出された値に基づいてノイズを検出して除去することができる。

【0006】

しかしながら、上記にあっては、ノイズを正確に検出して精度良く除去するという点で改善の余地があった。すなわち、例えば、受信機においては、受信信号と、水晶発振子などによって生成された、受信信号と同じ周波数のローカル信号とを混合することで、搬送波の周波数を所定周波数 (例えば0 Hz) に周波数変換し、所定周波数を中心周波数とした周波数スペクトルを求める。

【0007】

但し、ローカル信号の周波数は、例えば水晶発振子の特性や環境温度によって変化するため、所定周波数と周波数スペクトルの中心周波数との間にずれが生じ易く、よってノイズを正確に検出できず、ノイズを精度良く除去することができないおそれがあった。

【0008】

なお、上記した周波数のずれを補正する、自動周波数制御 (Automatic Frequency Control) を行う場合であっても、受信信号にノイズ (ビートノイズ) が含まれていると、補正を精度良く行うことができなかった。

【0009】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、受信信号に含まれるノイズを正確に検出して精度良く除去することができる受信機および受信方法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】

【0010】

上記課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、受信機において、推定ノイズ検出

10

20

30

40

50

部と、比較部と、補正部と、ノイズ検出部と、ノイズ除去部とを備える。推定ノイズ検出部は、受信信号の周波数スペクトルからノイズと推定される推定ノイズを検出する。比較部は、周波数スペクトルに含まれる上側波帯および下側波帯の中から、前記推定ノイズ検出部によって検出された前記推定ノイズのスペクトルと、周波数スペクトルの中心周波数に対して前記推定ノイズと対称位置のスペクトルとを除いたときの上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較する。補正部は、前記比較部の比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を補正する。ノイズ検出部は、前記補正部によって補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出する。ノイズ除去部は、前記ノイズ検出部によって検出されたノイズを受信信号から除去する。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、受信信号に含まれるノイズを正確に検出して精度良く除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る受信方法の概要を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係る受信機の構成例を示すブロック図である。

【図3】図3は、FFT部から入力された周波数スペクトルの一例を示す図である。

【図4】図4は、ノイズ検出部のノイズ検出処理を説明する図である。

20

【図5】図5は、第1の実施形態に係る受信機の受信処理を説明するフローチャートである。

【図6】図6は、第2の実施形態に係る受信機の構成例を示すブロック図である。

【図7】図7は、搬送波近傍のノイズを説明する図である。

【図8】図8は、第2の実施形態に係る受信機の受信処理を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する受信機および受信方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

30

【0014】

(第1の実施形態)

第1の実施形態に係る受信機は、例えば車両に搭載されたラジオであり、AM (Amplitude Modulation) 変調されたラジオ放送波(以下、受信信号という)を受信するものとする。なお、受信機は、ラジオに限定されるものではなく、AM変調された信号を受信可能な通信機器であればよい。また、受信機は、車両に限定されず、例えば、列車や飛行機などの移動体、パソコンなどの電化製品などその他の機器に搭載されてもよい。

【0015】

受信信号には、搬送波と、音声信号である信号波とが含まれる。また、受信信号には、例えば、車両のバッテリーの電力変換を行うスイッチング処理時に発生するノイズ(ビートノイズ)が含まれることがあるものとする。

40

【0016】

まず、図1を用いて、第1の実施形態に係る受信方法の概要について説明する。図1は、第1の実施形態に係る受信方法の概要を示す図である。

【0017】

図1に示すように、本実施形態に係る受信方法において、例えば受信機は、受信した受信信号と、受信信号と同じ周波数のローカル信号とを混合する(ステップS1)。これにより、搬送波の周波数 f_c は所定周波数(例えば0Hz)に周波数変換される。なお、ローカル信号は、水晶発振子など受信機が備える部品によって生成される。

【0018】

50

続いて、受信機は、周波数変換された受信信号について、最初の処理では中心周波数の補正を行わず、FFT (Fast Fourier Transform。高速フーリエ変換) 処理して、周波数スペクトルを算出する (ステップ S 2)。

【0019】

なお、図1の下段には、周波数スペクトルの一例を実線で示している。図1の下段に示すように、受信信号の周波数スペクトルでは、搬送波の周波数 f_c を中心周波数として上側波帯と下側波帯とで対称または略対称となる。なお、ノイズは、周波数スペクトルにおいて特定の周波数に現れるため、ノイズを含む受信信号の周波数スペクトルの場合、上側波帯と下側波帯とで非対称となる。

【0020】

次に、受信機は、算出された周波数スペクトルから、ノイズと推定される推定ノイズ N_a を検出する (ステップ S 3)。かかる推定ノイズ N_a は、例えば、周波数スペクトルにおいて、或る周波数のスペクトル強度が、或る周波数の前後の周波数のスペクトル強度よりも所定強度以上大きい場合に、或る周波数はノイズである可能性が比較的高いと推定されたものである。図1に示す例では、周波数 f_a の推定ノイズ N_a が検出されたことを示している。なお、推定ノイズ N_a の検出については、後述する。

【0021】

次に、受信機は、推定ノイズ N_a のスペクトルと、周波数スペクトルの中心周波数 (搬送波) に対して推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトル B とを、周波数スペクトルに含まれる上側波帯および下側波帯の中から取り除く (ステップ S 4)。

【0022】

すなわち、受信機は、後述する周波数スペクトルの中心周波数を補正する処理において、補正の精度低下を招くノイズ (推定ノイズ N_a) のスペクトルを予め取り除いておく。さらに、受信機は、推定ノイズ N_a のスペクトルを取り除いた後の周波数スペクトルにおいて、上側波帯および下側波帯の対称性を確保するため、周波数スペクトルの中心周波数 (搬送波) に対して推定ノイズ N_a と対称位置にある、周波数 f_b のスペクトル B も周波数スペクトルから取り除いておく。

【0023】

そして、受信機は、推定ノイズ N_a 等のスペクトルを取り除いたときの上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とを算出して比較する。

【0024】

このとき、受信信号の搬送波の周波数 f_c が、ローカル信号によって所定周波数 (0 Hz) に周波数変換されていれば、周波数スペクトルの中心周波数は所定周波数 (0 Hz) と一致または略一致するため、上側波帯のスペクトルと下側波帯のスペクトルとが対称となる。すなわち、上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とが、同一または略同一となる。

【0025】

しかしながら、上記したローカル信号の周波数は、例えば水晶発振子の特性や環境温度によって変化するため、所定周波数 (0 Hz) と周波数スペクトルの中心周波数との間にずれが生じ易い。なお、図1では、中心周波数が所定周波数 (0 Hz) に対してずれたときの周波数スペクトルを二点鎖線で示している。

【0026】

所定周波数と中心周波数との間にずれが生じると、上記した上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とは同一とならず、一方の総和が大きくなる。なお、図1に示す二点鎖線の周波数スペクトルでは、中心周波数が所定周波数たる 0 Hz より正側にずれているため、上側波帯のスペクトル強度の総和が下側波帯のスペクトル強度の総和より大きくなる。

【0027】

受信機は、上記のように上下側波帯の総和を比較した後、比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を補正する (ステップ S 5)。ここでは、受信機は、スペクトル強度

10

20

30

40

50

の総和が少ない側（ここでは下側波帯側）へ全体的にずれるように中心周波数を補正する。なお、補正処理の詳細については後述する。

【0028】

このとき、例えば仮に、推定ノイズ N_a 等のスペクトルが、周波数スペクトルから取り除かれていなかった場合、比較結果には、ノイズ（推定ノイズ N_a ）が含まれることとなる。すなわち、比較結果に含まれる上下側波帯の総和の大小関係が、ローカル信号の変化のみならず、ノイズの影響を受けるため、補正の精度が低下してしまう。

【0029】

そこで、本実施形態にあつては、上記したように、周波数スペクトルから、推定ノイズ N_a のスペクトルと、推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトル B とを除いて、上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較するようにした。そして、その比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を補正するようにしたので、中心周波数を精度良く補正することが可能となる。

10

【0030】

次いで、受信機は、新たに受信した受信信号に対してFFT処理し、中心周波数が補正された周波数スペクトルを算出する（ステップS6）。

【0031】

次いで、受信機は、補正された中心周波数の周波数スペクトルに基づいてノイズを検出する（ステップS7）。例えば、周波数スペクトルにノイズが含まれると、上側波帯と下側波帯とが非対称になることから、受信機は、補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出する。かかる非対称性を示す値やノイズの検出処理については後述する。

20

【0032】

次いで、受信機は、検出されたノイズを受信信号から除去し（ステップS8）、スピーカ40から出力する。このように、本実施形態では、中心周波数が精度良く補正された周波数スペクトルを用いることで、受信信号に含まれるノイズを正確に検出することができる。また、受信信号からノイズを精度良く除去することができる。

【0033】

次に、第1の実施形態に係る受信機1について図2を参照し説明する。図2は、第1の実施形態に係る受信機1の構成例を示すブロック図である。

30

【0034】

図2に示すように、受信機1は、A/D変換部10と、ローパスフィルタ部11と、ローカル信号生成部12と、補正部13と、FFT部14と、推定ノイズ検出部15と、比較部16と、ノイズ検出部17と、ノイズ除去部18と、包絡線検波部19と、出力部20とを備える。また、受信機1には、アンテナ30が接続される。

【0035】

ここで、受信機1は、例えば、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、HDD（Hard Disk Drive）、入出力ポートなどを有するコンピュータや各種の回路を含む。

【0036】

コンピュータのCPUは、たとえば、ROMに記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、例えば、補正部13、FFT部14、推定ノイズ検出部15、比較部16、ノイズ検出部17、ノイズ除去部18、包絡線検波部19および出力部20等として機能する。なお、補正部13、FFT部14、推定ノイズ検出部15、比較部16、ノイズ検出部17、ノイズ除去部18、包絡線検波部19および出力部20の少なくともいずれか一つまたは全部をASIC（Application Specific Integrated Circuit）やFPGA（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアで構成することもできる。

40

【0037】

アンテナ30は、様々なラジオ放送局から送信される複数の信号を受信する。アンテナ30によって受信される受信信号には、所定の周波数（例えば、RF（Radio Frequency

50

帯)の搬送波、音声信号である信号波およびノイズ等が含まれる。

【0038】

A/D変換部10は、アンテナ30が受信した受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、ローパスフィルタ部11へ出力する。

【0039】

ローパスフィルタ部11は、A/D変換部10から入力される、デジタル信号に変換された受信信号からノイズとなる高周波成分を除去する。

【0040】

ローカル信号生成部12は、図示しない水晶発振子などによって構成され、受信信号と同じ周波数のローカル信号を生成する。ローカル信号には、例えば、受信信号の搬送波と同じ周波数の正弦波や、搬送波と同じ周波数の正弦波の位相から90度ずらされた直交正弦波が含まれる。

10

【0041】

そして、ローカル信号生成部12によって生成した正弦波や直交正弦波と、ローパスフィルタ部11から出力された受信信号とをミキサで混合することで、受信信号の搬送波の周波数が所定周波数(例えば0Hz)に周波数変換され、補正部13へ入力される。

【0042】

補正部13は、周波数スペクトルの中心周波数の補正を行うが、最初の処理では補正を行わず、受信信号をFFT部14へ出力する。

【0043】

FFT部14は、受信信号にFFT処理を行い、受信信号の周波数スペクトルを算出する。FFT部14は、算出した周波数スペクトルを推定ノイズ検出部15およびノイズ検出部17へ出力する。

20

【0044】

推定ノイズ検出部15は、FFT部14から入力された周波数スペクトルから、推定ノイズ N_a を検出する。図3は、FFT部14から入力された周波数スペクトルの一例を示す図である。

【0045】

図3に示すように、例えば、推定ノイズ検出部15は、先ず周波数スペクトルにおいてピークの検出を行う。詳しくは、推定ノイズ検出部15は、周波数スペクトルにおいて、或る周波数のスペクトル強度(レベル。以下、単に「強度」という場合がある)と、或る周波数の前後の周波数の強度とを比較する。

30

【0046】

そして、推定ノイズ検出部15は、或る周波数の強度が、前後の周波数の強度より大きい場合に、或る周波数の強度がピークであると判定する。続いて、推定ノイズ検出部15は、ピークと判定された周波数のうち、強度が前後の周波数の強度よりも所定強度以上大きいものを、ノイズの可能性が比較的高い「推定ノイズ N_a 」として検出する。推定ノイズ検出部15は、検出された推定ノイズ N_a を示す信号と周波数スペクトルとを比較部16へ出力する。

【0047】

比較部16は、図3に示すように、周波数スペクトルに含まれる上側波帯および下側波帯の中から、推定ノイズ N_a のスペクトルと、周波数スペクトルの中心周波数(搬送波)に対して推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトルBとを取り除く。

40

【0048】

上記した処理の際、比較部16は、取り除く推定ノイズ N_a のスペクトル、および、推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトルBに幅を持たせるようにしてもよい。図3に示す例では、推定ノイズ N_a のスペクトルにおける除去幅を「 a_1 」、スペクトルBにおける除去幅を「 b_1 」で示す。なお、推定ノイズ N_a の除去幅 a_1 は、推定ノイズ N_a の周波数 f_a を含み、スペクトルBの除去幅 b_1 は、スペクトルBの周波数 f_b を含む。

【0049】

50

また、後述するように、周波数スペクトルの中心周波数は補正部 1 3 によって繰り返し補正される場合があるが、かかる場合、比較部 1 6 は、推定ノイズ N_a の除去幅 a_1 と、スペクトル B の除去幅 b_1 とを変更するようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

すなわち、推定ノイズ N_a の除去幅 a_1 やスペクトル B の除去幅 b_1 が広いと、推定ノイズ N_a を確実に除去できるが、推定ノイズ N_a やスペクトル B 付近の音声信号も除去される。そこで、除去される音声信号を少なくするため、比較部 1 6 は、除去幅 a_1 と除去幅 b_1 とを変更する。

【 0 0 5 1 】

詳しくは、ローカル信号の周波数は、上記したように環境温度等に起因して変化するが、かかる変化の周波数スペクトルに対する影響は、中心周波数の補正が繰り返されることで低減する。

10

【 0 0 5 2 】

ローカル信号の周波数の変化の影響が低減した周波数スペクトルを用いれば、推定ノイズ検出部 1 5 における推定ノイズ N_a の検出精度が向上し、よって比較部 1 6 は、推定ノイズ N_a の除去幅 a_1 やスペクトル B の除去幅 b_1 を変化させても、推定ノイズ N_a を確実に除去することができる。

【 0 0 5 3 】

より詳しくは、比較部 1 6 は、推定ノイズ N_a の除去幅 a_1 やスペクトル B の除去幅 b_1 を中心周波数が補正された回数に応じて小さくしてもよい。かかる場合においても、推定ノイズ N_a を確実に除去することができるとともに、除去される音声信号を少なくすることができる。

20

【 0 0 5 4 】

そして、比較部 1 6 は、推定ノイズ N_a のスペクトルを除去幅 a_1 で、スペクトル B を除去幅 b_1 で取り除いたときの、上側波帯の強度の総和と下側波帯の強度の総和とを算出して比較する。比較部 1 6 は、比較結果を補正部 1 3 へ出力する（フィードバックする）。

【 0 0 5 5 】

補正部 1 3 は、いわゆる自動周波数制御 (Automatic Frequency Control) を行う。例えば、補正部 1 3 は、上側波帯の強度の総和と下側波帯の強度の総和とが異なる場合、所定周波数と周波数スペクトルの中心周波数との間にずれがあるため、所定周波数に変換された搬送波について、かかる所定周波数からの周波数ずれを補正する。

30

【 0 0 5 6 】

例えば、補正部 1 3 は、ローカル信号生成部 1 2 によって生成したローカル信号の周波数を調整し、調整されたローカル信号を受信信号と混合させることで、強度の総和が少ない側へ周波数スペクトルが全体的にずれるように中心周波数を補正する。

【 0 0 5 7 】

ノイズ検出部 1 7 は、補正部 1 3 によって補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出する。図 4 は、ノイズ検出部 1 7 のノイズ検出処理を説明する図である。

【 0 0 5 8 】

図 4 に示すように、ノイズ検出部 1 7 は、例えば上側波帯の強度と、対応する下側波帯の強度の差分の絶対値を算出する。そして、ノイズ検出部 1 7 は、差分の絶対値がしきい値 T_{h1} 以上となる周波数 f_1 のスペクトルをノイズであると判定し、ノイズを検出する。

40

【 0 0 5 9 】

ノイズ検出部 1 7 は、検出したノイズの周波数 f_1 を示す情報をノイズ除去部 1 8 へ出力する。なお、しきい値 T_{h1} および後述するしきい値 T_{h2} は、例えば、予め設定された値であり、差分がその値以上のときにノイズであると判定可能な値である。

【 0 0 6 0 】

ここで、本実施形態においては、上記のようにノイズ検出部 1 7 によって検出されたノイズを、新たな推定ノイズ N_a として用いることで、例えばノイズの検出精度を向上させる

50

ようにしてもよい。

【0061】

すなわち、図2に示すように、ノイズ検出部17は、検出したノイズの情報を比較部16へ出力し、比較部16は、ノイズ検出部17によって検出されたノイズを新たな推定ノイズ N_a として用いて、上記した比較処理を再度実行して比較結果を補正部13へ出力してもよい。そして、補正部13は、比較部16の再度の比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を再度補正してもよい。続いて、ノイズ検出部17は、補正部13によって再度補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを再度検出してもよい。

【0062】

このように、本実施形態にあつては、ノイズ検出部17によって検出されたノイズを新たな推定ノイズ N_a として用い、上記した比較部16の比較処理、補正部13の補正処理、および、ノイズ検出部17のノイズ検出処理の各処理を再帰的に繰り返し行ってもよい。

【0063】

これにより、例えば周波数スペクトルの中心周波数を所定周波数とずれのない、あるいは少ない正確な値にでき、よってノイズ検出部17におけるノイズの検出精度を向上させることができる。

【0064】

なお、上記では、比較部16の比較処理、補正部13の補正処理、および、ノイズ検出部17のノイズ検出処理を繰り返し行うようにしたが、これに限定されるものではない。すなわち、例えば、補正部13によって中心周波数が補正された後、補正された中心周波数に基づいて再度、推定ノイズ検出部15による推定ノイズ N_a の検出処理と、比較部16による上側波帯の強度の総和と下側波帯の強度の総和との比較処理とが実行されてもよい。そして、補正部13は、比較部16の再度の比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を再度補正してもよい。

【0065】

すなわち、本実施形態にあつては、推定ノイズ N_a の検出、推定ノイズ N_a 等のスペクトルを取り除いて上下側波帯の強度の総和の比較、周波数スペクトルの中心周波数の補正の各処理を再帰的に繰り返し行ってもよい。

【0066】

このように構成した場合であっても、周波数スペクトルの中心周波数を所定周波数とずれのない、あるいは少ない正確な値にでき、よってノイズの検出精度を向上させることができる。

【0067】

なお、上記では、推定ノイズ検出部15は、周波数の強度のピーク検出などを行って推定ノイズ N_a を検出するようにしたが、これに限られない。すなわち、推定ノイズ検出部15は、例えば、最初に推定ノイズ N_a を検出する処理を行う際、周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいて推定ノイズ N_a を検出してもよい。

【0068】

また、上記したように、周波数スペクトルの中心周波数が補正部13によって繰り返し補正される場合、ノイズ検出部17は、しきい値 Th_1 （図4参照）を変更するようにしてもよい。

【0069】

すなわち、例えば、ノイズ検出部17は、ノイズの誤検出を抑制するため、しきい値 Th_1 を比較的大きく設定しておくことがある。また、中心周波数の補正が繰り返されることで、ローカル信号の周波数の変化による周波数スペクトルへの影響が低減することは、既に述べた通りである。

【0070】

ローカル信号の周波数の変化の影響が低減した周波数スペクトルを用いれば、ノイズ検出

10

20

30

40

50

部 17 は、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値、すなわち、強度の差分も正確に算出することができるため、それに伴ってしきい値 T_{h1} を変更するようにしてもよい。

【0071】

例えば、ノイズ検出部 17 は、中心周波数が補正された回数に応じてしきい値 T_{h1} をしきい値 T_{h2} (図 4 参照) へ小さくしてもよい。これにより、ノイズ検出部 17 は、しきい値 T_{h1} のときには検出されなかった、周波数 f_2 の比較的小さいノイズまで検出することが可能となる。

【0072】

図 2 の説明を続ける。ノイズ除去部 18 は、ノイズ検出部 17 によって検出されたノイズを受信信号から除去する。例えば、ノイズ除去部 18 は、ノッチフィルタなどでノイズを受信信号から除去するが、これに限定されるものではない。

10

【0073】

包絡線検波部 19 は、ノイズが除去された受信信号を包絡線検波して搬送波成分を除去し、出力部 20 へ出力する。出力部 20 は、入力された信号をアナログ信号に変換し、スピーカ 40 (図 1 参照) 等の外部装置へ出力する。

【0074】

なお、上記において、比較部 16 は、上下側波帯の強度の総和を算出する範囲を制限してもよい。例えば、比較部 16 は、AM 変調された信号を含む周波数帯域に制限してもよい。これにより、不要な強度を総和に加えてしまうことを抑制できるとともに、受信機 1 における処理負荷を軽減することができる。

20

【0075】

また、例えば、ラジオ放送波において音声信号がない場合、言い換えると、無変調である場合、上下側波帯の強度の総和が比較的少なくなって、総和の精度良い比較がむずかしいことから、上記した中心周波数の補正など含めた各種の処理を行わない、すなわち禁止してもよい。これにより、受信機 1 における処理負荷を軽減することができる。

【0076】

次に、第 1 の実施形態に係る受信機 1 の受信処理について図 5 を参照し説明する。図 5 は、第 1 の実施形態に係る受信機 1 の受信処理を説明するフローチャートである。

【0077】

図 5 に示すように受信機 1 は、受信された受信信号の周波数スペクトルを算出する (ステップ S10)。次いで、受信機 1 は、周波数スペクトルから推定ノイズ N_a を検出する (ステップ S11)。

30

【0078】

次いで、受信機 1 は、推定ノイズ N_a と推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトル B とを周波数スペクトルから除いて、上下側波帯のスペクトル強度の総和を算出する (ステップ S12)。続いて、受信機 1 は、算出された上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較する (ステップ S13)。

【0079】

次いで、受信機 1 は、総和の比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を補正する (ステップ S14)。続いて、受信機 1 は、補正された中心周波数の周波数スペクトルに基づいてノイズを検出する (ステップ S15)。そして、受信機 1 は、検出されたノイズを受信信号から除去する (ステップ S16)。

40

【0080】

上述してきたように、第 1 の実施形態に係る受信機 1 は、推定ノイズ検出部 15 と、比較部 16 と、補正部 13 と、ノイズ検出部 17 と、ノイズ除去部 18 とを備える。推定ノイズ検出部 15 は、受信信号の周波数スペクトルからノイズと推定される推定ノイズ N_a を検出する。比較部 16 は、周波数スペクトルに含まれる上側波帯および下側波帯の中から、推定ノイズ検出部 15 によって検出された推定ノイズ N_a のスペクトルと、周波数スペクトルの中心周波数 (搬送波) に対して推定ノイズ N_a と対称位置のスペクトル B とを除いたときの上側波帯のスペクトル強度の総和と下側波帯のスペクトル強度の総和とを比較

50

する。

【 0 0 8 1 】

補正部 1 3 は、比較部 1 6 の比較結果に基づいて周波数スペクトルの中心周波数を補正する。ノイズ検出部 1 7 は、補正部 1 3 によって補正された中心周波数の周波数スペクトルにおける、上側波帯と下側波帯との非対称性を示す値に基づいてノイズを検出する。ノイズ除去部 1 8 は、ノイズ検出部 1 7 によって検出されたノイズを受信信号から除去する。これにより、受信信号に含まれるノイズを正確に検出して精度良く除去することができる。

【 0 0 8 2 】

(第 2 の実施形態)

次いで、第 2 の実施形態に係る受信機 1 について説明する。第 2 の実施形態では、ノイズを精度良く除去できる第 1 の実施形態に係る受信機 1 の構成を、同期検波を用いたノイズの除去処理に利用するようにした。

10

【 0 0 8 3 】

例えば、第 2 の実施形態に係る受信機 1 においては、受信信号を同期検波することで、I 成分 (同相成分) および Q 成分 (直交成分) を生成し、Q 成分を用いて I 成分からノイズを除去するように構成される。

【 0 0 8 4 】

なお、I 成分は、受信信号の搬送波に対して同相の成分であり、主に音声信号やノイズを含む成分である。Q 成分は、受信信号の搬送波に対して直角位相の成分であり、主にノイズを含む成分である。

20

【 0 0 8 5 】

ここで、上記した同期検波を行う際、例えば、ノイズ (ビートノイズ) が搬送波の周波数近傍にあると、搬送波への同期が乱されて、ノイズ除去における精度の低下などを招くおそれがあった。そこで、第 2 の実施形態においては、ノイズが搬送波の周波数近傍にある場合であっても、ノイズの除去を精度良く行えるようにした。

【 0 0 8 6 】

図 6 は、第 2 の実施形態に係る受信機 1 の構成例を示すブロック図である。なお、以下においては、第 1 の実施形態と共通の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【 0 0 8 7 】

図 6 に示すように、第 2 の実施形態に係る受信機 1 は、同期搬送波生成部 2 5 と、遅延部 2 6 と、同期検波部 2 7 と、第 2 ノイズ除去部 2 8 とをさらに備える。

30

【 0 0 8 8 】

上記した第 2 の実施形態の各要素の説明に入る前に、先ずノイズ検出部 1 7 について説明する。第 2 の実施形態に係るノイズ検出部 1 7 は、搬送波近傍のノイズのみを検出することができる。

【 0 0 8 9 】

図 7 は、ノイズ検出部 1 7 によって検出される搬送波近傍のノイズを説明する図である。図 7 に示すように、ノイズ検出部 1 7 は、例えば、周波数のスペクトルにおいて、搬送波の周波数 f_c を含む所定範囲 d_1 内のノイズのみを検出することができる。図 7 では、周波数 f_d のノイズ N_d が搬送波近傍のノイズとして検出された例を示している。

40

【 0 0 9 0 】

なお、所定範囲 d_1 は、搬送波の近傍と判定できる周波数の範囲に設定され、言い換えれば、ノイズがあると搬送波への同期を乱すおそれのある周波数の範囲に設定される。なお、ノイズ検出部 1 7 は、搬送波近傍以外のノイズを検出してもよい。

【 0 0 9 1 】

図 6 の説明に戻ると、ノイズ検出部 1 7 は、所定範囲 d_1 内のノイズ N_d が検出された場合、検出されたノイズの周波数 f_d を示す情報をノイズ除去部 1 8 へ出力する。ノイズ除去部 1 8 は、ノイズ検出部 1 7 によって検出された、所定範囲 d_1 内のノイズ N_d を受信信号から除去し、同期搬送波生成部 2 5 へ出力する。

【 0 0 9 2 】

50

同期搬送波生成部 25 は、所定範囲 d1 内のノイズ Nd が除去された受信信号に基づいて同期搬送波を生成する。すなわち、同期搬送波生成部 25 は、ノイズ Nd の影響を受けていない安定した同期搬送波を生成することができる。同期搬送波生成部 25 は、生成された同期搬送波を同期検波部 27 へ出力する。

【0093】

遅延部 26 は、補正部 13 から入力された受信信号を所定の時間遅延させて、同期検波部 27 へ出力する。遅延させる時間は、ノイズ検出部 17、ノイズ除去部 18 および同期搬送波生成部 25 の処理時間に応じて設定される。すなわち、遅延部 26 は、補正部 13 から入力された受信信号とノイズの影響を受けていない同期搬送波が同期検波部 27 に略同時に入力されるように、受信信号の入力タイミングを遅らせる。

10

【0094】

同期検波部 27 は、ノイズが除去される前の受信信号を、同期搬送波生成部 25 によって生成された同期搬送波に基づいて同期検波して I 成分と Q 成分とを生成する。そして、第 2 ノイズ除去部 28 は、同期検波部 27 によって生成された Q 成分に基づいて I 成分からノイズを除去する。

【0095】

このように、第 2 の実施形態においては、同期検波を用いたノイズの除去処理を行うことで、例えばノッチフィルタを用いたノイズの除去処理に比べて効果的にノイズのみを除去することができる。

【0096】

また、第 2 の実施形態にあつては、ノイズ Nd が搬送波の周波数近傍にある場合、かかるノイズ Nd が除去された受信信号で同期搬送波を生成するようにした。そして、ノイズ Nd の影響を受けていない同期搬送波で同期検波を行うことで、ノイズの除去を精度良く行うことができる。

20

【0097】

次に、第 2 の実施形態に係る受信処理について図 8 を参照し説明する。図 8 は、第 2 の実施形態に係る受信機 1 の受信処理を説明するフローチャートである。なお、図 8 では、図 5 フローチャートにおけるステップ S10 ~ S15 の処理をまとめて、「ノイズ検出処理」としてステップ S20 で示した。

【0098】

図 8 に示すように、受信機 1 は、ノイズ検出処理（ステップ S20）が終了すると、検出されたノイズが搬送波の周波数近傍であるか否かを判定する（ステップ S21）。受信機 1 は、ノイズが搬送波の周波数近傍であると判定された場合（ステップ S21, Yes）、かかるノイズを受信信号から除去する（ステップ S22）。

30

【0099】

次いで、受信機 1 は、搬送波の周波数近傍のノイズが除去された受信信号に基づいて同期搬送波を生成する（ステップ S23）。続いて、受信機 1 は、ノイズが除去される前の受信信号を、同期搬送波に基づいて同期検波して I、Q 成分を生成する（ステップ S24）。

【0100】

続いて、受信機 1 は、生成された Q 成分に基づいて I 成分からノイズを除去する（ステップ S25）。他方、受信機 1 は、ノイズが搬送波の周波数近傍であると判定されない場合（ステップ S21, No）、ステップ S24 に進み、受信信号を同期検波して I、Q 成分を生成する。

40

【0101】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

【符号の説明】

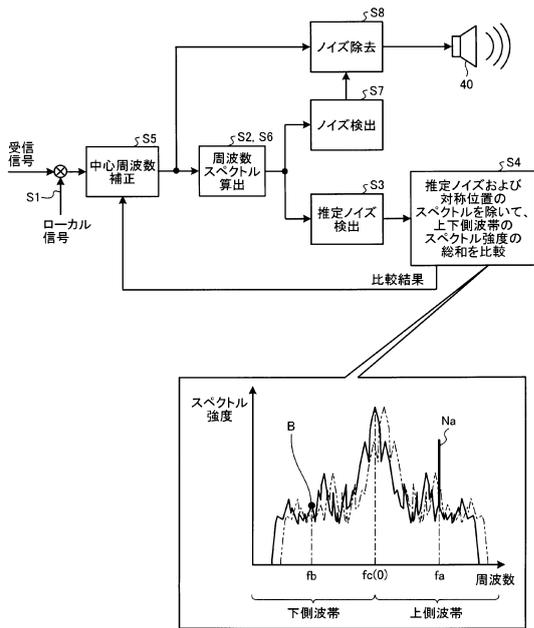
50

【 0 1 0 2 】

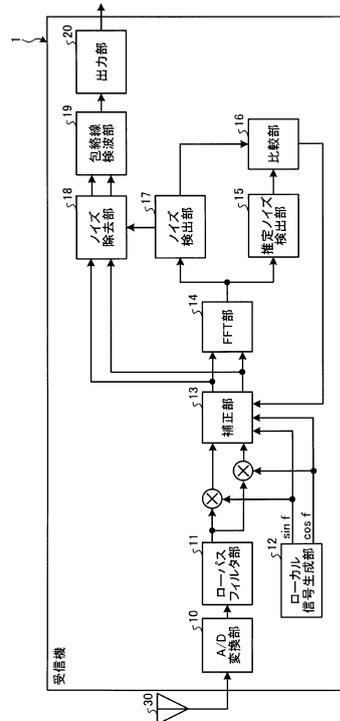
- 1 受信機
- 1 3 補正部
- 1 5 推定ノイズ検出部
- 1 6 比較部
- 1 7 ノイズ検出部
- 1 8 ノイズ除去部
- 2 5 同期搬送波生成部
- 2 7 同期検波部
- 2 8 第 2 ノイズ除去部

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

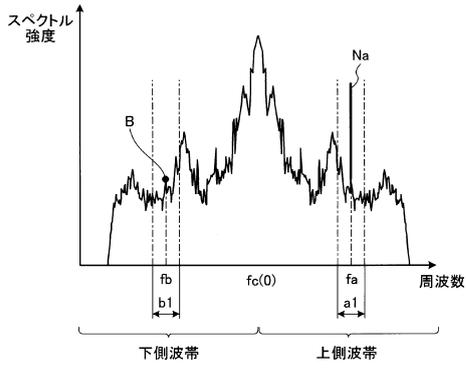
20

30

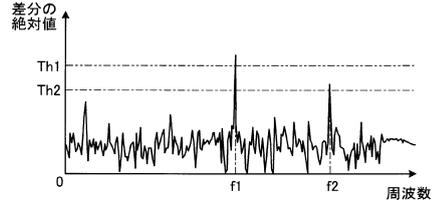
40

50

【 図 3 】

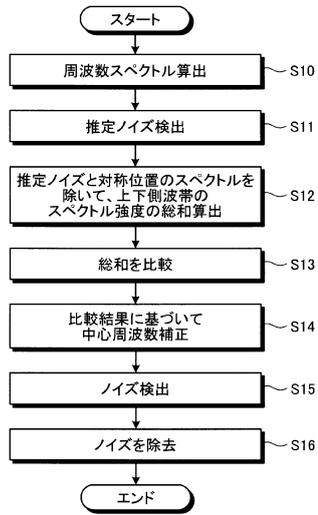


【 図 4 】

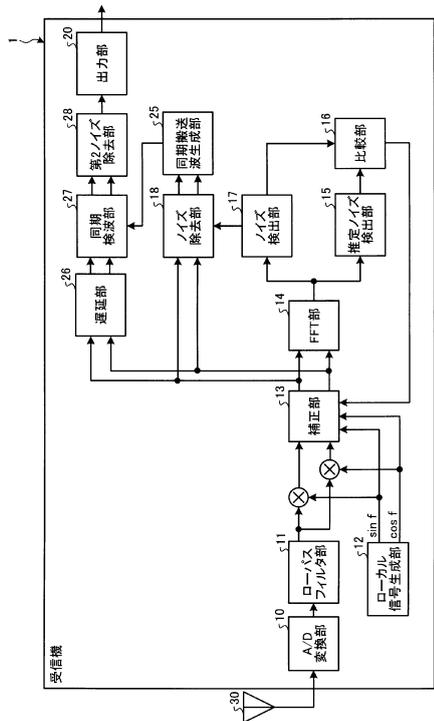


10

【 図 5 】



【 図 6 】



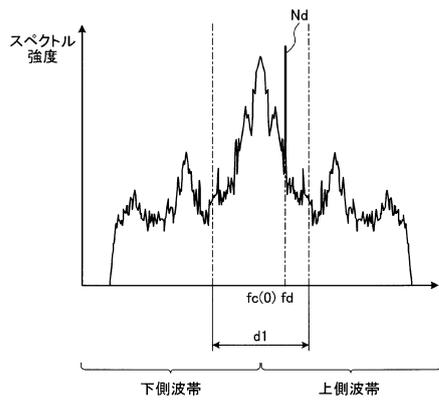
20

30

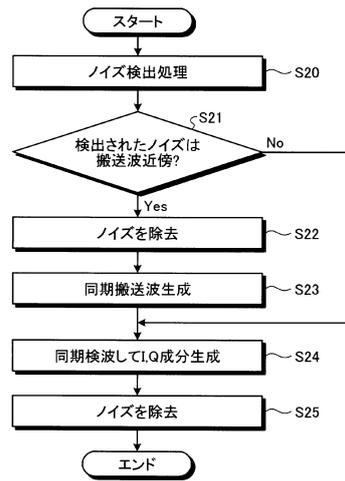
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 2 1 6 5 1 0 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 2 9 7 4 1 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 0 2 7 5 2 2 4 8 (C N , A)
欧州特許出願公開第 0 1 1 6 0 9 6 9 (E P , A 1)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 1 6 9 4 3 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 B 1 / 1 0