

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5658975号
(P5658975)

(45) 発行日 平成27年1月28日(2015.1.28)

(24) 登録日 平成26年12月5日(2014.12.5)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4B	1/10	(2006.01)	HO4B	1/10	L
HO4B	1/16	(2006.01)	HO4B	1/16	Z

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-247620 (P2010-247620)	(73) 特許権者	594009302
(22) 出願日	平成22年11月4日 (2010.11.4)		日本キャステム株式会社
(65) 公開番号	特開2012-100154 (P2012-100154A)		東京都立川市錦町1丁目4番4号
(43) 公開日	平成24年5月24日 (2012.5.24)	(73) 特許権者	501413954
審査請求日	平成25年10月31日 (2013.10.31)		アールコム株式会社
			東京都港区西新橋1丁目7番14号
		(74) 代理人	110000121
			アイアット国際特許業務法人
		(72) 発明者	細谷 進一
			東京都立川市錦町1丁目4番4号 日本キャステム株式会社内
		(72) 発明者	大黒 一弘
			東京都港区西新橋1丁目7番14号 アールコム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受信装置および受信方法、並びにプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、前記上側帯波と前記下側帯波との和信号と、前記上側帯波と前記下側帯波との差信号とを生成する生成手段と、

前記和信号と前記差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第1の変換手段と、周波数領域の値とされた前記和信号と周波数領域の値とされた前記差信号との差分を演算する演算手段と、

前記差分を時間領域の値に変換する第2の変換手段とを有することを特徴とする受信装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の受信装置において、前記生成手段は、受信した信号に搬送波の余弦成分と正弦成分とを乗算することにより、前記和信号と前記差信号とを生成することを特徴とする受信装置。

【請求項3】

請求項1に記載の受信装置において、周波数領域の値とされた前記和信号と周波数領域の値とされた前記差信号とのそれぞれに2乗平均の演算を適用することにより、前記和信号と前記差信号とを平均化する平均化手段をさらに有し、

20

前記演算手段は、平均化された前記和信号と、平均化された前記差信号との前記差分を演算する

ことを特徴とする受信装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の受信装置において、

周波数領域の値とされた前記和信号と、周波数領域の値とされた前記差信号との前記差分のゲインを調整する調整手段をさらに有し、

前記第 2 の変換手段は、ゲインが調整された前記差分を時間領域の値に変換する

ことを特徴とする受信装置。

【請求項 5】

振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、前記上側帯波と前記下側帯波との和信号と、前記上側帯波と前記下側帯波との差信号とを生成する生成ステップと、

前記和信号と前記差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第 1 の変換ステップと

、
周波数領域の値とされた前記和信号と周波数領域の値とされた前記差信号との差分を演算する演算ステップと、

前記差分を時間領域の値に変換する第 2 の変換ステップと

を含むことを特徴とする受信方法。

【請求項 6】

振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、前記上側帯波と前記下側帯波との和信号と、前記上側帯波と前記下側帯波との差信号とを生成する生成ステップと、

前記和信号と前記差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第 1 の変換ステップと

、
周波数領域の値とされた前記和信号と周波数領域の値とされた前記差信号との差分を演算する演算ステップと、

上記差分を時間領域の値に変換する第 2 の変換ステップと

を含む処理をコンピュータに行わせるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は受信装置および受信方法、並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

AM (Amplitude Modulation (振幅変調)) 放送波は、USB (Upper Sideband (上側帯波)) と LSB (Lower Sideband (下側帯波)) に同じ情報を乗せて送信される。USB または LSB 単独でも通信が成り立つ。USB または LSB のいずれか一方を単独で用いる通信は、SSB (Single Sideband) として知られている。従来の受信機は、USB と LSB の和信号を受信信号としていた。

【0003】

従来、上側波帯信号及び下側波帯信号の少なくとも一方を提供する独立的な側波帯回路と、前記下側波帯信号における望ましくない雑音に対する上側波帯信号における望ましくない雑音を表す品質信号を提供する少なくとも 1 つの品質検出器と、前記品質信号にตอบสนองして、該品質信号によって指定される忠実再生の観点から望ましい低い可聴雑音を有する、前記上側波帯信号のみ、前記下側波帯信号のみ、及び上下両側波帯信号のうちの 1 つを処理して、雑音の低減した前記変調オーディオ信号の実質上忠実な再生となるオーディオ出力信号を提供する少なくとも 1 つのセレクタとを設けるようにしたものもある (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第2995077号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、USBとLSBの和信号を受信信号とする場合、USBおよびLSBは同じ信号なので、USBとLSBとの和信号を用いることで信号は2倍になる。一方、USBまたはLSBの雑音は、相関が無いので、2の平方根（以下、2の平方根を $\sqrt{2}$ とも記載する）倍にとどまり、USBとLSBとの和信号を用いる場合、USB、LSB単独のものより $\sqrt{2}$ 倍S/N比（信号対雑音の比）が改善されるのみである。

10

【0006】

そこで、本発明は、上記課題を解決すること、すなわち、雑音をより低減できる受信装置および受信方法、並びに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】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の受信装置の一側面は、振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、上側帯波と下側帯波との和信号と、上側帯波と下側帯波との差信号とを生成する生成手段と、和信号と差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第1の変換手段と、周波数領域の値とされた和信号と周波数領域の値とされた差信号との差分を演算する演算手段と、差分を時間領域の値に変換する第2の変換手段とを有するものとされている。

20

【0009】

さらに、本発明の受信装置の一側面は、上述の構成に加えて、生成手段が、受信した信号に搬送波の余弦成分と正弦成分とを乗算することにより、和信号と差信号とを生成するものとされている。

【0011】

さらに、本発明の受信装置の一側面は、上述の構成に加えて、周波数領域の値とされた和信号と周波数領域の値とされた差信号とのそれぞれに2乗平均の演算を適用することにより、和信号と差信号とを平均化する平均化手段をさらに設け、演算手段が、平均化された和信号と、平均化された差信号との差分を演算するものとされている。

30

【0012】

また、本発明の受信装置の一側面は、上述の構成に加えて、周波数領域の値とされた和信号と、周波数領域の値とされた差信号との差分のゲインを調整する調整手段をさらに設け、第2の変換手段が、ゲインが調整された差分を時間領域の値に変換するものとされている。

【0013】

また、本発明の受信方法の一側面は、振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、上側帯波と下側帯波との和信号と、上側帯波と下側帯波との差信号とを生成する生成ステップと、和信号と差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第1の変換ステップと、周波数領域の値とされた和信号と周波数領域の値とされた差信号との差分を演算する演算ステップと、差分を時間領域の値に変換する第2の変換ステップとを含むものとされている。

40

【0014】

さらに、本発明のプログラムの一側面は、コンピュータに、振幅変調された送信信号を受信し、受信信号の搬送波の上側帯波および下側帯波から、上側帯波と下側帯波との和信号と、上側帯波と下側帯波との差信号とを生成する生成ステップと、和信号と差信号とをそれぞれ周波数領域の値に変換する第1の変換ステップと、周波数領域の値とされた和信号と周波数領域の値とされた差信号との差分を演算する演算ステップと、差分を時間領域の値に変換する第2の変換ステップとを含む処理を行わせるものとされている。

50

【発明の効果】

【0015】

本発明の一側面によれば、雑音をより低減できる受信装置および受信方法、並びにプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】受信装置の生成部の構成の例を示すブロック図である。

【図2】受信装置の雑音低減部の構成の例を示すブロック図である。

【図3】搬送波、上側帯波USB、および下側帯波LSBを示す図である。

【図4】雑音低減の処理を説明するフローチャートである。

10

【図5】和信号のスペクトルの例を示す図である。

【図6】差信号のスペクトルの例を示す図である。

【図7】和信号から差信号を引いた結果得られるスペクトルの例を示す図である。

【図8】コンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の一実施の形態の受信装置について、図1～図8を参照しながら説明する。

【0018】

以下の説明において、振幅変調された送信信号を受信する場合を例に説明するが、複数のアンテナによって、同じ信号を2つ以上の経路から受信するダイバーシティ受信装置においても、同様である。

20

【0019】

図1は、本発明の一実施の形態の受信装置の構成のうち、和信号および差信号を生成する生成部の構成の例を示すブロック図である。生成部は、搬送波抽出部11、乗算器12-1および12-2、並びにLPF(Low Pass Filter)13-1および13-2を含むように構成される。

【0020】

搬送波抽出部11は、振幅変調された送信信号(放送波)である、1つの送信信号を受信して得られる中間周波数の信号から搬送波成分を取り出す。搬送波抽出部11は、搬送波の余弦成分(cos成分)と正弦成分(sin成分)とを取り出す。搬送波抽出部11は、搬送波の余弦成分(cos成分)を乗算器12-1に供給し、正弦成分(sin成分)を乗算器12-2に供給する。

30

【0021】

乗算器12-1は、中間周波数の信号に搬送波の余弦成分(cos成分)を乗算し、その結果をLPF13-1に供給する。LPF13-1は、いわゆる低域フィルタであり、乗算器12-1から供給された信号から所定の周波数より高い成分を除去して、その結果を和信号Saとして出力する。

【0022】

乗算器12-2は、中間周波数の信号に搬送波の正弦成分(sin成分)を乗算し、その結果をLPF13-2に供給する。LPF13-2は、いわゆる低域フィルタであり、乗算器12-2から供給された信号から所定の周波数より高い成分を除去して、その結果を差信号Sbとして出力する。

40

【0023】

すなわち、生成部において、中間周波数から放送波に含まれている搬送波成分が取り出される。搬送波抽出部11により搬送波のSIN波成分およびCOS波成分が取り出される。乗算器12-1および12-2において、SIN波成分およびCOS波成分にそれぞれ中間周波数成分が乗算され、LPF13-1および13-2を通すことでCOS側から和信号Saが得られ、SIN側から差信号Sbが得られる。

【0024】

50

図 2 は、本発明の一実施の形態の受信装置の構成のうち、和信号Saおよび差信号Sbを用いて、雑音を低減する雑音低減部の構成の例を示すブロック図である。雑音低減部は、変換部 3 1、平均化部 3 2、スペクトル引き算部 3 3、ゲイン調整部 3 4、および逆フーリエ変換部 3 5 を含むように構成される。

【 0 0 2 5 】

変換部 3 1 は、和信号Saおよび差信号Sbとのそれぞれに、フーリエ変換の処理を適用する。変換部 3 1 は、和信号Saにフーリエ変換の処理を適用して得られた値Fa(f)を平均化部 3 2 およびゲイン調整部 3 4 に供給する。また、変換部 3 1 は、差信号Sbにフーリエ変換の処理を適用して得られた値Fb(f)を平均化部 3 2 に供給する。

【 0 0 2 6 】

変換部 3 1 は、フーリエ変換部 4 1 - 1 および 4 1 - 2 を含む。フーリエ変換部 4 1 - 1 は、和信号Saにフーリエ変換の処理を適用する。フーリエ変換部 4 1 - 2 は、差信号Sbにフーリエ変換の処理を適用する。

【 0 0 2 7 】

平均化部 3 2 は、値Fa(f)および値Fb(f)のそれぞれに、2乗平均の演算を適用することにより、値Fa(f)および値Fb(f)を平均化する。平均化部 3 2 は、値Fa(f)および値Fb(f)のそれぞれの平均化によりそれぞれ得られた値Sag(f)および値Sbg(f)をスペクトル引き算部 3 3 に供給する。

【 0 0 2 8 】

平均化部 3 2 は、スペクトル平均化部 4 2 - 1 および 4 2 - 2 を含む。スペクトル平均化部 4 2 - 1 は、値Fa(f)に2乗平均の演算を適用することにより、値Fa(f)を平均化する。スペクトル平均化部 4 2 - 2 は、値Fb(f)に2乗平均の演算を適用することにより、値Fb(f)を平均化する。

【 0 0 2 9 】

スペクトル引き算部 3 3 は、値Fa(f)の平均化により得られた値Sag(f)から、値Fb(f)の平均化により得られた値Sbg(f)を引き算し、その結果得られた差分をゲイン調整部 3 4 に供給する。

【 0 0 3 0 】

ゲイン調整部 3 4 は、和信号Saにフーリエ変換の処理を適用して得られた値Fa(f)を参照して、値Sag(f)から値Sbg(f)を引き算して得られた差分のゲインを調整し、ゲインが調整された差分を逆フーリエ変換部 3 5 に供給する。逆フーリエ変換部 3 5 は、ゲインが調整された差分に逆フーリエ変換の処理を適用し、その結果得られた値を出力する。

【 0 0 3 1 】

すなわち、雑音低減部は、和信号Saおよび差信号Sbをそれぞれ、フーリエ変換し、周波数成分に分解する。これにより、差信号Sbの雑音成分から雑音のスペクトルが得られる。雑音低減部において、雑音のスペクトルを平均化することで正確な値が得られる。

【 0 0 3 2 】

和信号Saの周波数成分は、信号成分と雑音成分の和と考えられ、平均雑音成分は、和信号Saと差信号Sbにおいて同じであるので、雑音低減部において、差信号Sbの雑音成分が和信号Saからスペクトル上で引き算されることにより雑音の少ないスペクトルが得られる。さらに、雑音低減部において、スペクトルに逆フーリエ変換を施すことにより、雑音を取り除いた信号が得られる。

【 0 0 3 3 】

受信装置の処理を説明する前に、まず、送信装置から送信されてくる送信信号（以下、放送波とも称し、振幅変調された送信信号をAM放送波とも称する）について説明する。

【 0 0 3 4 】

中間周波数におけるAM放送波の信号を単一周波数としても一般性を失わないので、仮に、周波数fの信号で放送（送信）されたとする。

【 0 0 3 5 】

変調度mの送信側の信号は、式（1）で表される。

10

20

30

40

50

$$m\cos(2\pi ft) \quad \dots (1)$$

【0036】

この場合、送信信号 $s(t)$ は、式(2)で表される。

$$s(t)=A\{1+m\cos(2\pi ft)\}\cos(2\pi t) \quad \dots (2)$$

ここで、式(2)において、信号の大きさ A 、信号周波数 f 、変調周波数、および時間 t が用いられる。

【0037】

さらに計算を進めると、式(3)が得られる。

$$s(t)=A\cos(2\pi t)+(Am/2)\cos(2\pi(f+1)t)+(Am/2)\cos(2\pi(1-f)t) \quad \dots (3)$$

式(3)において、 $A\cos(2\pi t)$ で表される成分は、搬送波と称され、 $(Am/2)\cos(2\pi(f+1)t)$ で表される成分は、上側帯波USBと称され、 $(Am/2)\cos(2\pi(1-f)t)$ で表される成分は、下側帯波LSBと称される

【0038】

図3は、搬送波、上側帯波USB、および下側帯波LSBを示す図である。図3において、横軸は、周波数を示し、縦軸は、ゲインを示す。よく知られているように、AM放送波は、図3に示されるように、上側帯波USBと下側帯波LSBとに分かれて送信される。

【0039】

雑音があると仮定し、ここでは上側帯波USBと下側帯波LSBとが別々の大きさになったとする。すると、上側帯波USBを式(4)のように表すことができ、下側帯波LSBを式(5)のように表すことができる。

$$(Am/2)\cos(2\pi(f+1)t) > U\cos(2\pi(f+1)t) \quad \dots (4)$$

$$(Am/2)\cos(2\pi(1-f)t) > L\cos(2\pi(1-f)t) \quad \dots (5)$$

【0040】

次に、図4のフローチャートを参照して、雑音低減の処理を説明する。

【0041】

まず、ステップS11において、生成部は、1つの信号から和信号 S_a と差信号 S_b とを生成する。すなわち、例えば、生成部は、式(6)に示されるように、中間周波数の信号に、同期回路の搬送波抽出回路で得られた搬送波成分のCOS成分を乗算し、和信号 S_a を生成する。例えば、搬送波成分は、搬送波にバンドパスフィルタを通すことで得られる。

$$s(t)\cos(2\pi t)=A\cos(2\pi t)+U\cos(2\pi(f+1)t)\cos(2\pi t)+L\cos(2\pi(1-f)t)\cos(2\pi t) \quad 30$$

$$=A/2\cos(4\pi t)+(U/2)\cos(2\pi(2+f)t)+(L/2)\cos(2\pi(2-f)t)$$

$$+A/2+(U/2)\cos(2\pi ft)+(L/2)\cos(2\pi ft)$$

$$\dots (6)$$

【0042】

ここでローパスフィルタにより変調周波数成分を取り除くことができる。また直流成分の $A/2$ も取り除くことができるので、式(7)に示される和信号 S_a が得られる。

$$S_a=(U/2)\cos(2\pi ft)+(L/2)\cos(2\pi ft) \quad \dots (7)$$

【0043】

ノイズがなければ上側帯波USBと下側帯波LSBの大きさは、同じなので、その大きさを G とすれば、式(8)および式(9)が成り立ち、送信信号と一致する。

$$(U/2)=(L/2)=(G/2) \quad \dots (8)$$

$$S_a=G\cos(2\pi ft) \quad \dots (9)$$

【0044】

また、生成部は、式(10)に示されるように、中間周波数の信号に、同期回路の搬送波抽出回路で得られた搬送波成分のSIN成分を乗算し、差信号 S_b を生成する。

$$s(t)\sin(2\pi t)=A\cos(2\pi t)\sin(2\pi t)+U\cos(2\pi(f+1)t)\sin(2\pi t)+L\cos(2\pi(1-f)t)\sin(2\pi t)$$

$$=(A/2)\sin(4\pi t)+(U/2)\sin(2\pi(2+f)t)+(L/2)\sin(2\pi(2-f)t)$$

$$-(U/2)\sin(2\pi ft)+(L/2)\sin(2\pi ft)$$

50

・・・(10)

【0045】

ここで、ローパスフィルタで変調周波数成分が取り除くことができるので、式(11)に示される差信号 S_b が得られる。

$$S_b = -(U/2)\sin(2ft) + (L/2)\sin(2ft) \quad \dots (11)$$

【0046】

ノイズがなければ上側帯波USBと下側帯波LSBの大きさは、同じなので、その大きさを G とすれば、式(12)および式(13)が成り立ち、ノイズのないことが示される。

$$(U/2) = (L/2) = (G/2) \quad \dots (12)$$

$$S_b = 0 \quad \dots (13)$$

10

【0047】

以上のことから、差信号 S_b によって、和信号 S_a に含まれている雑音の大きさがわかる。差信号 S_b の雑音は、雑音の大きさのみわかり、雑音の位相がわからないことを理解する必要がある。つまり雑音波形そのものはわからないが、その平均的な大きさはわかる。このため、雑音除去するには信号の大きさのみに着目し、その位相成分を考慮しないで行う。すなわち、以下では、雑音を含んでいる信号から、雑音に相当する大きさを減らすことで、雑音感を少なくする処理を行う。

【0048】

また、雑音は周波数に依存する量であることを考慮する。このため以下では、信号および雑音を周波数に関係する量、周波数の関数として扱う。

20

【0049】

式(7)に含まれる $\cos(2ft)$ の大きさは、一定なので、その係数 S_g に着目し、さらに周波数の関数であることを明示するため式(7)および式(11)を書き換える。すなわち、式(7)の S_a の大きさは、式(14)で表すことができる。

$$S_g(f) = U(f)/2 + L(f)/2 \quad \dots (14)$$

【0050】

また、式(11)の差信号 S_b の大きさ S_{bg} の係数は、式(15)のように書き換えることができる。

$$S_{bg}(f) = U(f)/2 - L(f)/2 \quad \dots (15)$$

【0051】

30

また、ノイズのあるときは上側帯波USBと下側帯波LSBは違ってくるので、上側帯波USBと下側帯波LSBを信号成分とノイズ成分に分けて考える。

$$U(f) = S(f) + N_u(f) \quad \dots (16)$$

$$L(f) = S(f) + N_l(f) \quad \dots (17)$$

【0052】

信号成分 S 、上側帯波USBのノイズ成分 N_u 、および下側帯波LSBのノイズ成分 N_l から、式(18)により、和信号 S_a の大きさが求められ、式(19)により、差信号 S_b の大きさが求められる。

$$S_g(f) = U(f)/2 + L(f)/2 = (2S(f) + N_u(f) + N_l(f))/2 \quad \dots (18)$$

$$S_{bg}(f) = -U(f)/2 + L(f)/2 = -(N_u(f) - N_l(f))/2 \quad \dots (19)$$

40

【0053】

このように、ステップS11において、1つの信号から和信号 S_a と差信号 S_b とが生成される。

【0054】

次に、ステップS12において、雑音低減部の変換部31は、和信号 S_a と差信号 S_b とをそれぞれフーリエ変換する。

【0055】

フーリエ変換後、和信号 S_a と差信号 S_b とは、各周波数に分解され、周波数ごとの成分に分けられる。一般に周波数ごとの成分は、複素数である。

【0056】

50

式(20)で示されるように、値 $F_a(f)$ は、和信号 S_a がフーリエ変換された結果求められる値である。また、式(21)で示されるように、値 $F_b(f)$ は、差信号 S_b がフーリエ変換された結果求められる値である。

$$\begin{aligned} S_a &> (\text{フーリエ変換}) > F_a(f) && \dots (20) \\ S_b &> (\text{フーリエ変換}) > F_b(f) && \dots (21) \end{aligned}$$

【0057】

なお、値 $F_a(f)$ および値 $F_b(f)$ は、周波数の関数であり、値 $F_a(f)$ および値 $F_b(f)$ に (f) を付したのは、周波数の関数であることを示すためである。

【0058】

ちなみにフーリエ変換後の絶対値は、式(22)および式(23)で表される。なお差信号に絶対値が付くのはスペクトルが負にならないようにするためである。 10

$$|F_a(f)| = S_a(f) = U(f)/2 + L(f)/2 = (2S(f) + N_u(f) + N_l(f))/2 \quad \dots (22)$$

$$|F_b(f)| = S_b(f) = |-U(f)/2 + L(f)/2| = |(N_u(f) - N_l(f))| / 2 \quad \dots (23)$$

【0059】

ステップS13において、平均化部32は、値 $F_a(f)$ および値 $F_b(f)$ のそれぞれに、2乗平均の演算を適用することにより、値 $F_a(f)$ および値 $F_b(f)$ を平均化する。すなわち、スペクトルの大きさを求めるためにそれぞれ2乗平均が行われる。信号と、上側帯波USBの雑音と、下側帯波LSBの雑音とが無相関であるので、平均計算する関数Aveを適用することで、無相関の定義から式(24)が成り立ち、2乗平均はそれぞれの和になる。 20

【0060】

$$\begin{aligned} \text{Ave}(S(f) * N_u(f)) &= 0 \\ \text{Ave}(S(f) * N_l(f)) &= 0 \\ \text{Ave}(N_u(f) * N_l(f)) &= 0 \end{aligned}$$

... (24)

【0061】

なお、式(22)または式(23)に含まれる2で割る部分は本質的でなく、式が煩雑になるので以下では言及しない。

【0062】

式(25)が成り立ち、おのおのの2乗和になる。

$$\text{Ave}((2S(f) + N_u(f) + N_l(f))^2) = \text{Ave}(2S(f)^2) + \text{Ave}(N_u(f)^2) + \text{Ave}(N_l(f)^2) \quad \dots (25)$$

30

【0063】

また、差信号 S_b において、和信号 S_a と同様に上側帯波USBと下側帯波LSBとが無相関であることを考慮すれば、差信号 S_b でも2乗平均はそれぞれの2乗和になる。

$$\text{Ave}((N_u(f) - N_l(f))^2) = \text{Ave}(N_u(f)^2) + \text{Ave}(N_l(f)^2)$$

... (26)

【0064】

和信号 S_a の2乗和に含まれるノイズは、差信号 S_b の2乗和に等しくなる。このことで和信号 S_a に含まれるノイズの大きさを推定できる。

【0065】

この様子を、図5および図6に示す。図5および図6において、黒丸は、信号のスペクトルを示し、矢印は、雑音(ノイズ)のスペクトルを示す。図7において、同様である。 40

【0066】

図5に示されるように、和信号 S_a に含まれるノイズは、信号とノイズの大きさを加算したものとなる。また図6に示されるように、差信号 S_b には、ノイズが現れる。

【0067】

図7に示されるように、和信号 S_a の2乗和から、差信号 S_b の2乗和を引くことでノイズのない信号の2乗和が得られる。しかしながら和信号 S_a と差信号 S_b の雑音は長時間の平均では一致するものの、短時間では一致しないので適当な長さの平均値が用いられる。

【0068】

50

すなわち、ステップS 1 4において、スペクトル引き算部 3 3は、和信号Saのスペクトルから差信号Sbのスペクトルを引き算することで、ノイズのない信号を得る。

【 0 0 6 9 】

式(2 5)に示される、和信号Saに含まれるノイズは、式(2 6)に示される差信号Sbから推定できる。

【 0 0 7 0 】

以上のことから、AM変調波のノイズ成分は、上側帯波USBと下側帯波LSBの和信号Saと差信号Sbの2乗和に一致する。AM放送において、和信号Saが聴取される。和信号Saの中のノイズ成分を差信号Sbから求め、周波数軸上でノイズに相当する部分を引き算することにより周波数ごとのノイズが無いと仮定したスペクトルが求まる。

10

【 0 0 7 1 】

このように、和信号Saと差信号Sbのそれぞれに、フーリエ変換を適用すると、値Fa(f)および値Fa(f)が得られるので、和信号Saと差信号Sbのノイズ成分の2乗和は一致することから、式(2 7)に示される計算を全ての周波数で行うことで、ノイズ除去された信号の2乗和が分かり、ノイズ除去された信号A(f)が求められる。

$$|A(f)|^2 = |Fa(f)|^2 - |Fb(f)|^2$$

・・・(2 7)

【 0 0 7 2 】

なお雑音が大きいきに(2 7)式が負または極端に小さくなるときがある。このときは0または小さい値に置き換えることができる。また(2 7)式の変わりに簡便的に絶対値でも計算できる。すなわち式(2 8)を用いることができる。

20

$$|A(f)| = |Fa(f)| - |Fb(f)|$$

・・・(2 8)

【 0 0 7 3 】

このように、 $|A(f)|^2$ の平方根を計算することで、各スペクトルの大きさが分かる。

【 0 0 7 4 】

しかしながら、各スペクトルの大きさは分かるがフーリエ変換後の実数、虚数成分は分からないので、和信号の実数、虚数の大きさに配分する。すなわち実数、虚数成分の比率を変えないで、大きさのみノイズ除去された値A(f)になるように実数、虚数に同じ値を乗算する。

30

【 0 0 7 5 】

この操作は信号の位相を変えることに相当するが、人間の聴覚特性は位相には鈍感なので、違和感が生じない。すなわち和信号のフーリエ変換を式(2 9)で書き換えることで雑音の少ない信号が得られる。

$$Fa(f) = Fa(f) |A(f)| / |Fa(f)|$$

・・・(2 9)

【 0 0 7 6 】

すなわち、ステップS 1 5において、ゲイン調整部 3 4は、和信号Saのスペクトルから差信号Sbのスペクトルが引き算された結果のゲインを調整する。

【 0 0 7 7 】

40

ステップS 1 6において、逆フーリエ変換部 3 5は、式(2 9)の演算の結果得られたFa(f)の値を逆フーリエ変換し、時間領域の値に戻すことで雑音除去された信号を得て、雑音低減の処理は終了する。

【 0 0 7 8 】

このように、AM放送波は上側帯波USBと下側帯波LSBの二つに分かれて送信されている。従来の受信機は上側帯波USBと下側帯波LSBの和信号Saを受信信号としているのに対し、上側帯波USBと下側帯波LSBの差信号Sbから雑音情報を得て、この雑音信号から和信号Saに含まれる雑音成分を推定し、和信号Saに含まれる雑音を低減する。AM放送と同様に、同じ信号を2つの経路から受信されるダイバーシティ受信機においても雑音低減ができる。

【 0 0 7 9 】

50

以上のように、上側帯波USBと下側帯波LSBの差信号Sbから得られる雑音成分で、和信号Saに含まれる雑音成分を推定し、推定した雑音部分を引くことにより雑音を低減することができる。

【0080】

元々雑音はランダムであり、AM放送波の下側帯波LSB側に含まれている雑音と上側帯波USB側に含まれている雑音はお互いに無関係な無相関の信号である。無相関の信号の和と差は同じ統計的性質を示す。つまり和信号Saの雑音と差信号Sbの雑音はその2乗和の平均値は同じ値を示す。差信号Sbに含まれている雑音の統計的性質を知ることによって、和信号Saの雑音を低減することが出来る。すなわち和信号Saに含まれているノイズの量を差信号Sbから推定し、それを引くことによって和信号Saに含まれているノイズを低減することができ、雑音の少ない信号を得ることができる。

10

【0081】

これにより単に和信号Saが $\sqrt{2}$ 倍のS/N改善にとどまるのに対して数倍の改善効果がある。また、AM放送の上側帯波USBと下側帯波LSBと同じように、別々の経路から同じ信号を送信するダイバーシティ受信にも同じように雑音が低減できる。

【0082】

以上のように、雑音をより低減できる。

【0083】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、プログラム記録媒体からインストールされる。

20

【0084】

図8は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【0085】

コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 201, ROM (Read Only Memory) 202, RAM (Random Access Memory) 203は、バス204により相互に接続されている。

30

【0086】

バス204には、さらに、入出力インタフェース205が接続されている。入出力インタフェース205には、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる入力部206、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部207、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる記憶部208、ネットワークインタフェースなどよりなる通信部209、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブルメディア211を駆動するドライブ210が接続されている。

【0087】

以上のように構成されるコンピュータでは、CPU201が、例えば、記憶部208に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース205及びバス204を介して、RAM203にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

40

【0088】

コンピュータ (CPU201) が実行するプログラムは、例えば、磁気ディスク (フレキシブルディスクを含む)、光ディスク (CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory), DVD (Digital Versatile Disc) 等)、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリなどよりなるパッケージメディアであるリムーバブルメディア211に記録して、あるいは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供される。

【0089】

50

そして、プログラムは、リムーバブルメディア 2 1 1 をドライブ 2 1 0 に装着することにより、入出力インタフェース 2 0 5 を介して、記憶部 2 0 8 に記憶することで、コンピュータにインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部 2 0 9 で受信し、記憶部 2 0 8 に記憶することで、コンピュータにインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM 2 0 2 や記憶部 2 0 8 にあらかじめ記憶しておくことで、コンピュータにあらかじめインストールしておくことができる。

【 0 0 9 0 】

なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

10

【 0 0 9 1 】

また、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

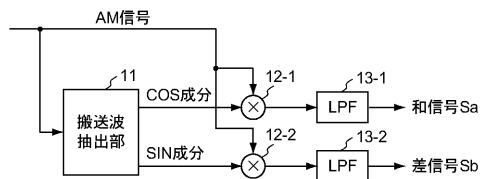
【 符号の説明 】

【 0 0 9 2 】

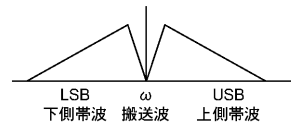
1 1 ... 搬送波抽出部、 1 2 - 1 および 1 2 - 2 ... 乗算器、 1 3 - 1 および 1 3 - 2 ... LPF、 3 1 ... 変換部、 3 2 ... 平均化部、 3 3 ... スペクトル引き算部、 3 4 ... ゲイン調整部、 3 5 ... 逆フーリエ変換部、 4 1 - 1 および 4 1 - 2 ... フーリエ変換部、 4 2 - 1 および 4 2 - 2 ... スペクトル平均化部、 2 0 1 ... CPU、 2 0 2 ... ROM、 2 0 3 ... RAM、 2 0 8 ... 記憶部、 2 0 9 ... 通信部、 2 1 1 ... リムーバブルメディア

20

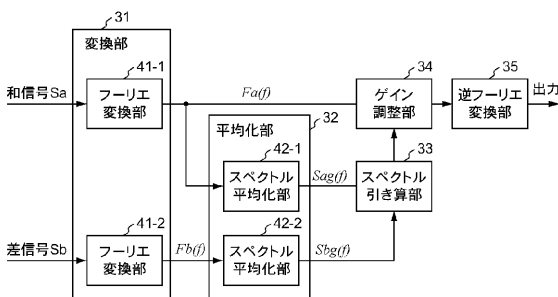
【 図 1 】



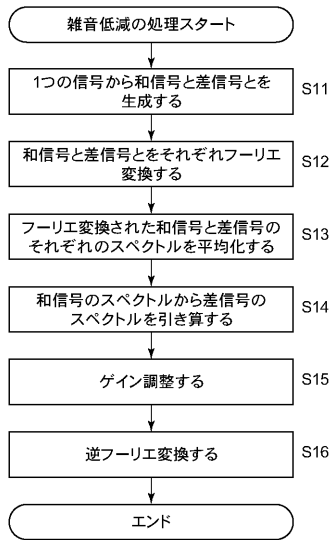
【 図 3 】



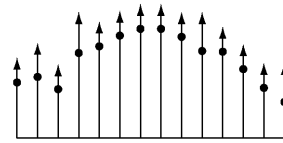
【 図 2 】



【図4】



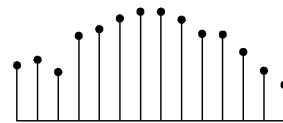
【図5】



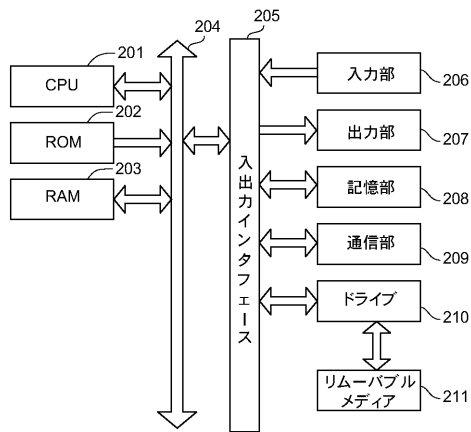
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

審査官 石田 昌敏

- (56)参考文献 特開平11-088208(JP,A)
特開平02-104037(JP,A)
国際公開第2007/122923(WO,A1)
特開平04-211523(JP,A)
特開2010-239273(JP,A)
特開平08-079203(JP,A)
特開2010-178227(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/10 - 1/14
H04B 7/02 - 7/12
H04B 1/16