(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3846546号

(P3846546)

(45)発行日　平成18年11月15日(2006.11.15)　(24)登録日　平成18年9月1日(2006.9.1)

(51)Int.Cl.		F I		
H04L 27/38	(2006.01)	H04L	27/00	G
H04B 3/06	(2006.01)	H04B	3/06	Z
H04B 1/707	(2006.01)	H04J	13/00	D
H04L 27/227	(2006.01)	H04L	27/22	B
H04L 27/22	(2006.01)	H04L	27/22	F

請求項の数 3　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2000-259029(P2000-259029)
(22)出願日　平成12年8月29日(2000.8.29)
(65)公開番号　特開2002-77287(P2002-77287A)
(43)公開日　平成14年3月15日(2002.3.15)
審査請求日　平成16年4月26日(2004.4.26)

(73)特許権者　000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目７番１号
(74)代理人　100123788
弁理士　宮崎　昭夫
(74)代理人　100127454
弁理士　緒方　雅昭
(74)代理人　100106138
弁理士　石橋　政幸
(72)発明者　久村　孝寛
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　石井　研一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】周波数オフセット推定器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

直交検波された複素復調シンボル系列を入力し、該複素復調シンボル系列に対応する既知シンボル系列の共役複素数と該複素復調シンボル系列との積を計算してシンボル情報成分を除去する複素乗算部と、

与えられた周波数オフセットにもとづいてシンボル情報成分除去後の前記複素復調シンボル系列の電力加算値を計算する複数の電力加算値計算部と、

前記複数個の電力加算値計算部から得られた電力加算値をもとにして前記電力加算値計算部へ与える周波数オフセットを制御しつつ前記複素復調シンボル系列に含まれる周波数オフセットを推定し、出力する周波数オフセット制御部を有し、

前記各電力加算値計算部は、与えられた周波数オフセットにもとづいて前記シンボル情報成分除去後の複素復調シンボル系列の位相を変化させる位相回転部と、該位相回転部が出力する複素シンボルを複数シンボル分加算するＮシンボル加算部と、該Ｎシンボル加算部によって計算された複素シンボル加算値の電力を計算しつつ複数シンボル分電力加算するＭ電力加算部とを含む周波数オフセット推定器。

【請求項２】

直交検波された複素復調シンボル系列を入力し、該複素復調シンボル系列に対応する既知シンボル系列の共役複素数と該複素復調シンボル系列との積を計算し、前記複素復調シンボル系列に含まれるシンボル情報成分を除去する複数の複素乗算部と、

これらシンボル情報成分を除去された複数個の複素復調シンボル系列を最大比合成して１

つの複素シンボル系列にする最大比合成部と、
与えられた周波数オフセットにもとづいて最大比合成後の前記複素シンボル系列の電力加算値を計算する複数の電力加算値計算部と、
前記複数個の電力加算値計算部から得られた電力加算値をもとにして前記電力加算値計算部へ与える周波数オフセットを制御しつつ該複素復調シンボル系列に含まれる周波数オフセットを推定し、出力する周波数オフセット制御部を有し、
前記各電力加算値計算部は、与えられた周波数オフセットにもとづいて最大比合成後の該複素シンボル系列の位相を変化させる位相回転部と、該位相回転部が出力する複素シンボルを複数シンボル分加算するＮシンボル加算部と、該Ｎシンボル加算部によって計算された複素シンボル加算値の電力を計算しつつ複数シンボル分電力加算するＭ電力加算部とを含む周波数オフセット推定器。

【請求項３】
直交検波された複素復調シンボル系列を入力し、該複素復調シンボル系列に対応する既知シンボル系列の共役複素数と該複素復調シンボル系列との積を計算してシンボル情報成分を除去する複素乗算部と、与えられた周波数オフセットにもとづいてシンボル情報成分除去後の前記複素復調シンボル系列の電力加算値を計算する複数の電力加算値計算部と、前記複数個の電力加算値計算部から得られた電力加算値をもとにして前記電力加算値計算部へ与える周波数オフセットを制御しつつ前記複素復調シンボル系列に含まれる周波数オフセットを推定し、出力する周波数オフセット制御部を有し、前記各電力加算値計算部は、与えられた周波数オフセットにもとづいて前記シンボル情報成分除去後の複素復調シンボル系列の位相を変化させる位相回転部と、該位相回転部が出力する複素シンボルを複数シンボル分加算するＮシンボル加算部と、該Ｎシンボル加算部によって計算された複素シンボル加算値の電力を計算しつつ複数シンボル分電力加算するＭ電力加算部を含む複数の周波数オフセット推定部と、
これら複数の周波数オフセット推定部から得られた周波数オフセット推定値を最大比合成して１つの周波数オフセット推定値とする最大比合成部とを有する周波数オフセット推定器。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は直交変調方式によって変調された信号を復調する受信機に使用される周波数オフセット推定器に関する。

【０００２】
【従来の技術】
陸上移動通信において、検波方式として一般に使用されている準同期検波は、送信キャリア周波数と受信機の準同期検波用基準キャリア周波数が一致していなくてはならない。しかし、送受信機の発振器の周波数安定度や精度が十分でない場合、両者の周波数に違いが生じる。これを周波数オフセットと呼ぶ。周波数オフセットがある場合、検波後の信号は位相回転してしまうため、正しく復調できない。これを防ぐために、一般にＡＦＣ（Automatic Frequency Control）が使用される。ＡＦＣは送信側キャリア周波数と受信側キャリア周波数の間の周波数オフセットを推定し、発振器の周波数を制御する。さらに、この周波数オフセットによって発生する復調シンボルの位相回転を補正する。

【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
従来、ＡＦＣにおける周波数オフセット推定器として、特開平８－２１３９３３号公報の第２図や「１９９６年６月，信学技法　ＲＣＳ９６－２５，第１～６項，“広い周波数引き込み範囲を有する１／２シンボル遅延検波型ＡＦＣの特性”」、「１９９８年９月，信学技法　ＲＣＳ９８－８１，第１３～１８項，“時間分散の大きいフェージング伝送路における周波数オフセット推定方式”」等にみられるように遅延検波を用いた周波数オフセット推定器が使用されてきた。しかし、遅延検波型周波数オフセット推定器は、雑音電力

に対するキャリア電力の比ＣＮＲ（Carrier to Noise Power Ratio）が低い場合に著しく推定精度が劣化するという欠点がある。

【０００４】

例えば、準同期検波を用いているＣＤＭＡ（Code Division Multiple Access）通信方式では、レイク合成によるパスダイバーシチ効果を有効に活用しており、さらに誤り訂正符号や送信電力制御などの効果により、ビット誤り率ＢＥＲ（Bit Error Rate）＝０．１％における所要ＳＮＲ（Signale to Noise Power Ratio）は０ｄＢ程度となる場合もある。そのため、ＣＮＲが低くとも周波数オフセットを推定できる方式が必要となる。

【０００５】

従来の周波数オフセット推定器について、図６を用いて説明する。図６の遅延検波型周波数オフセット推定器では、シンボル間の位相差により周波数オフセットを推定する。まず、直交検波された複素復調シンボル系列１とそれに対応する既知シンボル系列２の複素共役との積を複素乗算部３で計算する。この積を複素シンボル系列１３として遅延検波部１５に入力する。遅延検波部１５は、複素シンボル系列１３を遅延回路１６によって数シンボル遅延させ、遅延回路１６を通過した遅延シンボルの複素共役と元の複素シンボル系列１３との積を計算する。この積は平均化回路１７に与えられ平均化された後、周波数オフセット推定値１８として出力される。このとき、直交検波された複素復調シンボル１に加わった雑音が大きくなると、シンボル間の位相差のばらつきも大きくなり、結果として周波数オフセットの推定精度が劣化してしまう。遅延検波を用いた場合でも、遅延シンボル数を増やせばある程度推定精度は向上することが知られている。これは、雑音による位相のばらつきに対してシンボル間の位相差が相対的に大きくなるためである。しかし、遅延シンボル数を増やすと推定可能な周波数オフセットの範囲が狭くなってしまうという欠点がある。したがって、遅延検波型周波数オフセット推定器を用いた場合、遅延シンボル数に関して推定精度と推定範囲のトレードオフはさけられない。

【０００６】

一方、他の周波数オフセット推定方式としてＦＦＴ（Ｆａｓｔ　Ｆｏｕｒｉｅｒ　Ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）を利用する方法が提案されている。この種の推定方式では、受信したシンボルをＦＦＴで周波数領域へ変換し、スペクトル包絡線のピークを示す周波数を周波数オフセットと判断する。受信信号のＣＮＲが低い場合でも比較的ピークが得られやすいので、低ＣＮＲ時の推定精度は遅延検波よりも優れている。ただし、推定精度はＦＦＴの次数に依存している。文献「電子情報通信学会論文誌Ａ　Ｖｏｌ．Ｊ　７０－Ａ，Ｎｏ．５，第７９８～８０５頁，“ＦＦＴを用いた高精度周波数決定法”」では、ＦＦＴを使って周波数を推定する場合は少なくとも３２点以上のＦＦＴを使用すべきだと述べている。しかし、３２点以上のＦＦＴが使用できない場合もある。

【０００７】

従来から、周波数オフセットの推定には予め決められた順番で送信される既知のシンボルを使っていた。移動体通信では、いくつかのシンボルで構成される区間をスロットと呼ぶが、このスロットにはパイロットシンボルやデータシンボル、制御シンボルなどが配置される。パイロットシンボルとは、予め決められた順番で送信される既知のシンボルである。スロット内のシンボル総数は十数個から数百個程度であるが、通常パイロットシンボルの数はデータシンボルよりも少ない。

【０００８】

次世代移動通信の国際標準ＩＭＴ－２０００を例にとると、文献「3G TS 25.211 version 3.2.0, 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Network; Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)」に記述されているように、ビットレートが高い場合でも１つのスロットには高々１６個しかパイロットシンボルを含まない。つまり、１スロット区間の連続するパイロットシンボルを使って周波数オフセットを推定する場合、ＦＦＴを利用するにはパイロットシンボル数が少ないのである。複数スロット区間のパイロットシンボルを使う場合、推定可能な周波数オフセットの範囲が狭くなってしまう。

【０００９】
他方、特開平９－２０００８１号公報の第１図にみられるようなピーク検出型の周波数オフセット推定方式も提案されている。この方式は、直接符号拡散通信方式において、絶対値の等しく符号の異なる周波数オフセットを予め与えた複素拡散符号を用いて直交検波されたベースバンド複素信号を逆拡散し、最大ピークを検出したタイミングで得られる数シンボルの平均を求め、予め測定しておいた変換表を用いてその電力値を周波数オフセットに変換する周波数オフセット推定方式である。この推定方式は、周波数オフセットを与えた拡散符号によって逆拡散したシンボルの平均値を使うため、低ＣＮＲ時における推定精度は遅延検波型よりも良いと考えられる。しかし、周波数オフセットを得るためには予め変換表を作る必要がある。変換表を使う場合、装置間の素子の特性がばらつくと変換後の周波数オフセットが装置によって異なることも考えられるため、一般には変換表の作成は容易ではない。また、変換表を保存しておくためのメモリも必要となる。さらに、装置間の素子特性のばらつきを押さえるために補正が必要になる。

【００１０】
本発明の目的は、ＣＤＭＡ通信方式において低ＣＮＲ時でも推定精度が劣化しにくい周波数オフセット推定器を提供することである。

【００１１】
【課題を解決するための手段】
本発明の第１の態様によれば、周波数オフセット推定器は複素乗算部と周波数オフセット推定部を有する。周波数オフセット推定部は複数の電力加算値計算部と周波数オフセット制御部からなる。

【００１２】
複素乗算部は、直交検波された複素復調シンボル系列を入力し、該複素復調シンボル系列に対応する既知シンボル系列の共役複素数と該複素復調シンボル系列との積を計算してシンボル情報成分を除去する。

【００１３】
各電力加算値計算部は、与えられた周波数オフセットにもとづいてシンボル情報成分除去後の複素復調シンボル系列の電力加算値を計算するもので、与えられた周波数オフセットにもとづいてシンボル情報成分除去後の複素復調シンボル系列の位相を変化させる位相回転部と、位相回転部が出力する複素シンボルを複数シンボル分加算するＮシンボル加算部と、Ｎシンボル加算部によって計算された複素シンボル加算値の電力を計算しつつ複数シンボル分電力加算するＭ電力加算部からなる。

【００１４】
周波数オフセット制御部は、複数個の電力加算値計算部から得られた電力加算値をもとにして電力加算値計算部へ与える周波数オフセットを制御しつつ複素復調シンボル系列に含まれる周波数オフセットを推定し、出力する。

【００１５】
このように、周波数オフセット推定において同相加算による利得を利用し、さらに電力加算によって同相加算した電力値を平均化しているため、結果的に受信キャリア電力のＣＮＲよりも数ｄＢ高いＣＮＲで周波数オフセット推定を行うことができる。

【００１６】
本発明の第２の態様によれば、周波数オフセット推定器は複数の複素乗算部と最大比合成部と複数の電力加算値計算部と周波数オフセット制御部を有する。

【００１７】
各複素乗算部は、直交検波された複素復調シンボル系列を入力し、該複素復調シンボル系列に対応する既知シンボル系列の共役複素数と該複素復調シンボル系列との積を計算し、各々の複素復調シンボル系列に含まれるシンボル情報成分を除去する。最大比合成部はこれらシンボル情報成分を除去された複数個の複素復調シンボル系列を最大比合成して１つの複素シンボル系列にする。電力加算値計算部と周波数オフセット制御部は第１の態様中の対応するものと同じである。

【００１８】
本発明の第３の態様によれば、周波数オフセット推定器は第１の態様の複数の周波数オフセット推定器と、これら周波数オフセット推定器の周波数オフセット推定値を最大比合成する最大比合成部を有する。
【００１９】
【発明の実施の形態】
次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。
【００２０】
図１を参照すると、本発明の第１の実施形態の周波数オフセット推定器は、直交検波された複素復調シンボル系列１とそれらに対応する既知シンボル系列２を入力信号として使用し、複素乗算部３と周波数オフセット推定部１１からなる。周波数オフセット推定部１１は、電力加算値計算部２０ａ，２０ｂ，２０ｃと周波数オフセット制御部７からなる。電力加算値計算部２０ａは位相回転部４ａとＮシンボル加算部５ａとＭ電力加算部６ａからなる。電力加算値計算部２０ｂ，２０ｃも同様にして、それぞれ位相回転部４ｂ，４ｃ、Ｎシンボル加算部５ｂ，５ｃ、Ｍ電力加算部６ｂ，６ｃからなる。
【００２１】
まず、直交検波された複素復調シンボル系列１と既知シンボル系列２の共役複素数との積を複素乗算部３を用いて計算する。この処理によって復調シンボル系列に含まれるシンボル情報成分が取り除かれ、周波数オフセットによって位相回転した複素シンボル系列１３を取り出すことができる。既知シンボル系列としては、一般に直交変調を用いた通信方式で使用されるパイロットシンボルを使用する。また、直接符号拡散通信方式においては、既知の拡散コードとパイロットシンボルの積を既知シンボル系列として使用することもできる。従来は、この複素シンボル系列１３を用いた遅延検波により周波数オフセットを推定していた。
【００２２】
本実施形態では、複素シンボル系列１３に異なる３つの周波数オフセットを与えて複数シンボル分加算し、さらにその電力を複数シンボル分加算する。算出した３つの電力加算値をもとにして複素シンボル系列１３に与える周波数オフセットを適切に制御し、この処理を何度か繰り返すことにより周波数オフセットを推定する。
【００２３】
複素乗算部３から出力された複素シンボル系列１３は位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃに与えられる。位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃはそれぞれ周波数オフセット制御部７から与えられた周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃにもとづいて複素シンボル系列１３の位相を変化させる。周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃはシンボル当たりの位相変化量として与えられる。位相回転部４ａは、複素シンボル系列１３の位相を負方向へ周波数オフセットｆａ分回転させる。位相回転部４ｂ，４ｃも同様にして、複素シンボル系列１３の位相を負方向へ周波数オフセットｆｂ，ｆｃ分回転させる。位相回転部４ａから出力された複素シンボルはＮシンボル加算部５ａに、位相回転部４ｂの出力はＮシンボル加算部５ｂに、位相回転部４ｃの出力はＮシンボル加算部５ｃにそれぞれ与えられる。Ｎシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃは位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃから入力された値をＮシンボル分（Ｎは２以上の整数）加算し、Ｎシンボル加算部５ａはＭ電力加算部６ａに、Ｎシンボル加算部５ｂはＭ電力加算部６ｂに、Ｎシンボル加算部５ｃはＭ電力加算部６ｃに、加算後の値をそれぞれ出力する。
【００２４】
仮に、周波数オフセット制御部７が出力する周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃのうちどれかが推定すべき真の周波数オフセットに近い場合、その周波数オフセットを与えつつ加算した加算値は、他の周波数オフセットを与えて加算した加算値よりも大きな値を取る。さらに、Ｎシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃにおける加算によって、加算後のシンボルに占める加法性白色ガウス雑音の割合も相対的に減少する。
【００２５】

M電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃはNシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃから入力された値の電力を計算し、M回（Mは２以上の整数）電力加算する。これにより、Nシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃから出力される加算値の電力値を平均化する。こうして得られた３つの電力加算値は周波数オフセット制御部７に与えられる。Nシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃにおいてNシンボル分の加算を、M電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃにおいてM回の電力加算を行うので、M電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃは直交検波されたＮ×Ｍ個の複素復調シンボルを使って各々１つの電力加算値を周波数オフセット制御部７へ出力する。

【００２６】

周波数オフセット制御部７はM電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃから入力された３つの電力加算値にもとづいて、位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃへ与える周波数オフセットを制御する。周波数オフセットを与えつつ加算および電力加算した３つの電力値は、与えた周波数オフセットが推定すべき真の周波数オフセットに近いほど大きな値を示す。したがって、その大小関係をもとにして位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃへ与える周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃを制御することができる。

【００２７】

位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃへ与えられる周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃが周波数オフセット制御部７によって更新されると、更新された周波数オフセットを用いて、再び位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃとNシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃとM電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃにより電力加算値を計算する。周波数オフセット制御部７は算出された電力加算値を用いて周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃを再び適切に制御する。この電力加算値の計算と周波数オフセットの更新を何度か繰り返した後、周波数オフセット制御部７は周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃの中から１つを選んで周波数オフセット推定値８として出力する。

【００２８】

次に、M電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃが算出する３つの電力加算値の大小関係について、図２を使って説明する。図２は図１における複素シンボル系列１３の電力スペクトル分布を示している。横軸は周波数を、縦軸は電力スペクトルの大きさを示す。図１における複素シンボル系列１３は、直交検波された複素復調シンボル系列１と既知シンボル系列２の複素共役との積であるから、周波数オフセットが無ければ直流成分にピークが存在するはずである。正の周波数オフセットｆｚを含んでいる場合、図２に示すように複素シンボル系列１３の電力スペクトルは中心周波数がｆｚだけ正の方向にシフトした、単純な凸波形となっている。つまり、周波数オフセットｆｚにおける電力スペクトルが最も大きく、ｆｚから離れるに従って電力スペクトルは減少する。

【００２９】

いま、図１の周波数オフセット推定器において位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃへ与える周波数オフセットをそれぞれｆａ，ｆｂ，ｆｃと表し、ｆａ＜ｆｂ＜ｆｃという大小関係を持たせる。さらに、各周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃ，における電力スペクトルをそれぞれＰａ，Ｐｂ，Ｐｃとすると、ｆａ，ｆｂ，ｆｃとｆｚの大小関係によりＰａ，Ｐｂ，Ｐｃの大小関係が変化する。図２（１）のようにｆａ＜ｆｂ＜ｆｃ＜ｆｚである場合、電力スペクトルの大小関係はＰａ＜Ｐｂ＜Ｐｃとなる。反対に、ｆｚ＜ｆａ＜ｆｂ＜ｆｃである場合は、図２（２）のようにＰａ＞Ｐｂ＞Ｐｃとなる。このような関係を使って、周波数オフセット制御部７は位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃに与える周波数オフセットを制御する。

【００３０】

次に、図３を用いて周波数オフセット制御部７の具体例について説明する。周波数オフセット制御部７にはM電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃからそれぞれ電力値Ｐａ，Ｐｂ，Ｐｃが与えられる。Ｐａは、周波数オフセットｆａを位相回転部４ａへ与えつつNシンボル加算部５ａとM電力加算部６ａが計算した電力加算値である。Ｐｂは、周波数オフセットｆｂを位相回転部４ｂへ与えつつNシンボル加算部５ｂとM電力加算部６ｂが計算した電力加算値である。Ｐｃは、周波数オフセットｆｃを位相回転部４ｃへ与えつつNシンボル加算

部５ｃとM電力加算部６ｃが計算した電力加算値である。これら３つの電力加算値Ｐａ，Ｐｂ，Ｐｃを用いて、位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃへ与える周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃを更新する。先ほど述べたｆｚとｆａ，ｆｂ，ｆｃと電力スペクトルの関係を利用して、電力加算値ＰａとＰｂとＰｃを比較してｆｃａｎｄを決定する。以下にｆｃａｎｄを決定する式の一例を示す。

（１）電力加算値ＰａとＰｂとＰｃの大小関係がＰａ＞Ｐｂ＞Ｐｃである場合、ｆｃａｎｄ＝ｆａとする。

（２）電力加算値ＰａとＰｂとＰｃの大小関係がＰｃ＞Ｐｂ＞Ｐａである場合、ｆｃａｎｄ＝ｆｃとする。

（３）電力加算値ＰａとＰｂとＰｃの大小関係が（１）、（２）に当てはまらない場合、ｆｃａｎｄ＝ｆｂとする。

さらに、Δｆなる値を使用する。Δｆは現在の値の１／２を次のΔｆとする。

【００３１】

Δｆ＝Δｆ／２

このようにして決定したｆｃａｎｄとΔｆを用いて、周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃを次式のように更新する。

【００３２】

ｆａ＝ｆｃａｎｄ＋Δｆ

ｆｂ＝ｆｃａｎｄ

ｆｃ＝ｆｃａｎｄ－Δｆ

このようなｆａ，ｆｂ，ｆｃの決定方法に従った場合、ｆｂには更新前のｆａ，ｆｂ，ｆｃのいずれかの値が代入される。したがって、更新前に計算した電力加算値Ｐａ，Ｐｂ，Ｐｃのうちｆｃａｎｄに対応する電力加算値を、そのまま次回のｆａ，ｆｂ，ｆｃの更新時にＰｂとして使用することができる。つまり、ｆａ，ｆｂ，ｆｃを最初に更新する場合は、位相回転部４ａ，４ｂ，４ｃとNシンボル加算部５ａ，５ｂ，５ｃとM電力加算部６ａ，６ｂ，６ｃを全て動作させて、電力加算値Ｐａ，Ｐｂ，Ｐｃを計算するが、１度ｆａ，ｆｂ，ｆｃを更新すれば位相回転部４ｂ、Nシンボル加算部５ｂ、M電力加算部６ｂを動作させる必要はない。以上のようにして、周波数オフセット制御部７は周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃを何度か更新した後、ｆｃａｎｄを周波数オフセット推定値８として出力する。もちろん、上記以外のｆａ，ｆｂ，ｆｃの決定方法を使用することも可能である。

【００３３】

次に、本発明の第２の実施の形態について図４を使って説明する。本実施形態の周波数オフセット推定器は、直交検波されたＰ個の複素復調シンボル系列１（＃１－＃Ｐ）と、それらに対応する既知シンボル系列２（＃１－＃Ｐ）を入力信号として使用し、複素乗算部３と最大比合成部９と周波数オフセット推定部１１により周波数オフセットを推定する。周波数オフセット推定部１１は図１の周波数オフセット推定部１１と全く同じ機能を有する。

【００３４】

複数個の複素復調シンボル系列１は、例えば異なるアンテナからの信号であってもよいし、例えば直接拡散通信方式におけるマルチパス信号であってもよい。複数個の複素復調シンボル系列１を用いることにより、いくらかの利得が期待でき、冗長性を持たせることもできる。

【００３５】

直交検波された複素復調シンボル系列＃１－＃Ｐとそれらに対応する既知シンボル系列＃１－＃Ｐの共役複素数との積が複素乗算部３によって計算され、それらは最大比合成部９へ入力される。最大比合成部９は、まず、複素乗算部３から入力された複素シンボル系列＃１－＃ＰのＣＮＲを推定する。次に、合成後のＣＮＲが最大となるように各シンボル系列に対する重み係数を各シンボル系列のＣＮＲから決定する。そして、決定した重み係数を用いて＃１－＃Ｐの各シンボル系列を重み付けした後同相で合成し、複素シンボル系列

１４として出力する。最大比合成された複素シンボル系列１４は周波数オフセット推定部１１へ与えられる。周波数オフセット推定部１１の動作は、図１と全く同じである。

【００３６】

次に、本発明の第３の実施の形態について図５を使って説明する。本実施形態の周波数オフセット推定器は、直交検波されたＰ個の複素復調シンボル系列１（＃１－＃Ｐ）と、それらに対応する既知シンボル系列２（＃１－＃Ｐ）を用いており、各複素復調シンボル系列１に対して独立に周波数オフセット推定を行う第１の実施形態のＰ個の周波数オフセット推定器１２と、それら周波数オフセット推定器１２の推定したＰ個の周波数オフセット推定値を最大比合成する最大比合成部１９からなる。

【００３７】

まず、直交検波された複素復調シンボル系列＃１－＃ＰはＰ個の周波数オフセット推定器１２に入力される。周波数オフセット推定器１２は第１の実施形態の周波数オフセット推定器である。周波数オフセット推定器１２は対応する複素シンボル系列＃１－＃Ｐを用いて周波数オフセット推定値８をそれぞれ推定する。最大比合成部１９は、まず、複素シンボル系列＃１－＃Ｐに対する情報シンボル成分除去後の複素シンボル系列１３のＣＮＲを推定する。次に、複素シンボル系列＃１－＃Ｐに対する複素シンボル系列１３を合成した場合のＣＮＲが最大となるように各シンボル系列に対する重み付け係数を各シンボル系列のＣＮＲから決定する。そして、決定した重み係数を用いて複素復調シンボル系列＃１－＃Ｐに対応するＰ個の周波数オフセット推定値８を重み付け加算し、周波数オフセット推定値１０として出力する。

【００３８】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、雑音電力に対する受信キャリア電力の比が低い場合でも周波数オフセットを推定できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態の周波数オフセット推定器のブロック図である。

【図２】周波数オフセットｆｚを含む信号の電力スペクトルと周波数オフセット制御部７が制御する周波数オフセットｆａ，ｆｂ，ｆｃとの関係を示す図である。

【図３】周波数オフセット制御部７の具体例を示すブロック図である。

【図４】本発明の第２の実施の形態の周波数オフセット推定器のブロック図である。

【図５】本発明の第３の実施の形態の周波数オフセット推定器のブロック図である。

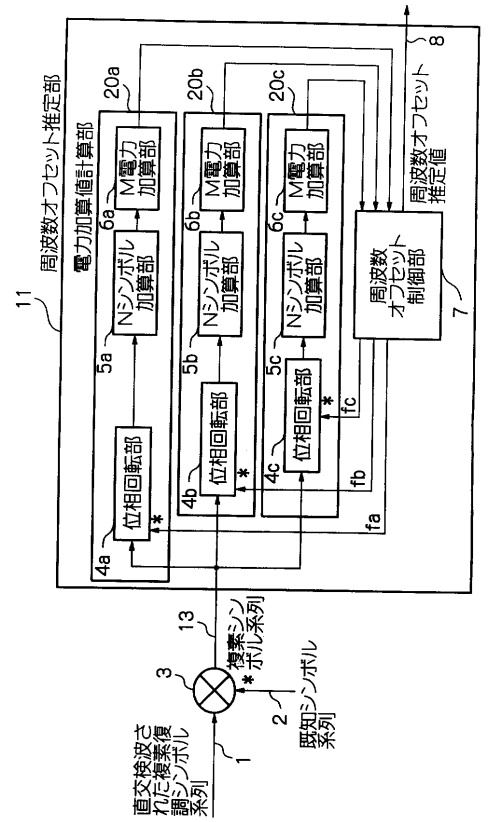
【図６】遅延検波を用いた従来の周波数オフセット推定器を示すブロック図である。

【符号の説明】

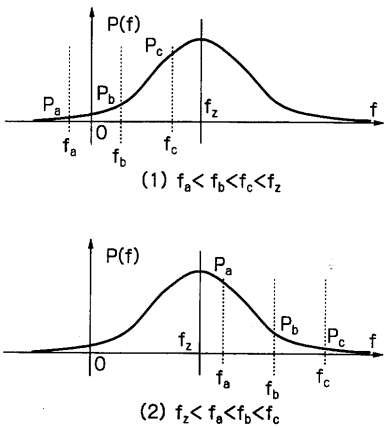
１　　直交検波された複素復調シンボル系列
２　　既知シンボル系列
３　　複素乗算部
４ａ，４ｂ，４ｃ　　位相回転部
５ａ，５ｂ，５ｃ　　Ｎシンボル加算部
６ａ，６ｂ，６ｃ　　Ｍ電力加算部
７　　周波数オフセット制御部
８　　周波数オフセット推定値
９　　最大比合成部
１０　　周波数オフセット推定値
１１　　周波数オフセット推定部
１２　　周波数オフセット推定部
１３　　複素復調シンボル系列から情報成分を除去された複素シンボル系列
１４　　複数個の複素復調シンボル系列から情報成分を除去して最大比合成された複素シンボル系列
１５　　従来の周波数オフセット推定器における遅延回路
１６　　従来の周波数オフセット推定器における遅延検波部

１７　　従来の周波数オフセット推定器における平均化回路
１８　　従来の周波数オフセット推定器によって推定された周波数オフセット推定値
１９　　最大比合成部
２０ａ，２０ｂ，２０ｃ　　電力加算値計算部
ｆａ　　周波数オフセット生成部４ａが生成する周波数オフセット
ｆｂ　　周波数オフセット生成部４ｂが生成する周波数オフセット
ｆｃ　　周波数オフセット生成部４ｃが生成する周波数オフセット
Ｐａ　　周波数オフセットｆａを与えつつ加算および電力加算した電力加算値
Ｐｂ　　周波数オフセットｆｂを与えつつ加算および電力加算した電力加算値
Ｐｃ　　周波数オフセットｆｃを与えつつ加算および電力加算した電力加算値
ｆｃａｎｄ　　周波数オフセット推定値の候補となる周波数オフセット
Δｆ　　周波数オフセット推定値の候補ｆｃａｎｄに対して加える微少周波数オフセット

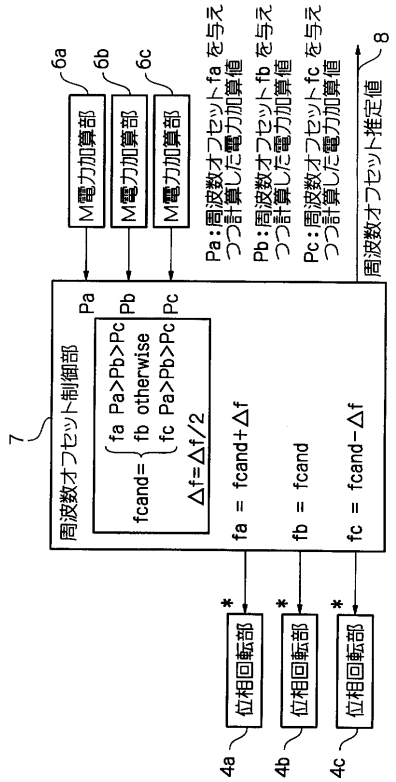
【図１】



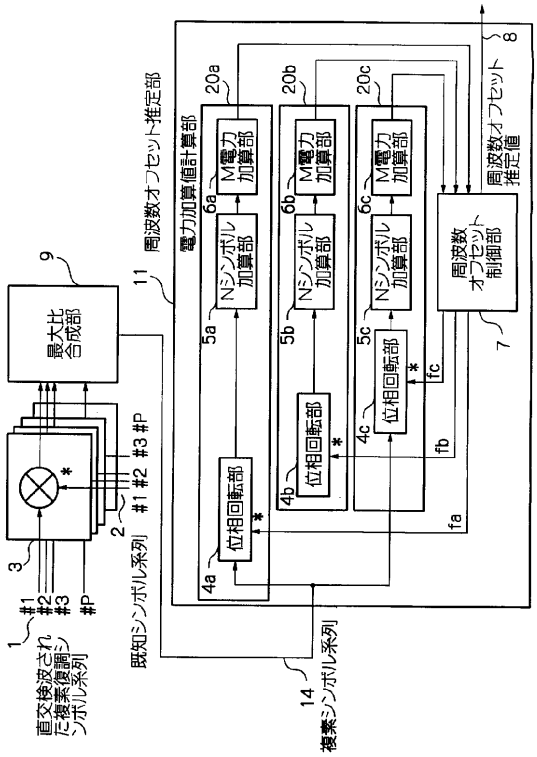
【図２】



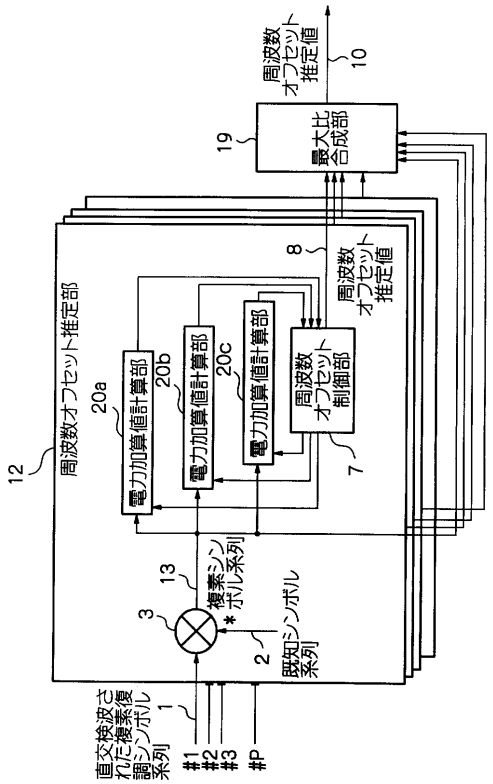
【図３】


M電力加算部
Pa:周波数オフセットfaを与えつつ計算した電力加算値
Pb:周波数オフセットfbを与えつつ計算した電力加算値
Pc:周波数オフセットfcを与えつつ計算した電力加算値
周波数オフセット推定値
周波数オフセット制御部
fa Pa>Pb>Pc
fb otherwise
fc Pa>Pb>Pc
fcand=
Δf=Δf/2
fa = fcand+Δf
fb = fcand
fc = fcand−Δf
位相回転部

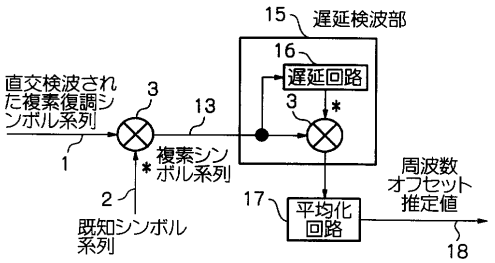
【図４】


最大比合成部
周波数オフセット推定部
電力加算値計算部
Nシンボル加算部
M電力加算部
位相回転部
周波数オフセット制御部
周波数オフセット推定値
直交検波された複素復調シンボル系列
既知シンボル系列
複素シンボル系列

【図５】


周波数オフセット推定部
電力加算値計算部
周波数オフセット制御部
最大比合成部
周波数オフセット推定値
複素シンボル系列
既知シンボル系列
直交検波された複素復調シンボル系列

【図６】


遅延検波部
遅延回路
直交検波された複素復調シンボル系列
複素シンボル系列
既知シンボル系列
平均化回路
周波数オフセット推定値

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０９－２０００８１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２１３９３３（ＪＰ，Ａ）
棚田ほか，広い周波数引き込み範囲を有する１／２シンボル遅延検波型ＡＦＣの特性，信学技法，日本，電子情報通信学会，１９９６年 6月，ＲＣＳ９６－２５，１－６
林ほか，時間分散の大きいフェージング伝送路における周波数オフセット推定方式，信学技法，日本，電子情報通信学会，１９９８年 9月，ＲＣＳ９８－８１，１３－１８

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

H04L 27/38
H04B 1/707
H04B 3/06
H04L 27/22
H04L 27/227