

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5770077号
(P5770077)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl.

F I

H 0 4 L 27/14 (2006.01)

H 0 4 L 27/14

Z

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-270208 (P2011-270208)
 (22) 出願日 平成23年12月9日 (2011. 12. 9)
 (65) 公開番号 特開2013-123105 (P2013-123105A)
 (43) 公開日 平成25年6月20日 (2013. 6. 20)
 審査請求日 平成26年10月17日 (2014. 10. 17)

(73) 特許権者 308033711
 ラピスセミコンダクタ株式会社
 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目4番地
 8
 (74) 代理人 100079119
 弁理士 藤村 元彦
 (74) 代理人 100109036
 弁理士 永岡 重幸
 (74) 代理人 100147728
 弁理士 高野 信司
 (72) 発明者 水野 光太郎
 東京都八王子市東浅川町550番地1 ラ
 ピスセミコンダクタ株式会社内

審査官 羽岡 さやか

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数オフセット除去回路及び方法並びに通信機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベースバンド信号の周波数オフセットを除去する周波数オフセット除去回路であって、
 前記ベースバンド信号の周波数レベルを 0 . 5 シンボル間隔でサンプリングして一連の
 サンプルレベルを得るサンプリング部と、

前記サンプルレベル中の任意の第1の周波数レベルを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに
 隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第1の差分絶対値として複数算出する第1
 の差分絶対値算出部と、

前記サンプルレベル中の、前記第1の周波数レベルから 0 . 5 シンボル後の第2の周波数
 レベルを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値
 を第2の差分絶対値として複数算出する第2の差分絶対値算出部と、

前記第1及び第2の差分絶対値の算出に用いられた前記サンプルレベルの平均値を算出
 する平均値算出部と、

前記第1の差分絶対値が予め設定された第1の判定値よりも大きく、且つ前記第2の差分
 絶対値が予め設定された第2の判定値よりも小さい場合に、前記平均値算出部にて算出さ
 れた前記平均値を前記周波数オフセットとして設定する周波数オフセット保持部と、

を有することを特徴とする周波数オフセット除去回路。

【請求項 2】

複数の前記第1の差分絶対値の全てが前記第1の判定値よりも大きい場合に、前記周波数
 オフセットを算出することを特徴とする請求項 1 に記載の周波数オフセット除去回路。

10

20

【請求項 3】

複数の前記第 2 の差分絶対値の全てが前記第 2 の判定値よりも小さい場合に、前記周波数オフセットを算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の周波数オフセット除去回路。

【請求項 4】

ベースバンド信号の任意の第 1 のタイミングにおける周波数レベルを第 1 の周波数レベルとし、前記第 1 のタイミングを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 1 の差分絶対値として複数算出する第 1 の差分絶対値算出ステップと、

前記第 1 のタイミングから 0.5 シンボル後の第 2 タイミングにおける前記ベースバンド信号の周波数レベルを第 2 の周波数レベルとし、前記第 2 のタイミングを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 2 の差分絶対値として複数算出する第 2 の差分絶対値算出ステップと、

前記第 1 の差分絶対値が予め設定された第 1 の判定値よりも大きく、且つ前記第 2 の差分絶対値が予め設定された第 2 の判定値よりも小さい場合に、前記第 1 の差分絶対値の算出に用いた周波数レベルの平均値としての第 1 の平均値、又は前記第 2 の差分絶対値の算出に用いた周波数レベルの平均値としての第 2 の平均値の少なくともいずれかの平均値を周波数オフセットとして算出する周波数オフセット算出ステップと、

を有することを特徴とする周波数オフセット除去方法。

【請求項 5】

前記周波数オフセット算出ステップにおいては、前記周波数オフセットを前記第 1 の平均値、及び前記第 2 の平均値の平均値として算出することを特徴とする請求項 4 に記載の周波数オフセット除去方法。

【請求項 6】

前記周波数オフセット算出ステップにおいては、複数の前記第 1 の差分絶対値の全てが前記第 1 の判定値よりも大きい場合に、前記周波数オフセットを算出することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の周波数オフセット除去方法。

【請求項 7】

前記周波数オフセット算出ステップにおいては、複数の前記第 2 の差分絶対値の全てが前記第 2 の判定値よりも小さい場合に、前記周波数オフセットを算出することを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の周波数オフセット除去方法。

【請求項 8】

受信信号を検波してベースバンド信号を生成する検波部と、前記ベースバンド信号の周波数オフセットを除去する周波数オフセット除去回路と、前記周波数オフセットが除去された前記ベースバンド信号に基づいて受信信号を復調する復調部と、を備えた通信機器であって、

前記ベースバンド信号の周波数レベルを 0.5 シンボル間隔でサンプリングして一連のサンプルレベルを得るサンプリング部と、

前記サンプルレベル中の任意の第 1 の周波数レベルを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 1 の差分絶対値として複数算出する第 1 の差分絶対値算出部と、

前記サンプルレベル中の、前記第 1 の周波数レベルから 0.5 シンボル後の第 2 の周波数レベルを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 2 の差分絶対値として複数算出する第 2 の差分絶対値算出部と、

前記第 1 及び第 2 の差分絶対値の算出に用いられた前記サンプルレベルの平均値を算出する平均値算出部と、

前記第 1 の差分絶対値が予め設定された第 1 の判定値よりも大きく、且つ前記第 2 の差分絶対値が予め設定された第 2 の判定値よりも小さい場合に、前記平均値算出部にて算出された前記平均値を前記周波数オフセットとして設定する周波数オフセット保持部と、

を有することを特徴とする通信機器。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムの復調器における周波数オフセット除去回路及び方法並びに当該回路を含む通信機器に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、無線通信システムの復調器は、例えば周波数偏移変調（FSK：Frequency Shift Keying）等の変調処理が施された信号を検波して周波数の偏移レベルを示すデジタルの検波信号（以下、ベースバンド信号と称する）を得る構成と共に、当該ベースバンド信号に存在する周波数オフセットを除去するための例えばAFC（Automatic frequency control：自動周波数制御）回路などの周波数オフセット除去回路を備えている。周波数オフセットが存在した場合、スライスレベルすなわち判定閾値の設定値とベースバンド信号の信号レベルとの大小比較によるデータ値の判定を正しく行なうことができない。そこで、周波数オフセットを除去することにより、ベースバンド信号が示す例えば“0”又は“1”の連続であるデータ値を正しく判定することを意図している。

10

【0003】

従来より、周波数オフセットを除去する方法としては、所定期間におけるベースバンド信号の振幅平均値を算出し、該振幅平均値を周波数オフセットとして除去する方法が知られている（例えば特許文献1）。また、バースト通信を行なう無線通信システムにおける受信フレームの先頭に付加されているプリアンプルのデータパターンの振幅平均値を算出し、該振幅平均値を周波数オフセットとして除去する方法も知られている（例えば特許文献2）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平11-298541公報

【特許文献2】特開2009-71811号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載のように所定期間におけるベースバンド信号の振幅平均値を周波数オフセットとして除去する方法にあっては、該所定期間を短く設定した場合にはベースバンド信号に対する周波数オフセット除去の追従性が高くなる一方で周波数オフセット除去精度が比較的低いものになり、該所定期間を長く設定した場合には周波数オフセット除去精度が比較的高いものになる一方でベースバンド信号に対する周波数オフセット除去の追従性が低くなる、というベースバンド信号に対する周波数オフセット除去の追従性とオフセット除去精度とがトレードオフの関係になるという問題があった。

【0006】

また、特許文献2の技術のようにプリアンプルのデータパターンの振幅平均値を周波数オフセットとして除去する方法にあっては、プリアンプルデータパターンから周波数オフセットを算出した後にペイロード区間でオフセットが生じた場合には、プリアンプルデータパターンにて算出した周波数オフセットは除去すべき最適な周波数オフセットではなくなってしまう、すなわち除去すべき周波数オフセットの値がペイロード区間にまで追従できないという問題があった。また、プリアンプルデータを認識する前にアクセスコードを誤検出してしまった場合には、そもそもプリアンプルデータパターンを認識することができず、周波数オフセットを算出することができないという問題があった。

40

【0007】

本発明は上記した如き問題点に鑑みてなされたものであって、ペイロード区間にまで迅速且つ高精度に追従して周波数オフセットの除去が可能な周波数オフセット除去回路及び

50

方法並びに当該回路を含む通信機器を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によるベースバンド信号の周波数オフセットを除去する周波数オフセット除去回路であって、前記ベースバンド信号の周波数レベルを0.5シンボル間隔でサンプリングして一連のサンプルレベルを得るサンプリング部と、前記サンプルレベル中の任意の第1の周波数レベルを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第1の差分絶対値として複数算出する第1の差分絶対値算出部と、前記サンプルレベル中の、前記第1の周波数レベルから0.5シンボル後の第2の周波数レベルを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第2の差分絶対値として複数算出する第2の差分絶対値算出部と、前記第1及び第2の差分絶対値の算出に用いられた前記サンプルレベルの平均値を算出する平均値算出部と、前記第1の差分絶対値が予め設定された第1の判定値よりも大きく、且つ前記第2の差分絶対値が予め設定された第2の判定値よりも小さい場合に、前記平均値算出部にて算出された前記平均値を前記周波数オフセットとして設定する周波数オフセット保持部と、を有することを特徴とする。

10

【0009】

また、本発明によるオフセット除去方法は、ベースバンド信号の任意の第1のタイミングにおける周波数レベルを第1の周波数レベルとし、前記第1のタイミングを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第1の差分絶対値として複数算出する第1の差分絶対値算出ステップと、前記第1のタイミングから0.5シンボル後の第2のタイミングにおける前記ベースバンド信号の周波数レベルを第2の周波数レベルとし、前記第2のタイミングを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第2の差分絶対値として複数算出する第2の差分絶対値算出ステップと、前記第1の差分絶対値が予め設定された第1の判定値よりも大きく、且つ前記第2の差分絶対値が予め設定された第2の判定値よりも小さい場合に、前記第1の差分絶対値の算出に用いた周波数レベルの平均値としての第1の平均値、又は前記第2の差分絶対値の算出に用いた周波数レベルの平均値としての第2の平均値の少なくともいずれかの平均値を周波数オフセットとして算出する周波数オフセット算出ステップと、を有することを特徴とする。

20

30

【0010】

また、本発明による通信機器は、受信信号を検波してベースバンド信号を生成する検波部と、前記ベースバンド信号の周波数オフセットを除去する周波数オフセット除去回路と、前記周波数オフセットが除去された前記ベースバンド信号に基づいて受信信号を復調する復調部と、を備えた通信機器であって、前記ベースバンド信号の周波数レベルを0.5シンボル間隔でサンプリングして一連のサンプルレベルを得るサンプリング部と、前記サンプルレベル中の任意の第1の周波数レベルを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第1の差分絶対値として複数算出する第1の差分絶対値算出部と、前記サンプルレベル中の、前記第1の周波数レベルから0.5シンボル後の第2の周波数レベルを基準に1シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第2の差分絶対値として複数算出する第2の差分絶対値算出部と、前記第1及び第2の差分絶対値の算出に用いられた前記サンプルレベルの平均値を算出する平均値算出部と、前記第1の差分絶対値が予め設定された第1の判定値よりも大きく、且つ前記第2の差分絶対値が予め設定された第2の判定値よりも小さい場合に、前記平均値算出部にて算出された前記平均値を前記周波数オフセットとして設定する周波数オフセット保持部と、を有することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明による周波数オフセット除去回路及び方法並びに通信機器によれば、プリアンブル部分のみならずペイロード部分のベースバンド信号に対する適切な判定閾値を設定する

50

ことができる。また、判定閾値設定のためにプリアンブル部分を検出するための回路を設ける必要もない。更に、ペイロード部分に出現するデータパターンに基づいて判定閾値を更新することができるのでオフセットの変動に追従して適切な判定閾値を設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 の実施例である周波数オフセット除去回路の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 のサンプリング部の構成を示すブロック図である。

【図 3】図 1 の周波数オフセット除去回路を含む通信機器の構成を示すブロック図である

10

。【図 4】受信フレームフォーマットの一例を示す図である。

【図 5】(a) は、ベースバンド信号をあるサンプリングタイミングでサンプリングしたときのサンプルレベルと共に示すタイムチャートである。(b) は、ベースバンド信号を別のサンプリングタイミングでサンプリングしたときのサンプルレベルと共に示すタイムチャートである。

【図 6】別のベースバンド信号をサンプルレベルと共に示すタイムチャートである。

【図 7】本発明の第 2 の実施例である周波数オフセット除去回路の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 1 3 】

以下、本発明に係る実施例について添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

< 第 1 の実施例 >

図 1 には、本実施例の周波数オフセット除去回路 1 0 の構成が示されている。周波数オフセット除去回路 1 0 は、検波部 2 0 (図 3) から供給されるベースバンド信号に周波数オフセットが存在する場合であっても、当該周波数オフセットを除去して当該ベースバンド信号が示すデータ値を正しく判別するための回路である。

【 0 0 1 5 】

サンプリング部 1 1 は、検波部 2 0 (図 3) から供給されるベースバンド信号を遅延させて出力する。

30

【 0 0 1 6 】

図 2 には、サンプリング部 1 1 の構成が示されている。サンプリング部 1 1 は、ベースバンド信号の周波数レベルを 0 . 5 シンボル間隔でサンプリングして一連のサンプルレベルを得ることが可能であり、直列に接続された 8 つの遅延回路 5 0 - 0 ~ 5 0 - 7 からなる。なお、ここでの 0 . 5 シンボル間隔とは、例えばマスタクロック周波数と伝送レートと遅延回路段数とによって定められる設計値であり、必ずしもそれらの製造誤差に起因して結果として生じる間隔を示しているわけではない。遅延回路 5 0 - 0 ~ 5 0 - 7 の各々は、入力信号を 0 . 5 シンボル分だけ遅延させて後段に出力する。かかる構成により、ベースバンド信号は 0、0 . 5、1、1 . 5、2、2 . 5、3、3 . 5、及び 4 シンボルず

40

つ遅延し、それぞれ信号レベル D 0、D 1、D 2、D 3、D 4、D 5、D 6、D 7、及び D 8 として出力される。換言すれば、サンプリング部 1 1 は、4 シンボル分に相当するサンプリング期間内において 0 . 5 シンボルをサンプリング間隔としてベースバンド信号の周波数レベルをサンプリングして得られた信号レベル (以下、サンプルレベルと称する)

D 0、D 1、D 2、D 3、D 4、D 5、D 6、D 7、及び D 8 を出力する。なお、1 シンボルはベースバンド信号の半周期に相当する。

50

【 0 0 1 7 】

減算部 1 2 - 0 ~ 1 2 - 6 は、サンプリング部 1 1 から出力されたサンプルレベル D 0 ~ D 8 に対して減算処理を施す。詳細には、減算部 1 2 - 0 はサンプルレベル D 0 と D 2 の差、減算部 1 2 - 1 はサンプルレベル D 1 と D 3 の差、減算部 1 2 - 2 はサンプルレベ

ル D 2 と D 4 の差、減算部 1 2 - 3 はサンプルレベル D 3 と D 5 の差、減算部 1 2 - 4 はサンプルレベル D 4 と D 6 の差、減算部 1 2 - 5 はサンプルレベル D 5 と D 7 の差、減算部 1 2 - 6 はサンプルレベル D 6 と D 8 の差をそれぞれ減算値 S 0、S 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 6 として出力する。

【 0 0 1 8 】

絶対値化部 1 3 - 0 ~ 1 3 - 6 は、減算値 S 0 ~ S 6 の絶対値（以下、差分絶対値と称する）A 0 ~ A 6 を出力する。以下、減算部 1 2 - 0、1 2 - 2、1 2 - 4 及び 1 2 - 6 と絶対値化部 1 3 - 0、1 3 - 2、1 3 - 4 及び 1 3 - 6 とをまとめて第 1 の差分絶対値算出部と称する。また、減算部 1 2 - 1、1 2 - 3 及び 1 2 - 5 と絶対値化部 1 3 - 1、1 3 - 3 及び 1 3 - 5 とをまとめて第 2 の差分絶対値算出部と称する。

10

【 0 0 1 9 】

これらの算出部の動作について敷衍すれば以下ようになる。すなわち、第 1 の差分絶対値算出部は、サンプルレベル D 1 ~ D 8 中の任意の 1 つ（以下、第 1 の周波数レベルと称する）を基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接するサンプルレベルの各々間の差分絶対値（以下、第 1 の差分絶対値と称する）を複数算出する。換言すれば、第 1 の差分絶対値算出部は、ベースバンド信号の任意のタイミング（以下、第 1 のタイミングと称する）における周波数レベルを第 1 の周波数レベルとし、当該第 1 のタイミングを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 1 の差分絶対値として複数算出する。

【 0 0 2 0 】

20

第 2 の差分絶対値算出部は、サンプルレベル D 1 ~ D 8 のうちの第 1 の周波数レベルから 0 . 5 シンボル後のサンプルレベル（以下、第 2 の周波数レベルと称する）を基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接するサンプルレベルの各々間の差分絶対値（以下、第 2 の差分絶対値と称する）を複数算出する。換言すれば、第 2 の差分絶対値算出部は、上記第 1 のタイミングから 0 . 5 シンボル後のタイミング（以下、第 2 のタイミングと称する）におけるベースバンド信号の周波数レベルを第 2 の周波数レベルとし、当該第 2 のタイミングを基準に 1 シンボル間隔毎に互いに隣接する周波数レベルの各々間の差分の絶対値を第 2 の差分絶対値として複数算出する。

【 0 0 2 1 】

以下、比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 と、論理和部 1 5 と、微分回路 1 6 と、閾値保持部 1 8 とをまとめて周波数オフセット保持部と称する。周波数オフセット保持部は、第 1 の差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 の全てが予め設定された第 1 の判定値 1 よりも大きく、且つ前記第 2 の差分絶対値 A 1、A 3、A 5 の全てが予め設定された第 2 の判定値 2 よりも小さい場合に、平均値算出部 1 7 にて算出された平均値を周波数オフセットとして設定する。

30

【 0 0 2 2 】

比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 は、差分絶対値 A 0 ~ A 6 と、予め設定された第 1 及び第 2 の判定値（以下、判定値 1 及び 2 と称する）とを比較する。

【 0 0 2 3 】

詳細には、比較部 1 4 - 0 は差分絶対値 A 0 が判定値 1 より大きい場合に論理値 " 1 " の比較結果値 C 0 を出力する。また、比較部 1 4 - 0 は差分絶対値 A 0 が判定値 1 以下である場合には論理値 " 0 " の比較結果値 C 0 を出力する。同様に、比較部 1 4 - 2 は差分絶対値 A 2 が判定値 1 より大きい場合、比較部 1 4 - 4 は差分絶対値 A 4 が判定値 1 より大きい場合、比較部 1 4 - 6 は差分絶対値 A 6 が判定値 1 より大きい場合にそれぞれ比較結果値 C 2、C 4、C 6 を論理値 " 1 " として出力し、そうでない場合には論理値 " 0 " として出力する。

40

【 0 0 2 4 】

また、比較部 1 4 - 1 は差分絶対値 A 1 が判定値 2 より小さい場合に比較結果値 C 1 を論理値 " 1 " として出力する。また、比較部 1 4 - 1 は差分絶対値 A 1 が判定値 2 以上である場合には比較結果値 C 1 を論理値 " 0 " として出力する。同様に、比較部 1 4 - 3 は

50

差分絶対値 A 3 が判定値 2 より小さい場合、比較部 1 4 - 5 は差分絶対値 A 5 が判定値 2 より小さい場合にそれぞれ比較結果値 C 3、C 5 を論理値 " 1 " として出力し、そうでない場合には論理値 " 0 " として出力する。

【 0 0 2 5 】

かかる構成により、第 1 の差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 の各々が第 1 の判定値 1 よりも大きく且つ第 2 の差分絶対値 A 1、A 3、A 5 の各々が第 2 の判定値 2 よりも小さいという条件のときに、比較結果値 C 0 ~ C 6 の全ての論理値が " 1 " になる。以下、差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 をピーク系列絶対値と称し、差分絶対値 A 1、A 3、A 5 を中点系列絶対値と称する。また、判定値 1 をピーク系列判定値、判定値 2 を中点系列判定値とも称する。

10

【 0 0 2 6 】

ピーク系列判定値及び / 又は中点系列判定値は、例えばベースバンド信号の振幅方向の大きさや予想されるオフセットの大きさ等を勘案してユーザーの判断により手動調整可能である。手動調整は、例えば外部からの判定値変更信号の入力によってなされる。判定値変更信号は、例えば、比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 がピーク系列判定値又は中点系列判定値の候補値として予め有している複数の判定値のうちの 1 つを指定する内容であっても良いし、判定値を数値で直接指定する内容であっても良い。また、例えば、使用される伝送方式を示す伝送方式信号（図示せず）に応じて比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 がこれらの判定値を自動調整するようにしても良い。伝送方式信号は、例えば、受信フレーム内に含まれているものでも良いし、外部から別途供給されるものでも良い。

20

【 0 0 2 7 】

論理和部 1 5 は、比較結果値 C 0、C 1、C 2、C 3、C 4、C 5、及び C 6 の論理和を求める。比較結果値 C 0 ~ C 6 の全ての論理値が " 1 " の場合に、論理和部 1 5 は論理値 " 1 " を微分回路 1 6 に供給する。比較結果値 C 0 ~ C 6 のうちの少なくとも 1 つの論理値が " 0 " の場合には、論理和部 1 5 は論理値 " 0 " を微分回路 1 6 に供給する。

【 0 0 2 8 】

微分回路 1 6 は、論理和部 1 5 から供給される論理値が " 0 " から " 1 " に変化するときの立ち上りエッジを検出して判定パルス信号を生成する。微分回路 1 6 は、判定パルス信号を閾値保持部 1 8 に供給する。以下、比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 と論理和部 1 5 と微分回路 1 6 とをまとめてパルス生成部と称する。

30

【 0 0 2 9 】

平均値算出部 1 7 は、第 1 及び第 2 の差分絶対値の算出に用いられたサンプルレベル D 0 ~ D 7 の平均値を算出してこれを閾値保持部 1 8 に供給する。

【 0 0 3 0 】

閾値保持部 1 8 は、平均値算出部 1 7 から供給される平均値を、微分回路 1 6 から判定パルス信号が供給されたタイミングで取り込み、これを判定閾値として保持する。

【 0 0 3 1 】

判別部 1 9 は、サンプルレベル D 7 と閾値保持部 1 8 に保持されている判定閾値とを比較する。例えば、判別部 1 9 は、サンプルレベル D 7 が当該判定閾値よりも大きい場合には判別結果として論理値 " 1 " を出力し、小さい場合には判別結果として論理値 " 0 " を出力する。

40

【 0 0 3 2 】

図 3 には周波数オフセット除去回路 1 0 を含む通信機器 1 0 0 の構成が示される。

【 0 0 3 3 】

検波部 2 0 は、例えば無線送信された I F (Intermediate Frequency) 信号などの受信信号を周波数検波して得られたベースバンド信号を周波数オフセット除去回路 1 0 に供給する。

【 0 0 3 4 】

シンボルクロック再生部 3 0 (以下、S T R (Symbol Timing Recovery) 3 0 と称する) は、周波数オフセット除去回路 1 0 から出力された判別結果に基づいてシンボルクロッ

50

クを再生する。

【 0 0 3 5 】

データ判定部 4 0 は、判別部 1 9 から出力された判別結果からデータ値が論理値 " 0 " であるか " 1 " であるかを、S T R 3 0 によって再生されたシンボルクロックに同期して判定する。データ判定部 4 0 は、当該判定結果を復調データとして出力する。以下、S T R 3 0 とデータ判定部 4 0 とをまとめて復調部 4 5 と称する。このように、復調部 4 5 は、波数オフセットが除去されたベースバンド信号に基づいて受信信号を復調する。

【 0 0 3 6 】

図 4 には、受信フレームフォーマットの一例が示されている。ペイロードデータの前にプリアンプルが付加されている。プリアンプルは、例えば論理値 0 1 0 1 0 1 . . . 等の " 0 " 及び " 1 " の繰り返しデータパターンからなる。なお、" 0 " 及び " 1 " の繰り返しデータパターンは、プリアンプル部分のみならず、ペイロード部分にも出現し得る。周波数オフセット除去回路 1 0 は、検波周波数のサンプリング対象部分がプリアンプルであるかペイロードであるかにかかわらず、検波周波数が " 0 " 及び " 1 " の繰り返しデータパターンであることを判別した場合に判定閾値を設定することができる。

【 0 0 3 7 】

以下、図 5 (a) 及び (b) 並びに図 1 を参照しつつ、周波数オフセット除去回路 1 0 による判定閾値の設定動作について説明する。

【 0 0 3 8 】

図 5 (a) 及び (b) には、論理値 0 1 0 1 0 1 . . . の繰り返しデータで周波数変調された信号を周波数検波して得られるベースバンド信号の一例が示されている。周波数オフセット除去回路 1 0 が、このようなベースバンド信号を受信したときの動作を以下に説明する。

【 0 0 3 9 】

サンプリング部 1 1 は、ベースバンド信号の周波数レベルを 0 . 5 シンボル間隔でサンプリングして、サンプルレベル D 0 ~ D 8 を得る。減算部 1 2 - 0 ~ 1 2 - 6 は、サンプルレベル D 0 と D 2、D 1 と D 3、D 2 と D 4、D 3 と D 5、D 4 と D 6、D 5 と D 7、D 6 と D 8 の各々の差をそれぞれ減算値 S 0、S 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 6 とし出力する。絶対値化部 1 3 - 0 ~ 1 3 - 6 は、減算値 S 0、S 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 6 の絶対値である差分絶対値 A 0、A 1、A 2、A 3、A 4、A 5、A 6 を出力する。

【 0 0 4 0 】

比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 は、差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 の各々と判定値 1 とを比較し、差分絶対値 A 1、A 3、A 5 の各々と判定値 2 とを比較する。比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 は、差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 の各々が判定値 1 よりも大きく且つ差分絶対値 A 1、A 3、A 5 の各々が判定値 2 よりも小さいという条件を満たす場合に比較結果値 C 0 ~ C 6 の全ての論理値を " 1 " として出力する。

【 0 0 4 1 】

このような条件を満たしているか否かを判定することにより以下のことを判別できる。第 1 に、差分絶対値 A 0、A 2、A 4、A 6 の各々と判定値 1 との比較から、サンプリング対象としているベースバンド信号の周波数レベルが示すデータ値が 0 1 0 1 . . . 、又は 1 0 1 0 . . . 等の " 0 " と " 1 " の繰り返しデータパターンであることを判別できる。第 2 に、差分絶対値 A 1、A 3、A 5 の各々と判定値 2 との比較から、隣接し合う振幅中点同士の差異が小さいこと、すなわちサンプリング対象としているベースバンド信号の周波数レベルが当該サンプリング期間中における周波数オフセット量の変動により乱れていないことを判別できる。

【 0 0 4 2 】

なお、ベースバンド信号の周波数レベルが示すデータ値が 1 0 1 0 . . . であっても、サンプリングタイミングが例えば図 5 (a) の場合には当該条件を満たさない。しかし、サンプリング部 1 1 がサンプリングタイミングを 0 . 5 シンボルよりも短い間隔で徐々に

10

20

30

40

50

変化させていくことによって、サンプリングタイミングが図5 (b) のようになった場合に当該条件を満たす。

【0043】

また、ベースバンド信号の周波数レベルがサンプリング期間中における周波数オフセット量の変動によって乱れて例えば図6 のようになっている場合には、サンプルレベルD5とD7の差が所定の判定値2よりも大きくなるので上記条件を満たさない。

【0044】

論理和部15は、比較結果値C0～C6の論理和を求めてその結果を出力する。上記条件を満たす場合すなわち比較結果値C0～C6の全ての論理値が"1"の場合には、論理和部15は論理値"1"を微分回路16に供給する。一方、比較結果値C0～C6のうち

10

の少なくとも1つの論理値が"0"の場合には、論理和部15は論理値"0"を微分回路16に供給する。

【0045】

微分回路16は、論理和部15から供給される論理値が"0"から"1"に変化するときの立ち上がりエッジを検出して判定パルス信号を生成する。微分回路16は、判定パルス信号を閾値保持部18に供給する。平均値算出部17は、サンプルレベルD0～D7の信号レベルの平均値を算出してこれを閾値保持部18に供給する。閾値保持部18は、平均値算出部17から供給される平均値を、微分回路16から判定パルス信号が供給されたタイミングで取り込み、これを判定閾値として保持する。

【0046】

20

図5 (b) の場合、サンプルレベルD0～D7の信号レベルの平均値はベースバンド信号の振幅中点となる。また、図5 (b) の場合には、比較結果値C0～C6の全ての論理値が"1"となるので、閾値保持部18は当該平均値を判定閾値として保持する。なお、図5 (a) や図6 の場合には比較結果値C0～C6の全ての論理値が"1"とはならないので、閾値保持部18は、平均値算出部17によって算出された平均値を判定閾値として採用しない。つまり、この場合、閾値保持部18は、判定閾値を設定しない。

【0047】

判別部19は、サンプルレベルD7と閾値保持部18に保持されている判定閾値とを比較する。判別部19は、サンプルレベルD7が判定閾値よりも大きいと判別した場合には判別結果として例えば論理値"1"を出力し、小さい場合には判別結果として例えば論理値"0"を出力する。

30

【0048】

上記したように、本実施例の周波数オフセット除去回路10によれば、検波周波数のサンプリング対象部分がプリアンプルであるかペイロードであるかにかかわらず、検波周波数が"0"及び"1"の繰り返しデータパターンであることを判別した場合に判定閾値を設定することができる。特に、検波周波数に周波数オフセットの変動による乱れが生じていないときに当該設定を行なうので、プリアンプル部分に比較して周波数オフセットの変動が生じやすいと考えられるペイロード部分のデータパターンを閾値設定のためにサンプリングした場合にも適切な判定閾値を設定し、周波数オフセットを除去することができる。このように、本実施例の周波数オフセット除去回路10によれば、適切な判定閾値を設定できるので、周波数オフセット除去の精度を向上できる。

40

【0049】

また、ペイロード部分に"0"及び"1"の繰り返しデータパターンが出現する度に判定閾値を設定するので、時間と経過と共に周波数オフセット値が変動した場合であっても、当該変動に追従して適切な判定閾値を随時再設定することができる。また、プリアンプルデータが到来する前の他のデータをプリアンプルデータと誤認識して不適切な判定閾値を設定してしまった場合であっても、"0"及び"1"の繰り返しデータパターンが出現した時に適切な判定閾値を再設定することができる。かかる再設定により、これ以降のデータを正しく判定することができる。このように、本実施例の周波数オフセット除去回路10によれば、周波数オフセットの変動に対する高い追従性を実現できる。

50

【 0 0 5 0 】

故に、本実施例の周波数オフセット除去回路 1 0 によれば、周波数オフセットの変動に追従して適切な判定閾値を設定できると共に、ベースバンド信号に対する周波数オフセット除去の追従性とオフセット除去の精度とを両立させることもできる。

【 0 0 5 1 】

なお、上記の実施例は、周波数偏移変調 (F S K) されたベースバンド信号を処理対象とした場合の例であるが、これに限られない。例えば、位相偏移変調 (P S K : phase shift keying) された位相検波信号や、振幅偏移変調 (A S K : amplitude-shift keying) された振幅検波信号の場合にも、本発明の周波数オフセット除去回路を適用することができる。

10

【 0 0 5 2 】

また、上記の実施例は、プリアンプルを有するデータを処理対象とした場合の例であるが、これに限られない。プリアンプルを有しないデータであっても " 0 " 及び " 1 " の繰り返しデータパターンが出現する場合には上記の例と同様の効果を奏することができる。

【 0 0 5 3 】

また、上記の実施例は、1 0 1 0 1 (図 5 (a) 及び (b)) のデータパターンにおいて 9 つのサンプルレベル D 0 ~ D 8 を取得してこれらに基づいて判定閾値を設定した場合の例であるが、これに限られない。例えば、1 0 1 0 や 1 0 1 0 1 0 1 0 など任意の長さのデータパターン長をサンプリング対象とすることができる。サンプリング対象のデータパターン長は、プリアンプルのデータ長より長くても短くても良い。また、データパターン長に応じて、減算部 1 2 - 0 ~ 1 2 - 6、絶対値化部 1 3 - 0 ~ 1 3 - 6、比較部 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 の段数を増減すれば良い。

20

【 0 0 5 4 】

また、上記の実施例は、平均値算出部 1 7 がサンプルレベル D 0 ~ D 7 の平均値を算出し、閾値保持部 1 8 が当該平均値を判定閾値として保持する場合の例であるが、これに限られない。平均値算出部 1 7 は、第 1 の差分絶対値 A 0、A 2、A 4 及び A 6 の算出に用いたサンプルレベル D 0、D 2、D 4 及び D 6 の平均値 (以下、第 1 の平均値と称する)、及び / 又は第 2 の差分絶対値 A 1、A 3 及び A 5 の算出に用いたサンプルレベル D 1、D 3 及び D 5 の平均値 (以下、第 2 の平均値と称する) を算出することもできる。更に、平均値算出部 1 7 は、第 1 の平均値及び第 2 の平均値の平均値 (以下、第 3 の平均値と称する) を算出することもできる。この場合、閾値保持部 1 8 は、第 1 の平均値、第 2 の平均値、第 3 の平均値のうちの 1 つを判定閾値として保持する。

30

【 0 0 5 5 】

< 第 2 の実施例 >

図 7 には、本実施例の周波数オフセット除去回路 1 0 の構成が示されている。以下、第 1 の実施例と異なる部分について主に説明する。

【 0 0 5 6 】

周波数オフセット除去回路 1 0 は、非選択部 6 0 を更に含む。非選択部 6 0 は、非選択信号 B 0 ~ B 6 に応じて、論理和部 1 5 による論理和の対象から除外されるべき比較結果値を C 0 ~ C 6 のうちから少なくとも 1 つ選択する。非選択信号 B 0 ~ B 6 の各々は " 0 " 又は " 1 " の論理値である。

40

【 0 0 5 7 】

非選択部 6 0 は、論理積部 6 0 - 0 ~ 6 0 - 6 からなる。論理積部 6 0 - 0 は、比較結果値 C 0 と非選択信号 B 0 の論理積を出力する。非選択信号 B 0 の論理値が " 1 " の場合に比較結果値 C 0 が論理和の対象から除外され、比較結果値 C 0 の論理値にかかわらず、論理積部 6 0 - 0 の出力は論理値 " 1 " となる。一方、非選択信号 B 0 の論理値が " 0 " の場合には、比較結果値 C 0 が論理和の対象とされ、比較結果値 C 0 の論理値に応じて論理積部 6 0 - 0 の出力が論理値 " 0 " 又は " 1 " となる。

【 0 0 5 8 】

同様に、論理積部 6 0 - 1 は比較結果値 C 1 と非選択信号 B 1、論理積部 6 0 - 2 は比

50

較結果値 C 2 と非選択信号 B 2、論理積部 6 0 - 3 は比較結果値 C 3 と非選択信号 B 3、論理積部 6 0 - 4 は比較結果値 C 4 と非選択信号 B 4、論理積部 6 0 - 5 は比較結果値 C 5 と非選択信号 B 5、論理積部 6 0 - 6 は比較結果値 C 6 と非選択信号 B 6 の論理積をそれぞれ出力する。

【 0 0 5 9 】

論理和部 1 5 は、非選択部 6 0 によって非選択とされた比較結果値以外の比較結果値 (C 0 ~ C 6 のうちの少なくとも 1 つ) の論理和を出力する。例えば、非選択信号 B 0 ~ B 3、B 5 及び B 6 の論理値を " 0 " として比較結果値 C 0 ~ C 3、C 5 及び C 6 を選択し、非選択信号 B 4 の論理値を " 1 " として比較結果値 C 4 を非選択とすることができる。この場合には、サンプルレベル D 4 と D 6 の差が判定値 1 以下であっても、他の比較条件を満たしている場合には、論理和部 1 5 は微分回路 1 6 に対して論理値 " 1 " を供給する。

10

【 0 0 6 0 】

平均値算出部 1 7 は、非選択信号 B 0 ~ B 6 の内容にかかわらず、サンプルレベル D 0 ~ D 8 の全ての平均値を算出しても良いし、非選択信号 B 0 ~ B 6 の内容に応じてサンプルレベル D 0 ~ D 8 のうちの少なくとも 1 つを平均値の算出対象から除外することもできる。例えば、上記例のように非選択信号 B 4 のみ論理値が " 1 " である場合には、サンプルレベル D 4 と D 6 を算出対象から除外することもできる。

【 0 0 6 1 】

このように、本実施例の周波数オフセット除去回路 1 0 によれば、比較結果値 C 0 ~ C 6 のうちの少なくとも 1 つを非選択として論理和部 1 5 による論理和の対象から除外することにより、判定閾値を設定する際の判定条件を可変とすることができる。

20

【 符号の説明 】

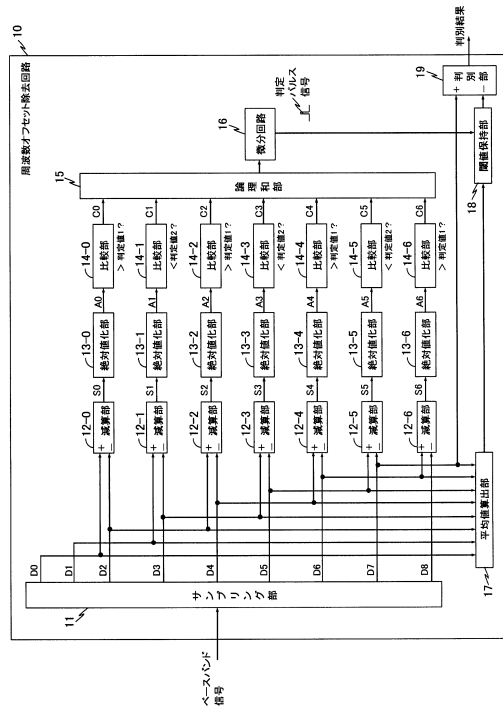
【 0 0 6 2 】

- 1 0 周波数オフセット除去回路
- 1 1 サンプリング部
- 1 2 - 0 ~ 1 2 - 6 減算部
- 1 3 - 0 ~ 1 3 - 6 絶対値化部
- 1 4 - 0 ~ 1 4 - 6 比較部
- 1 5 論理和部
- 1 6 微分回路
- 1 7 平均値算出部
- 1 8 閾値保持部
- 1 9 判別部
- 2 0 検波部
- 3 0 シンボルクロック再生部 (S T R)
- 4 0 データ判定部
- 4 5 復調部
- 5 0 - 0 ~ 5 0 - 7 遅延回路
- 6 0 非選択部
- 6 0 - 0 ~ 6 0 - 6 論理積部
- 1 0 0 通信機器

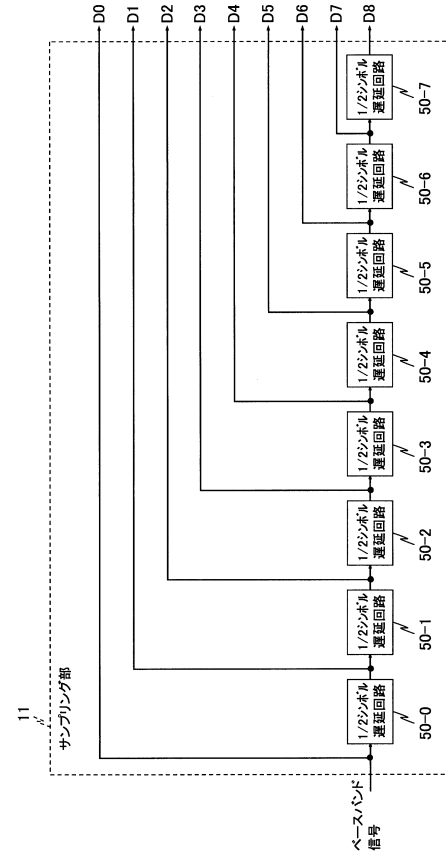
30

40

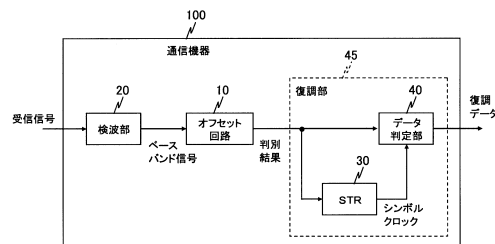
【図 1】



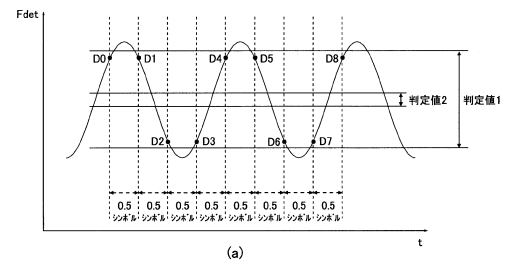
【図 2】



【図 3】

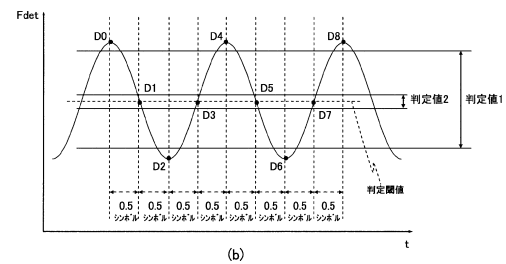


【図 5】

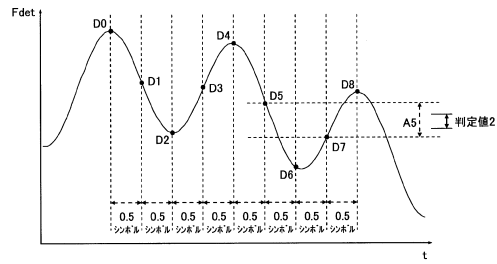


【図 4】

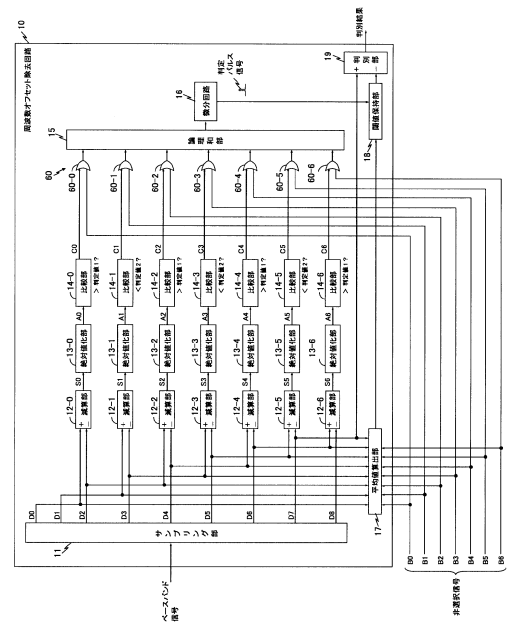
プリアンプル (1010 ...)	ペイロードデータ (ランダムデータ)
----------------------	-----------------------



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-325127(JP,A)
特開平11-298541(JP,A)
特開2011-55298(JP,A)
特開2009-71811(JP,A)
特開2003-69658(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 27/00 - 27/38