

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3576420号
(P3576420)

(45) 発行日 平成16年10月13日(2004.10.13)

(24) 登録日 平成16年7月16日(2004.7.16)

(51) Int.Cl.⁷

H04J 11/00

F I

H04J 11/00

Z

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平11-46772	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成11年2月24日(1999.2.24)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開2000-244440(P2000-244440A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成12年9月8日(2000.9.8)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成12年11月10日(2000.11.10)		弁理士 鷲田 公一
		(72) 発明者	上杉 充
			神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号 松下通信工業株式会社内
		審査官	高野 洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数オフセット補正装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受信信号から得られたベースバンド信号に、互いに異なる量の周波数回転を与え、周波数が異なる複数の信号を生成する生成手段と、
 生成された複数の信号から得られる複数の復調信号の品質を測定する測定手段と、
 前記測定手段の測定結果に基づいて、周波数オフセットの算出に利用する周波数を前記複数の信号の周波数の中から選択する選択手段と、
 選択された周波数を用いて前記周波数オフセットを算出する算出手段と、
 を具備することを特徴とする周波数オフセット補正装置。

【請求項2】

前記生成手段は、
 算出された周波数オフセットの精度に応じて前記周波数回転の量を決定する、
 ことを特徴とする請求項1記載の周波数オフセット補正装置。

【請求項3】

前記選択手段は、
 前記複数の信号の周波数の中から品質の最も良好な復調信号に対応する周波数を選択する、
 ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の周波数オフセット補正装置。

【請求項4】

前記算出手段は、

10

20

前記算出時において、選択された周波数に対応する周波数回転の量に補間処理を施す、
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の周波数オフセット補正装置。

【請求項 5】

受信信号から得られたベースバンド信号に、互いに異なる量の周波数回転を与え、周波数
が異なる複数の信号を生成する生成手段と、

生成された複数の信号に高速フーリエ変換をそれぞれ施す変換手段と、

高速フーリエ変換後の複数の信号に、前記生成手段における周波数回転に応じた周波数シ
フトをそれぞれ行って、前記生成手段によって周波数回転が与えられる前の周波数の複数
の信号を得るシフト手段と、

周波数シフトされた複数の信号を多重し、補間処理を行って補間曲線を得る補間手段と、 10
前記補間曲線を用いて周波数オフセットを算出する算出手段と、
を具備することを特徴とする周波数オフセット補正装置。

【請求項 6】

前記算出手段は、

各サブキャリアの送信時のパワーとベースバンド信号のパワーとを用いて前記周波数オフ
セットを算出する、

ことを特徴とする請求項 5 記載の周波数オフセット補正装置。

【請求項 7】

前記生成手段は、

算出された周波数オフセットの精度に応じて前記周波数回転の量を決定する、 20
ことを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載の周波数オフセット補正装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の周波数オフセット補正装置を備えたことを特徴
とする通信装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の通信装置を備えたことを特徴とする無線通信端末装置。

【請求項 10】

請求項 8 記載の通信装置を備えたことを特徴とする基地局装置。

【請求項 11】

受信信号から得られたベースバンド信号に、互いに異なる量の周波数回転を与え、周波数 30
が異なる複数の信号を生成する生成工程と、

生成された複数の信号から得られる複数の復調信号の品質を測定する測定工程と、

前記測定工程における測定結果に基づいて、周波数オフセットの算出に利用する周波数を
前記複数の信号の周波数の中から選択する選択工程と、

選択された周波数を用いて前記周波数オフセットを算出する算出工程と、

を具備することを特徴とする周波数オフセット補正方法。

【請求項 12】

受信信号から得られたベースバンド信号に、互いに異なる量の周波数回転を与え、周波数
が異なる複数の信号を生成する生成工程と、

生成された複数の信号に高速フーリエ変換をそれぞれ施す変換工程と、 40

高速フーリエ変換後の複数の信号に、前記生成工程における周波数回転に応じた周波数シ
フトをそれぞれ行って、前記生成工程によって周波数回転が与えられる前の周波数の複数
の信号を得るシフト工程と、

周波数シフトされた複数の信号を多重し、補間処理を行って補間曲線を得る補間工程と、

前記補間曲線を用いて周波数オフセットを算出する算出工程と、

を具備することを特徴とする周波数オフセット補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、OFDM (Orthogonal Frequency Division 50

M u l t i p l e x) 方式等の通信装置に設けられる周波数オフセット補正装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、OFDM方式のデータ受信装置としては、以下に述べるようなものがある。以下、従来のOFDM方式の受信装置について、図9を参照して説明する。

【0003】

図9において、IF（中間周波数）信号は、乗算器902および乗算器901に送られ、VCXO（水晶電圧制御発振器）903から送られる正弦波およびこの正弦波が90度位相器904により移相されたものがそれぞれ乗ぜられる。これにより、乗算器901および乗算器902からは、ベースバンド信号のI（直交）成分およびQ（同相）成分がそれぞれ抽出される。

10

【0004】

抽出されたベースバンド信号のI成分およびQ成分は、それぞれA/D変換器905およびA/D変換器906によりサンプリングされる。サンプリングされたベースバンド信号のI成分およびQ成分は、ガード期間除去器907とクロック再生回路908とに送られる。

【0005】

クロック再生回路908では、サンプリングされたベースバンド信号のI成分およびQ成分を用いてサンプリングクロックが再生され、再生されたサンプリングクロックは、A/D変換器905およびA/D変換器906に送られる。

20

【0006】

一方、ガード期間除去器907では、サンプリングされたベースバンド信号は、ガード期間が除去されて、FFT（Fast Fourier Transform）演算器909に送られる。FFT演算器909では、ガード期間が除去されたベースバンド信号は、並列信号系列に変換された後、FFT演算が施されて周波数軸上の信号に変換され、さらに、直列信号系列に変換される。

【0007】

FFT演算後の信号は、遅延検波器910と選択器911とに送られる。遅延検波器910では、FFT演算された信号は検波処理がなされて、復調信号が得られる。選択器911では、FFT演算後の信号から、あらかじめ決められたサブキャリアおよびこれに付随するサブキャリアが選択されて、それぞれパワー計算器912およびパワー計算器913に送られる。

30

【0008】

パワー計算器912およびパワー計算器913では、選択されたサブキャリアおよびこれに付随するサブキャリアのそれぞれのパワーが計算され、計算されたパワーはフェージング除去器914に送られる。フェージング除去器914では、計算されたそれぞれのパワーは、周波数フェージングの影響が除去されて、比較器915に送られる。

【0009】

比較器915では、周波数フェージングの影響が除去された各パワーが比較される。これにより、送信側装置におけるローカル周波数と受信側装置におけるローカル周波数との周波数ずれが推定される。推定された周波数ずれ（以下「周波数オフセット値」という。）は、D/A変換器916によりアナログ信号（電圧）に変換されて、前述したVCXO903に送られる。VCXO903の発振周波数は、D/A変換器916からのアナログ信号により制御される。このように、周波数のずれに対する補正（周波数オフセット補正）がなされる。

40

【0010】

以上のように、従来のOFDM方式の受信装置でも、周波数のずれを検出して補正することができる。

【0011】

50

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の周波数オフセット補正を行うOFDM方式の受信装置においては、以下のような問題がある。

【0012】

まず、上述した周波数のずれを補正できるようにするために、多くのオーバーヘッドが必要となる。すなわち、伝送データ全体に占める有効データ以外の付加情報の割合が大きくなる。このため、パケット伝送等のデータ伝送時においては、伝送効率が大きく低下することになる。

【0013】

さらに、受信信号のS/N比等の特性が劣化した場合には、シンボル毎に推定した周波数オフセット値には、ばらつきが生ずる。このため、周波数のずれに対する補正（周波数の引き込み）を正確に行うためには、ある一定区間において推定された周波数オフセット値を平均化した値を用いる必要がある。この結果、周波数の引き込みを行うために時間がかかり、しかも、引き込みが完了するまでは受信信号を復調することができない。すなわち、受信信号の復調速度は、この受信信号の特性の良好に応じて常に変化することになる。

【0014】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、伝送効率および復調速度を向上させる周波数オフセット補正装置を提供することを目的とする。

【0015】**【課題を解決するための手段】**

本発明の第1の骨子は、受信信号から得られるベースバンド信号の周波数を複数通りに変更して変更周波数を設定し、それぞれの変更周波数の信号の復調後の品質を測定し、その品質測定結果から周波数オフセットに利用する変更周波数を選択し、その変更周波数を用いて周波数オフセットを検出するようにしたことである。

【0016】

また、本発明の第2の骨子は、受信信号から得られるベースバンド信号の周波数を複数通りに変更して変更周波数を設定し、それぞれの変更周波数の信号の復調後の信号に対して周波数シフトを行い、周波数シフトした各信号を多重して補間することにより補間曲線を取り出し、この補間曲線を用いて周波数オフセットを検出するようにしたことである。

【0017】**【発明の実施の形態】**

本発明の第1の態様は、受信信号から得られたベースバンド信号の周波数を互いに異なる変更量で変更して複数の変更周波数を設定する変更周波数設定手段と、前記変更周波数毎に変更したベースバンド信号により得られた復調信号の品質を測定する品質測定手段と、前記品質の測定結果に基づいて周波数オフセットの算出に利用する変更周波数を選択する選択手段と、選択された変更周波数を用いて周波数オフセットを算出する算出手段と、を具備する構成を採る。

【0018】

この構成によれば、ベースバンド信号をそれぞれ互いに異なる周波数変更量で変更して複数の変更周波数を設定し、各変更周波数に変更したベースバンド信号の復調後の信号の品質を測定し、さらに、測定した品質に基づいて周波数オフセットの算出に最適な変更周波数を選択するので、選択した変更周波数に対応する周波数変更量を用いることにより、最適な周波数オフセットを検出することができる。これにより、周波数オフセットを検出するための特別なオーバーヘッドが不要となるので、伝送効率を向上させることができる。さらに、ベースバンド信号に与える周波数回転量を適宜設定することにより、周波数オフセットを効率的に検出することができるので、復調速度を向上させることができる。

【0019】

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記変更周波数設定手段は、算出された周波数オフセットの精度に応じて前記変更量を決定する構成を採る。

【0020】

10

20

30

40

50

この構成によれば、ベースバンド信号の周波数に与える変更量を、周波数オフセットの精度に応じて、すなわち、初期時における周波数オフセットの程度、周波数オフセットの改善程度、周波数引き込み回数および受信信号の品質等の様々な条件に応じて、設定することができるので、周波数オフセットの改善速度を向上させることができると同時に、周波数オフセットを一定範囲内に安定させることができる。

【0021】

本発明の第3の態様は、第1の態様又は第2の態様において、前記選択手段は、品質の良好な復調信号に対応する変更周波数を選択する構成を採る。

【0022】

この構成によれば、周波数を変更された信号において、復調後の信号の品質が良好なほど、その信号の周波数オフセットが小さいので、復調後の各信号のうち、品質の良好な信号に対応する変更周波数を選択することにより、正確な周波数オフセットを検出することができる。

10

【0023】

本発明の第4の態様は、第1の態様から第3の態様のいずれかにおいて、前記算出手段は、前記算出時において、選択された変更周波数に対応する変更量に補間処理を施す構成を採る。

【0024】

この構成によれば、復調後の品質が良好である各信号に対応する変更周波数を用いて周波数オフセットを算出した後、算出した各周波数オフセットに補間処理を施すことにより、周波数オフセットを検出するので、より正確にかつ素早く周波数オフセットを検出することができる。

20

【0025】

本発明の第5の態様は、受信信号から得られたベースバンド信号の周波数を互いに異なる変更量で変更する周波数変更手段と、前記変更量毎に変更したベースバンド信号により得られた復調信号を前記変更量に基づいて周波数シフトを行う周波数シフト手段と、周波数シフトされた復調信号を多重して補間処理を行うことにより補間曲線を得る補間手段と、前記補間曲線を用いて周波数オフセットを算出する算出手段と、を具備する構成を採る。

【0026】

この構成によれば、ベースバンド信号の周波数をそれぞれ互いに異なる周波数変更量で変更して複数の変更周波数を設定し、各変更周波数に変更したベースバンド信号の復調後の信号を上記変更量に基づいて周波数シフトさせ、周波数シフトさせた復調信号から略連続的な値を有する補間曲線を取り出すことができるので、容易にかつ高速に周波数オフセットを算出することができる。これにより、周波数オフセットを検出するための特別なオーバーヘッドが不要となるので、伝送効率を向上させることができる。

30

【0027】

本発明の第6の態様は、第5の態様において、前記算出手段は、各サブキャリアの送信時のパワーとベースバンド信号のパワーを用いて周波数オフセットを算出する構成を採る。

【0028】

この構成によれば、送信側装置における各サブキャリアを送信するときのパワーと、受信信号のベースバンド信号における各サブキャリアのパワーと、を用いることにより、取り出された補間曲線から周波数オフセットを容易に算出することができるので、確実に周波数オフセットの補正を行うことができる。

40

【0029】

本発明の第7の態様は、第5の態様又は第6の態様において、前記周波数変更手段は、検出された周波数オフセットの精度に応じて前記変更量を決定する構成を採る。

【0030】

この構成によれば、ベースバンド信号の周波数に与える変更量を、周波数オフセットの精度に応じて、すなわち、初期時における周波数オフセットの程度、周波数オフセットの改善程度、周波数引き込み回数および受信信号の品質等の様々な条件に応じて、設定するこ

50

とができるので、周波数オフセットの改善速度を向上させることができると同時に、周波数オフセットを一定範囲内に安定させることができる。

【0031】

本発明の第8の態様の通信装置は、第1の態様から第7の態様のいずれかの周波数オフセット補正装置を具備する構成を採る。

【0032】

この構成によれば、伝送効率および復調速度を向上させる周波数オフセット補正装置を備えるので、良好かつ効果的な通信を行う通信装置を提供することができる。

【0033】

本発明の第9の態様の無線通信端末装置は、第8の態様の通信装置を具備する構成を採る 10

【0034】

この構成によれば、伝送効率および復調速度を向上させる周波数オフセット補正装置を備えた通信装置を具備するので、良好かつ効果的な通信を行う無線通信端末装置を提供することができる。

【0035】

本発明の第10の態様の基地局装置は、第8の態様の通信装置を具備する構成を採る。

【0036】

この構成によれば、伝送効率および復調速度を向上させる周波数オフセット補正装置を備えた通信装置を具備するので、良好かつ効果的な通信を行う基地局装置を提供することが 20

【0037】

本発明の第11の態様は、受信信号から得られたベースバンド信号の周波数を互いに異なる変更量で変更して複数の変更周波数を設定する工程と、前記変更周波数毎に変更したベースバンド信号により得られた復調信号の品質を測定する工程と、前記品質の測定結果に基づいて周波数オフセットの算出に利用する変更周波数を選択する工程と、選択された変更周波数を用いて周波数オフセットを算出する工程と、を具備する方法を採る。

【0038】

この方法によれば、ベースバンド信号をそれぞれ互いに異なる周波数変更量で変更して複数の変更周波数を設定し、各変更周波数に変更したベースバンド信号の復調後の信号の品質を測定し、さらに、測定した品質に基づいて周波数オフセットの算出に最適な変更周波数を選択するので、選択した変更周波数に対応する周波数変更量を用いることにより、最適な周波数オフセットを検出することができる。これにより、周波数オフセットを検出するための特別なオーバーヘッドが不要となるので、伝送効率を向上させることができる。さらに、ベースバンド信号に与える周波数回転量を適宜設定することにより、周波数オフセットを効率的に検出することができるので、復調速度を向上させることができる。 30

【0039】

本発明の第12の態様は、受信信号から得られたベースバンド信号の周波数を互いに異なる変更量で変更する工程と、前記変更量毎に変更したベースバンド信号により得られた復調信号を前記変更量に基づいて周波数シフトを行う工程と、周波数シフトされた復調信号を多重して補間処理を行うことにより補間曲線を得る工程と、前記補間曲線を用いて周波数オフセットを算出する工程と、を具備する方法を採る。 40

【0040】

この方法によれば、ベースバンド信号の周波数をそれぞれ互いに異なる周波数変更量で変更して複数の変更周波数を設定し、各変更周波数に変更したベースバンド信号の復調後の信号を上記変更量に基づいて周波数シフトさせ、周波数シフトさせた復調信号から略連続的な値を有する補間曲線を取り出すことができるので、容易にかつ高速に周波数オフセットを算出することができる。これにより、周波数オフセットを検出するための特別なオーバーヘッドが不要となるので、伝送効率を向上させることができる。

【0041】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0042】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図である。なお、本実施の形態においては、用いられる伝送方式として、OFDM方式を例にとり説明する。

図1において、水晶電圧制御発振器（以下「VCXO」という。）101は、後述するD/A変換器118の制御により決定されるローカル周波数に基づいて、正弦波を発生させ、発生させた正弦波を90度移相器104と乗算器103とに送る。90度移相器104は、VCXOからの正弦波を90度だけ移相させて乗算器102に送る。

10

【0043】

乗算器102および乗算器103は、中間周波数信号（以下「IF信号」という。）を入力する。なお、このIF信号は、アンテナ（図示しない）を介して受信した信号に対して、ダウンコンバート等の所定の処理が施された信号である。

【0044】

乗算器102は、IF信号と90度移相された正弦波とを乗算することにより、ベースバンド信号（Q成分）を抽出し、抽出したベースバンド信号をA/D変換器105に送る。乗算器103は、IF信号とVCXOからの正弦波とを乗算することにより、ベースバンド信号（I成分）を抽出し、抽出したベースバンド信号をA/D変換器106に送る。

【0045】

20

A/D変換器105およびA/D変換器106は、クロック再生回路107により再生されたタイミングに従って、それぞれ乗算器102および乗算器103からのベースバンド信号をサンプリングして、サンプリングしたベースバンド信号をガード期間除去器108に送る。

【0046】

ガード期間除去器108は、サンプリングしたベースバンド信号（I成分およびQ成分）からガード期間を除去した信号を、複数の周波数回転器に送る。なお、本実施の形態においては、一例として、周波数回転器（A）109～周波数回転器（C）111の3つを用いる場合について説明する。

【0047】

30

周波数回転器（A）109～周波数回転器（C）111は、ガード期間が除去されたベースバンド信号に対してそれぞれ互いに異なる周波数回転を与え、周波数回転を与えたベースバンド信号をそれぞれFFT演算器（A）112～FFT演算器（C）114に送る。なお、周波数回転器（A）109～周波数回転器（C）111の詳細については後述する。

【0048】

FFT演算器（A）112～FFT演算器（C）114は、それぞれ異なる周波数回転が与えられたベースバンド信号に対してFFT演算を施し、FFT演算結果を品質検出器116に送る。また、FFT演算器（A）は、FFT演算結果を遅延検波器115に送る。遅延検波器115は、FFT演算器（A）から送られたFFT演算結果に対して遅延検波処理を行うことにより、復調信号を出力する。

40

【0049】

品質検出器116は、FFT演算器（A）112～FFT演算器（C）114から送られたFFT演算結果の品質を検出する。なお、品質検出器116の詳細については後述する。また、品質検出器116は、検出結果を判定器117に送る。

【0050】

判定器117は、FFT演算器（A）112～FFT演算器（C）114の各演算結果の品質に基づいて、周波数オフセット値をD/A変換器118に送る。

【0051】

D/A変換器118は、判定器117からの周波数オフセット値をアナログ信号に変換し

50

てV C X O 1 0 1に送る。

【0052】

ここで、周波数オフセット補正について説明する。一般に、送信側装置のローカル周波数と受信側装置のローカル周波数との間の誤差が小さいほど、受信側装置において得られる復調信号の精度は良くなる。ところが、受信側装置が受信する送信側装置の送信信号は、伝送路を介することにより、フェージング等の様々な影響を受けることになる。したがって、受信側装置は、直交検波時におけるローカル周波数を補正する必要がある。

【0053】

また、ローカル周波数を発生させる水晶電圧制御発振器の精度は、用いる発振器によっては、精度にばらつきが生ずる。このため、受信側装置は、送信側装置のローカル周波数を 10
報知されているが、正確な復調信号を取得するためには、上述したフェージング等の影響だけでなく、送信側装置および受信側装置の発振器の精度の誤差をも考慮する必要がある。

【0054】

そこで、本実施の形態に係る周波数オフセット補正装置においては、以上のような要因による周波数ずれ（以下「周波数オフセット」という。）を補正する。

【0055】

次いで、上記構成の周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の動作について説明する。まず、I F信号は、乗算器103および乗算器102に送られ、V C X O 1 0 1から送られる正弦波およびこの正弦波が90度移相器104により移相されたものがそれぞれ乗 20
ぜられる。これにより、乗算器102および乗算器103からは、ベースバンド信号のI成分およびQ成分がそれぞれ抽出される。すなわち、I F信号は、乗算器102および乗算器103により、直交検波処理が施される。

【0056】

抽出されたベースバンド信号のI成分およびQ成分は、それぞれA/D変換器105およびA/D変換器106によりサンプリングされる。サンプリングされたベースバンド信号のI成分およびQ成分は、クロック再生器107とガード期間除去器108とに送られる。

【0057】

クロック再生回路107では、サンプリングされたベースバンド信号のI成分およびQ成分を用いてサンプリングクロックが生成される。生成されたサンプリングクロックは、上述したA/D変換器105およびA/D変換器106のサンプリング時におけるタイミングとして用いられる。 30

【0058】

ガード期間除去器108では、サンプリングされたベースバンド信号は、ガード期間が除去されて、周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111に分配される。

【0059】

周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111では、ガード期間が除去されたベースバンド信号は、それぞれ互いに異なる周波数回転が与えられる。すなわち、ガード期間が除去されたベースバンド信号の中心周波数は、周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111において、それぞれ互いに異なる周波数だけ変更される。なお、周波数 40
回転器(A)109～周波数回転器(C)111のそれぞれにおいて、ベースバンド信号に与えられる周波数回転量は、例えば、伝送路の状態や復調信号の改善具合等の様々な条件に応じて決められる。

【0060】

周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111のそれぞれにより周波数回転が与えられたベースバンド信号は、それぞれFFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114に送られる。

【0061】

FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114では、周波数回転が与えられたベ 50

ースバンド信号は、直列並列変換処理が施されることにより、並列信号に変換される。この後、並列信号に変換された信号は、FFT演算が施されることにより、時間軸上の信号から周波数軸上の信号に直される。さらに、FFT演算後の信号は、並列直列変換処理が施されることにより、直列信号に変換される。

【0062】

FFT演算器(A)112によりFFT演算が施された信号は、遅延検波器115に送られる。遅延検波器115では、FFT演算器(A)112からのFFT演算後の信号は、遅延検波処理が施されることにより、復調信号が得られる。また、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114によりFFT演算が施された信号は、品質検出器116に送られる。

10

【0063】

ところで、VCXO101において、周波数オフセットが補正された最適なローカル周波数(以下「最適ローカル周波数」という。)を用いて正弦波を発生させれば、FFT演算により得られる信号の品質は、最も良好なものとなる。すなわち、周波数オフセットを検出するための指標として、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114の各演算結果を用いることができる。

【0064】

そこで、本実施の形態においては、周波数オフセットを検出するために、まず、品質検出器116において、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114のそれぞれから送られるFFT演算結果の品質を単位シンボル(1シンボル)ごとに検出させる。

20

【0065】

このとき、品質を推定する要素としては、BER(Bit Error Rate)、S/N比および分散等の推定要素を用いることができる。なお、推定基準としては、上記推定要素に限らず、品質を推定できるものであれば何でもよい。品質検出器116による品質検出結果は、判定器117に送られる。

【0066】

さらに、判定器117において、品質検出器116からの品質検出結果に基づいて、周波数オフセット値が抽出される。周波数オフセット値は、以下のとおり抽出される。すなわち、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114のそれぞれによるFFT演算結果のうち、最も品質が良いであろうと推定されるものが判定される。

30

【0067】

この後、品質が最も良好と判定されたFFT演算結果に着目し、このFFT演算結果を出力したFFT演算器に入力されたベースバンド信号において、周波数回転器により与えられた周波数回転量が抽出される。抽出された周波数回転量は、周波数オフセット値とされる。このように、特別なオーバーヘッドによらずに、周波数オフセット値が検出される。

【0068】

なお、周波数オフセット値の算出方法としては、上記以外の方法を用いてもよい。例えば、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114の各FFT演算結果のうち、最も品質が良いものとその次に良いものを判定し、両者を出力した各FFT演算器に入力されたベースバンド信号において、与えられた周波数回転量をそれぞれ抽出する。さらに、抽出された各周波数回転量の補間をとった値を周波数オフセット値としてもよい。

40

【0069】

このとき、判定された2つの演算結果の品質に著しい差が生じた場合には、両者から抽出される周波数回転量に対して単純に補間をとるのではなく、すなわち、単に上記各周波数回転量の中間値をとるのではなく、FFT演算結果の品質の程度を考慮した補間をとるようにしてもよい。

【0070】

以上のようにして抽出された周波数オフセット値は、D/A変換器118に送られる。D/A変換器118では、抽出された周波数オフセット値は、アナログ信号(電圧)に変換される。さらに、アナログ信号に変換された周波数オフセット値は、VCXO101に送

50

られる。

【0071】

V C X O 1 0 1 の発振周波数は、D / A 変換器 1 1 8 からのアナログ信号に制御される。以後、上述したものと同様な動作が行われる。

【0072】

ここで、上述した周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の具体例について説明する。例えば、ある時点において、周波数オフセットが $0.9X$ [Hz] であったとする。この周波数オフセットを補正するために、周波数回転器 (A) 1 0 9 には 0 [Hz]、周波数回転器 (B) 1 1 0 には $+X$ [Hz]、周波数回転器 (C) 1 1 1 には $-X$ [Hz] の周波数回転量が与えられたとする。

10

【0073】

この場合には、周波数回転器 (A) 1 0 9 ~ 周波数回転器 (C) 1 1 1 のそれぞれから出力される信号は、周波数が変更されるので、各信号に含まれる周波数ずれは、それぞれ、 $0.9X$ [Hz]、 $1.9X$ [Hz]、 $-0.1X$ [Hz] となる。

【0074】

上記の信号のうち、周波数回転器 (C) 1 1 1 から出力される信号は、これに含まれる周波数ずれが最も小さい。よって、FFT 演算器 (C) 1 1 4 から出力される FFT 演算結果は、FFT 演算器 (A) 1 1 2 および FFT 演算器 (B) 1 1 3 から出力される FFT 演算結果よりも、品質の良好なものとなる。

【0075】

20

したがって、判定器 1 1 7 により、周波数回転器 (C) 1 1 1 により与えられた周波数回転量 $-X$ [Hz]、すなわち、周波数オフセット値が抽出される。さらに、抽出された周波数オフセット値に基づいて、V C X O 1 0 1 の発振周波数が制御される。具体的には、上記発振周波数が X [Hz] だけ差し引かれることにより、周波数オフセットは、当初の $0.9X$ [Hz] から $-0.1X$ [Hz] に改善されることになる。これにより、周波数オフセットが改善された正弦波に基づいて、上述した直交検波および FFT 演算等が行われるので、遅延検波器 1 1 5 により得られる復調信号の品質は改善される。以後、同様な動作が行われる。

【0076】

上記の場合には、 X の値を変更させることにより、周波数引き込み速度および周波数引き込み後の安定性を調整することができる。また、上記の場合には、周波数オフセットは、 $\pm X$ [Hz] 以下に保たれる。なお、上述した周波数回転器 (A) 1 0 9 ~ 周波数回転器 (C) 1 1 1 に与えられる周波数回転量は、一例であり、伝送路の状態や得られる復調信号の品質等の様々な条件に基づいて、適宜定められるものである。

30

【0077】

このように、本実施の形態によれば、ベースバンド信号をそれぞれ互いに周波数の異なる信号に変更し、これらの信号のそれぞれの FFT 処理後の品質を検出することにより、最適な周波数オフセットを検出することができる。これにより、周波数オフセットを検出するための特別なオーバーヘッドが不要となるので、伝送効率を向上させることができる。さらに、上記各 FFT 処理後の信号の品質を単位シンボルごとに検出し、この検出結果に基づいて即座に周波数オフセットが得られるので、高速な周波数引き込みを行うことができる。したがって、受信信号に対する復調速度を、復調信号の精度に影響を及ぼすことなく、向上させることができる。

40

【0078】

なお、本実施の形態においては、ベースバンド信号の周波数を回転させる周波数回転器を 3 つ用意した場合について説明したが、本発明は、これに限定されず、伝送路の状態、復調速度・精度、および回路規模等の他、様々な条件に応じて変更させる場合にも適用できるものである。

【0079】

また、本実施の形態においては、伝送方式として OFDM 方式を用いた場合について説明

50

したが、本発明は、これに限定されず、周波数オフセット補正を行うものであれば、いかなる伝送方式を用いる場合についても適用できるものである。例えば、伝送方式としてCDMA (Code Division Multiple Access) 方式を用いた場合には、図1において、FFT演算器(A) 109～FFT演算器(C) 114に代えて、任意数のマッチフィルタを備えたものを使用すればよい。

【0080】

(実施の形態2)

実施の形態2は、実施の形態1において、FFT演算結果の品質をパワーに基づいて検出するようにした形態である。なお、本実施の形態に係る周波数オフセット補償装置を備えた受信装置の基本的な構成については、実施の形態1における品質検出器116および判定器117の構成を除いて、実施の形態1と同様であるので、詳しい説明を省略する。以下、実施の形態2に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置において、実施の形態1と相違する点について説明する。

10

【0081】

一般に、FFT演算を施した信号は、品質が良好なほど、その信号のパワーは大きなものとなる。そこで、本実施の形態においては、FFT演算処理後の信号の品質を判断する指標として、パワーを用いるようにした。

【0082】

本実施の形態においては、実施の形態1の品質検出器116として、パワー検出器を用いる。

20

【0083】

パワー検出器では、FFT演算器(A) 112～FFT演算器(C) 114から送られたそれぞれのFFT演算後の信号のパワーが、単位シンボル(1シンボル)ごとに検出されて、検出結果が判定器117に送られる。

【0084】

判定器117では、パワー検出器からの検出結果に基づいて、FFT演算器(A) 112～FFT演算器(C) 114の演算後の信号のうち、パワーが最大となるものが選択される。さらに、パワーが最大であると判定されたFFT演算結果に着目し、このFFT演算結果を出力したFFT演算器に入力されたベースバンド信号において、周波数回転器により与えられた周波数回転量が抽出される。抽出された周波数回転量は、周波数オフセット

30

【0085】

なお、周波数オフセット値の算出方法として、上記以外の方法として、実施の形態1において説明したような補間を用いてもよい。

【0086】

このように、本実施の形態によれば、ベースバンド信号をそれぞれ互いに周波数の異なる信号に変更した後、これらの信号のそれぞれのFFT処理後の品質を検出するときにおいて、上記各FFT処理後の信号のパワーを指標とする。これにより、確実に上記各FFT処理後の信号の品質を検出することができるので、より正確に周波数オフセット値を取得することができる。

40

【0087】

なお、本実施の形態においては、パワー検出器において、FFT演算器(A) 112～FFT演算器(C) 114のFFT演算結果を用いて、単位シンボルごとにパワーを検出する場合について説明したが、本発明は、これに限定されず、上記各FFT演算結果を用いて、サブキャリアごとのパワーの和を算出し、判定器117において、この算出結果に基づいて、周波数オフセット値を算出するようにしてもよい。これにより、受信信号の雑音が大きい場合においても、周波数オフセット値を正確に検出することができるので、復調信号の精度を向上させることができる。同様に、CDMA方式の伝送方式を用いた場合には、マルチコードごとのパワーの和を算出し、この算出結果に基づいて、周波数オフセットを算出するようにすればよい。

50

【0088】

(実施の形態3)

実施の形態3は、実施の形態1および実施の形態2と比較して、さらに精度良く周波数オフセットを検出できるようにした形態である。なお、本実施の形態に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の基本的な構成については、実施の形態1における品質検出器116および判定器117の構成を除いて、実施の形態1と同様であるので、詳しい説明を省略する。以下、実施の形態3に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置において、実施の形態1と相違する点について説明する。

【0089】

なお、本実施の形態においては、伝送方式としてOFDM方式およびCDMA方式を用いる場合について説明するが、本発明は、これに限定されず、複数の信号の送信を同時に行う方式を用いる場合に適用できるものである。また、OFDM方式またはCDMA方式のいずれの場合においても、送信側装置により、各サブキャリアまたは各コードのパワーを同一にして、信号が伝送されたものとする。

10

【0090】

本実施の形態においては、実施の形態1の品質検出器116として、パワーばらつき検出器を用いる。パワーばらつき検出器では、FFT演算器(A)112~FFT演算器(C)114から送られたそれぞれのFFT演算後の信号において、サブキャリアまたはコードごとのパワーが検出されて、検出結果は、判定器117に送られる。

【0091】

判定器117では、パワー検出器からの検出結果に基づいて、FFT演算器(A)112~FFT演算器(C)114の演算後の信号のうち、サブキャリアまたはコードごとのパワーのばらつきが最小となるものが選択される。

20

【0092】

具体的には、OFDM方式においては、キャリア間隔が狭ければ、周波数選択性フェージングが生じたとしても、隣り合うサブキャリアのパワーはほぼ同じである。したがって、隣り合うサブキャリア間のパワー差の絶対値、または、隣り合うサブキャリアのパワーのそれぞれを2乗した値の和が算出される。さらに、FFT演算器(A)112~FFT演算器(C)114の演算後の信号のうち、上記算出結果が小さいものほど、その信号の品質が良好であると判定される。

30

【0093】

また、CDMA方式においては、周波数帯域が各コードで同一であるので、複数のコードごとのパワーの分散が算出される。さらに、FFT演算器(A)112~FFT演算器(C)114の演算後の信号のうち、上記算出結果が小さいものほど、その信号の品質が良好であると判定される。

【0094】

以後は、実施の形態1と同様な処理が行われて、周波数オフセット値が検出される。

【0095】

このように、本実施の形態によれば、サブキャリアまたはコードごとのパワーを検出して、検出結果に基づいて算出したばらつきにより、FFT演算後の信号の品質を判定する。したがって、精度良く周波数オフセットを検出できるとともに、この周波数オフセットを補正することができる。

40

【0096】

(実施の形態4)

実施の形態4は、実施の形態1~実施の形態3に比べて、さらに精度良く周波数オフセットを検出できるようにした形態である。図2は、本発明の実施の形態4に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図2において、実施の形態1と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。

【0097】

同図において、パワー検出器201は、実施の形態2で説明したものと同様であり、パワ

50

ーばらつき検出器 202 は、実施の形態 3 で説明したものと同様である。

【0098】

除算器 203 には、パワー検出器 201 より、FFT 演算器 (A) 112 ~ FFT 演算器 (C) 114 の FFT 演算後の各信号について、単位シンボルごとに算出されたパワーの単位区間における総和が入力される。また、除算器 203 には、パワーばらつき検出器 202 より、FFT 演算器 (A) 112 ~ FFT 演算器 (C) 114 の FFT 演算後の各信号について、サブキャリアまたはコードごとに算出された上記単位区間におけるパワーのばらつき結果が入力される。

【0099】

除算器 203 では、パワーばらつき検出器 202 からのばらつき結果は、FFT 演算器 (A) 112 ~ FFT 演算器 (C) 114 の FFT 演算後の各信号ごとに、パワー検出器 201 からの上記総和に対する除算処理がなされる。例えば、FFT 演算器 (B) 113 の FFT 演算後の信号におけるばらつき結果は、除算器 203 により、FFT 演算器 (B) 113 の FFT 演算後の信号におけるパワーの総和に対する除算処理がなされる。この除算処理結果は、判定器 204 に送られる。

【0100】

判定器 204 では、FFT 演算器 (A) 112 ~ FFT 演算器 (C) 114 の FFT 演算後の各信号のうち、上記除算結果の最も小さいものに着目し、この FFT 演算後の信号を出力した FFT 演算器に入力されたベースバンド信号に与えられた周波数回転量が抽出される。

【0101】

以後、実施の形態 1 で述べたように、周波数オフセット値が検出される。

【0102】

このように、本実施の形態によれば、ある区間において、すべての単位シンボルのパワーの総和に対するパワーのばらつきに基づいて、FFT 演算後の信号の品質を判定するので、パワーの大きさまたはパワーのばらつきのいずれかのみに基づいて品質を判定する場合に比べて、さらに高精度に周波数オフセット値を検出することができる。

【0103】

(実施の形態 5)

実施の形態 5 は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 4 に比べて、受信信号の S/N 比が低い場合においても、周波数オフセットを正確に検出できるようにする形態である。図 3 は、本発明の実施の形態 5 に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図 3 において、実施の形態 4 と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。

【0104】

同図において、積分器 301 は、判定器 204 から送られる周波数オフセット値を、一定区間にわたって平均化する。なお、一定区間としては、単位スロット、単位フレーム、または引き込み回数等を用いることができる。これにより、受信信号の S/N 比が低い場合においても、1 回の周波数引き込みにより単独に検出した周波数オフセット値の平均値を用いることにより、最適な周波数オフセット値を検出できる。

【0105】

このように、本実施の形態によれば、1 回の周波数引き込みにより単独に検出した周波数オフセット値の平均値に基づいて、最適な周波数オフセット値を検出できるので、実施の形態 1 ~ 実施の形態 4 に比べて、より正確かつ安定的に周波数オフセットの補償を行うことができる。

【0106】

なお、本実施の形態においては、実施の形態 4 のみを例にとり説明したが、本発明は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 3 のいずれにも適用できるものである。

【0107】

(実施の形態 6)

10

20

30

40

50

実施の形態 6 は、実施の形態 1～実施の形態 5 において、周波数回転量を適宜変更できるようにした形態である。図 4 は、本発明の実施の形態 6 に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図 4 において、実施の形態 5 と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。

【0108】

同図において、周波数回転器 (A) 402～周波数回転器 (C) 404 は、周波数回転設定器 401 から与えられる回転量に従って、ベースバンド信号の周波数を変化させる。

【0109】

周波数回転設定器 401 は、積分器 301 により平均化された周波数オフセット値に基づいて、周波数回転器 (A) 402～周波数回転器 (c) 404 のそれぞれに与える周波数回転量を決定する。 10

【0110】

具体的には、周波数回転設定器 401 は、例えば、初期時には、各周波数回転器に与える回転量を大きく設定しておき、積分器 301 からの周波数オフセット値の絶対値が小さくなるにつれて、すなわち、周波数オフセットが改善されるにつれて、上記回転量を小さく設定する。

【0111】

これにより、最初の周波数引き込み（初期引き込み）を素早く行い、かつ、引き込み後の安定性を向上させることができる。換言すれば、素早く復調信号が得られると同時に、周波数オフセットをある一定範囲内に保つことができる。したがって、装置全体の消費電力を削減できるだけでなく、引き込み速度を向上させるための装置を別途設ける必要がないので、装置全体の回路規模を削減することもできる。 20

【0112】

なお、本実施の形態においては、積分器 301 からの周波数オフセット値に基づいて、周波数回転量を変化させる場合について説明したが、本発明は、これに限定されず、処理時間やフレーム数等の様々な指標に基づいて、周波数回転量を設定する場合にも適用できるものである。

【0113】

このように、本実施の形態によれば、周波数回転量を様々な条件に応じて変化させるので、効率的な周波数オフセット補正を行うことができる。 30

【0114】

（実施の形態 7）

実施の形態 7 は、実施の形態 1～実施の形態 6 と比較して、発振器の周波数を制御することなく、周波数オフセットを補償して復調信号を得るようにした形態である。図 5 は、本発明の実施の形態 7 に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図 5 において、実施の形態 1 と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。以下、実施の形態 1 と相違する点について説明する。

【0115】

周波数シフト器 (A) 501～周波数シフト器 (C) 503 は、それぞれ FFT 演算器 (A) 112～FFT 演算器 (C) 114 から送られた FFT 演算後の信号に対して、それぞれ周波数回転器 (A) 109～周波数回転器 (C) 111 で与えた周波数変更量を用いてシフトを行う。多重器 504 は、周波数シフト器 (A) 501～周波数シフト器 (C) 503 により周波数がシフトされた信号を多重する。補間器 505 は、多重器 504 により多重された信号を補間し、補間した信号を判定器 506 に送る。検出器 506 は、補間された信号を用いて周波数オフセットを検出する。また、検出器 506 は、補間された信号において上記検出した周波数オフセットを用いて補正した信号を遅延検波器 115 に送る。遅延検波器 115 は、検出器 506 からの周波数オフセットが補正された信号に対して、遅延検波処理を行う。 40

ここで、補間器 505 の詳細について、さらに図 6 を参照して説明する。図 6 は、本発明の実施の形態 7 に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構成の一例を示す 50

ブロック図である。同図に示す補間器は、主に遅延器とタップと加算器とから成る F I R (Finite Impulse Response) フィルタにより構成されたものである。

【0116】

図6において、遅延器601は、図5に示した多重器504から送られた信号を所定の時間だけ遅延させ、遅延させた信号を遅延器602とタップ605とに送る。遅延器602は、遅延器601から送られた信号を所定の時間だけ遅延させて、遅延させた信号を遅延器603とタップ606とに送る。遅延器603は、遅延器602から送られた信号を所定の時間だけ遅延させて、遅延させた信号をタップ607に送る。

【0117】

タップ604は、図5に示した多重器504から送られた信号に対して重み付けを行い加算器608に送る。同様に、タップ605～タップ607は、それぞれ遅延器601～遅延器603により遅延された信号に対して重み付けを行い加算器608に送る。加算器608は、タップ604～タップ607から送られた信号を加算して、加算した信号を検出器506に送る。

【0118】

次いで、上記構成の周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の動作について、図5および図6を参照して説明する。ここで、説明を簡単にするために、周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111には、サブキャリア間隔が Y [Hz] であり、 Y [Hz]、 $2Y$ [Hz]、 $3Y$ [Hz] および $4Y$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 a 、 b 、 c および d のパワーを有するベースバンド信号が入力されるものとする。さらに、このベースバンド信号は、 $Y-X$ [Hz]、 $2Y-X$ [Hz]、 $3Y-X$ [Hz] および $4Y-X$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 e 、 f 、 g および h のパワーを有し、また、 $Y+X$ [Hz]、 $2Y+X$ [Hz]、 $3Y+X$ [Hz] および $4Y+X$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 i 、 j 、 k および l のパワーを有するものとする。

【0119】

上記のようなベースバンド信号は、周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111により、それぞれ、 0 [Hz]、 $+X$ [Hz] および $-X$ [Hz] だけ、周波数が変更された後、それぞれFFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114により、FFT演算が施される。

【0120】

この時点においては、FFT演算器(A)112によるFFT演算後の信号は、周波数回転器(A)109での変更量が 0 [Hz] であったので、 Y [Hz]、 $2Y$ [Hz]、 $3Y$ [Hz] および $4Y$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 a 、 b 、 c および d のパワーを有する信号となる。

【0121】

FFT演算器(B)113によるFFT演算後の信号は、周波数回転器(B)110での変更量が $+X$ [Hz] であったので、 Y [Hz]、 $2Y$ [Hz]、 $3Y$ [Hz] および $4Y$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 e 、 f 、 g および h のパワーを有する信号となる。

【0122】

また、FFT演算器(C)114によるFFT演算後の信号は、周波数回転器(C)111での変更量が $-X$ [Hz] であったので、 Y [Hz]、 $2Y$ [Hz]、 $3Y$ [Hz] および $4Y$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 h 、 i 、 j および k のパワーを有する信号となる。

【0123】

この後、FFT演算器(A)112～FFT演算器(C)114によるFFT演算後の信号は、それぞれ周波数シフト器(A)501～周波数シフト器(C)503により、それぞれ周波数回転器(A)109～周波数回転器(C)111により与えられた周波数変更量に逆の符号を付した方向にシフトされる。すなわち、FFT演算器(A)112～FFT

10

20

30

40

50

T演算器(C) 114によるFFT演算後の信号は、それぞれ、 0 [Hz]、 $-X$ [Hz] および $+X$ [Hz] だけ、シフトされる。

【0124】

この結果、周波数シフト器(A) 501～周波数シフト器(C) 503によりシフトされた信号は、以下のような信号となる。すなわち、周波数シフト器(A) 501によりシフトされた信号は、 Y [Hz]、 $2Y$ [Hz]、 $3Y$ [Hz] および $4Y$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 a 、 b 、 c および d のパワーを有する信号となる。

【0125】

また、周波数シフト器(B) 502によりシフトされた信号は、 $Y-X$ [Hz]、 $2Y-X$ [Hz]、 $3Y-X$ [Hz] および $4Y-X$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 e 、 f 、 g および h のパワーを有する信号となる。 10

【0126】

さらに、周波数シフト器(C) 503によりシフトされた信号は、 $Y+X$ [Hz]、 $2Y+X$ [Hz]、 $3Y+X$ [Hz] および $4Y+X$ [Hz] の周波数軸上において、それぞれ、 i 、 j 、 k および l のパワーを有する信号となる。

【0127】

この後、上記のように周波数シフトされた各信号は、多重器504に送られて、同一周波数軸上に多重される。これにより、多重された信号は、 $Y-X$ 、 Y 、 $Y+X$ 、 $2Y-X$ 、 $2Y$ 、 $2Y+X$ 、 $3Y-X$ 、 $3Y$ 、 $3Y+X$ 、 $4Y-X$ 、 $4Y$ および $4Y+X$ [Hz] の周波数軸上において、 e 、 a 、 j 、 f 、 b 、 j 、 g 、 c 、 k 、 h 、 d および l のパワーを 20 有する信号となる。

【0128】

上記のように多重された信号は、補間器505に送られる。補間器505においては、図6を参照するに、多重器504から送られた信号は、遅延器601とタップ604に送られる。タップ604では、多重器604からの信号は、重み付けが行われた後、加算器608に送られる。

【0129】

また、遅延器601では、多重器604からの信号は、遅延器601により所定の時間 T だけ遅延された後、遅延器602とタップ605に送られる。タップ605では、遅延器601により時間 T だけ遅延された信号は、重み付けが行われた後、加算器608に送ら 30 れる。

【0130】

以後、遅延器602、遅延器603、タップ606およびタップ607でも上記と同様な動作が行われる。この結果、加算器608には、多重器604からの信号が、 0 、 T 、 $2T$ および $3T$ 時間だけそれぞれ遅延された信号に対して、重み付けが行われた信号が、入力されて多重される。

【0131】

これにより、多重器504により上記のように多重された信号は、補間処理がなされて、略連続的な値をとる信号とされる。換言すれば、補間器505では、多重器504により多重された信号に基づいて、補間曲線が得られる。ここで、実施の形態1～実施の形態6 40 では、FFT演算後の信号は、離散的な値を有する信号であるのに対して、本実施の形態では、略連続的な値を有する信号となる。補間器505により補間処理がなされた信号は、検出器506に送られる。

【0132】

なお、補間器505において、遅延器601～遅延器603により遅延される時間 T は、様々な条件に応じて適宜変更されるものでり、タップ604～タップ607により用いられる重み係数は、トレーニング、行列式による回線推定等により、適宜最適化されるものである。

【0133】

検出器506では、補間器505により補間処理が施された信号に基づいて、周波数オフ 50

セットが検出される。すなわち、補間器 505 からの信号は、略連続的な値を有する信号であるので、周波数軸上における各サブキャリアの最適な位置は、容易に検出される。具体的には、送信側装置においては、各サブキャリアの信号は、略同一のパワーで送信されるので、受信側においても、各サブキャリアの信号は、略同一であるはずである。したがって、補間器 505 により補間処理された信号のパワーを参照することにより、最適な各サブキャリアの位置を検出することができる。

【0134】

これにより、周波数オフセット値が検出される。上述の例においては、周波数軸上において、最適な各サブキャリアの位置が、 Y 、 $2Y$ 、 $3Y$ および $4Y$ [Hz] からどれだけ離れた位置にあるかが検出される。

10

【0135】

検出器 506 における検出結果は、遅延検波器 115 に送られる。遅延検波器 115 では、検出器 506 からの検出結果に基づいて、周波数オフセットが補正された復調信号が得られる。

【0136】

なお、検出器 506 により得られた周波数オフセットを VCXO101 にフィードバックさせることにより、より正確に周波数オフセットの補正を行うことができる。この場合には、検出器 506 により得られた周波数オフセットにより VCXO101 を頻繁に制御することなく、ある一定期間の間の周波数オフセットの平均をとり、この平均を用いて適宜 VCXO101 を制御することのみにより、周波数オフセットを正確に補正することができる。

20

【0137】

このように、本実施の形態によれば、ベースバンド信号をそれぞれ互いに異なる変更量で周波数を変更して FFT 演算を行った後、各信号をそれぞれ上記変更量に基づいて周波数シフトを施し、さらに、同一周波数軸上に多重して補間処理を施すことにより、ベースバンド信号に忠実な略連続的な値を有する信号を得ることができる。

【0138】

これにより、FFT 演算の量を増やすことなく、周波数軸上において精密な信号を得ることができるので、周波数オフセットを容易に検出することができる。したがって、特別なオーバーヘッドを用いることなく、周波数オフセットを正確に検出できるので、伝送効率および復調速度を向上させることができる。

30

【0139】

さらに、周波数オフセット補正時に、VCXO101 を制御する必要がないので、あるいは、VCXO101 を適宜行えばよいので、装置全体の安定性が向上するとともに、ループ（周波数オフセットを VCXO に戻す）による制御遅延に起因する過制御や発振などを防止することができる。よって、パケット伝送等のバースト信号の受信に対しても有利となる。

【0140】

なお、本実施の形態においては、周波数回転器および周波数シフト器を 3 つ用いた場合について説明したが、本発明は、これに限定されず、様々な条件に応じて適宜変更する場合についても適用できるものである。また、周波数回転器によりベースバンド信号に与えられる周波数変更量は、上記に示した例に限定されず、復調信号の精度および処理速度等を向上させるように、適宜変更されるものである。

40

【0141】

（実施の形態 8）

実施の形態 8 は、実施の形態 7 において、補間器におけるタップに対して、送信装置で挿入した参照信号を用いてトレーニングを行うようにした形態である。以下、本実施の形態に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置について図 7 を参照して説明する。

【0142】

図 7 は、本発明の実施の形態 8 に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構

50

成を示すブロック図である。なお、同図において、実施の形態7における補間器505と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。また、本実施の形態において、補間器以外の構成については、実施の形態7と同様であるので、詳しい説明を省略する。

【0143】

図7において、タップ701～タップ704で用いられる重み係数は、以下のように決定される。まず、タップ701～タップ704により重み付けられた信号は、加算器608により加算される。加算器608の加算結果と参照信号発生部705からの参照信号とは、減算器706に送られて減算処理がなされる。なお、上記参照信号は、送信側装置により送信データと多重して送信された信号である。

10

【0144】

さらに、減算器706の減算結果は、適応アルゴリズム部707に送られる。適応アルゴリズム部707では、上記減算結果すなわち誤差が最小となるように、適応アルゴリズムを用いて最適な重み係数が更新される。なお、適応アルゴリズムとしては、LMS (Least Mean Square) やRLS (Recursive Least Square) 等が用いられる。適応アルゴリズム部707により更新された重み係数は、タップ701～タップ704に送られる。

【0145】

このように、本実施の形態によれば、送信側装置から送られた参照信号に基づいて、補間器に用いられるタップの重み係数を決定するので、正確に周波数オフセットを補正することができる。

20

【0146】

(実施の形態9)

実施の形態9は、実施の形態7において、FIRフィルタを複数用意することにより、サブキャリア毎に異なる補間を行えるようにした形態である。図8は、本発明の実施の形態9に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構成を示すブロック図である。なお、同図において、実施の形態7における補間器505と同様の構成については、同一符号を付して詳しい説明を省略する。また、本実施の形態において、補間器以外の構成については、実施の形態と同様であるので、詳しい説明を省略する。なお、図8においては、説明を簡単にするために、サブキャリアを3本とし、周波数の変更種類を3種類とした場合についての構成が示されている。

30

【0147】

図8に示すように、本実施の形態に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器は、実施の形態7における補間器505と同様な構成の3つのFIRフィルタと、遅延器801と、遅延器802と、遅延検波用並列直列変換器803と、を具備する。なお、上記FIRフィルタは、サブキャリアの数と同一となるように設けられる。

【0148】

遅延器801は、多重器504からの信号を、サブキャリア間に対応する遅延時間だけ遅延させて、遅延させた信号を遅延器601とタップ604に送る。遅延器802は、遅延器801により遅延された信号を、サブキャリア間に対応する遅延時間だけ遅延させて、遅延させた信号を遅延器601とタップ604に送る。

40

【0149】

また、3つのFIRフィルタにおける遅延器601～遅延器603の遅延時間は、周波数の変更種類に応じて決定されるものである。この場合には、周波数の変更種類は3種類であるので、上記遅延時間は、サブキャリア間隔の $1/3$ の遅延量とされる。

【0150】

遅延検波用並列直列変換器803は、3つの加算器608から出力される補間結果を、並列から直列に変換して、検出器506に送る。

【0151】

このように、本実施の形態によれば、サブキャリア毎に異なる補間が行えるので、周波数

50

選択性フェージング等によりサブキャリア間で異なる周波数ずれが生じた場合においても、正確に周波数オフセットを補正することができる。

【0152】

なお、上述した実施の形態に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置は、基地局装置および無線通信装置等に備えることができるものである。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、伝送効率および復調速度を向上させる周波数オフセット補正装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図 10

【図2】本発明の実施の形態4に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図

【図3】本発明の実施の形態5に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図

【図4】本発明の実施の形態6に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図

【図5】本発明の実施の形態7に係る周波数オフセット補正装置を備えた受信装置の構成を示すブロック図

【図6】本発明の実施の形態7に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構成の一例を示すブロック図 20

【図7】本発明の実施の形態8に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構成を示すブロック図

【図8】本発明の実施の形態9に係る周波数オフセット補正装置に用いられる補間器の構成を示すブロック図

【図9】従来のOFDM方式の受信装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

109～111 周波数回転器

112～114 FFT演算器

115 遅延検波器

116 品質検出器

117、204 判定器

118 D/A変換器

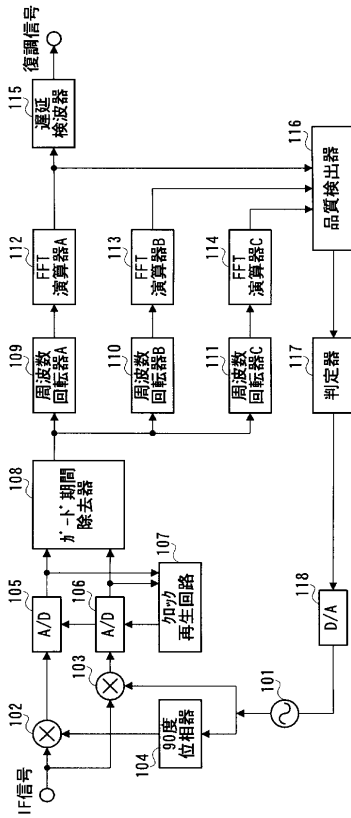
501～503 周波数シフト器

504 多重器

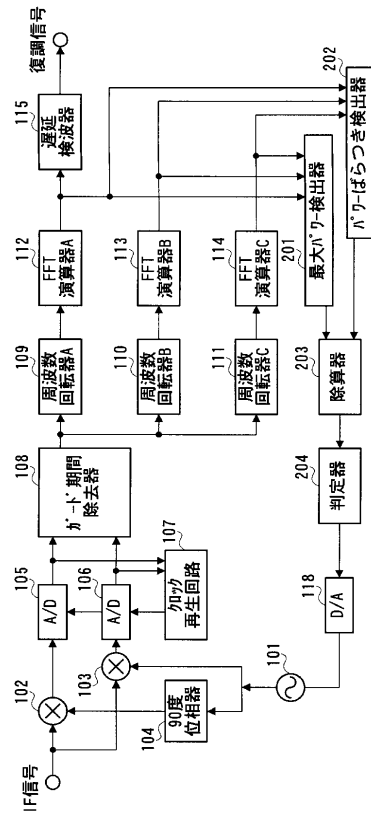
505 補間器

506 検出器

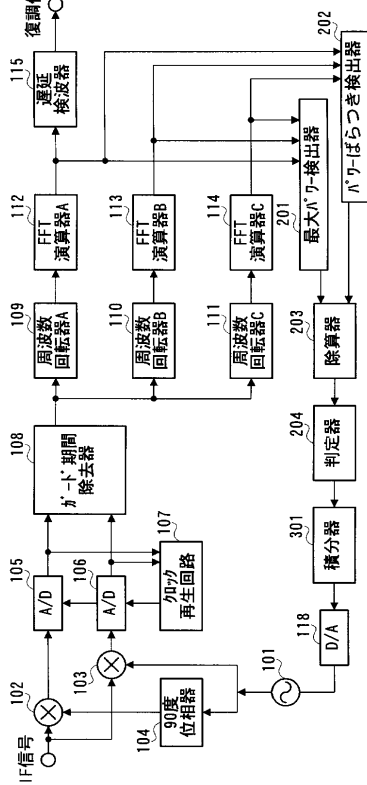
【図 1】



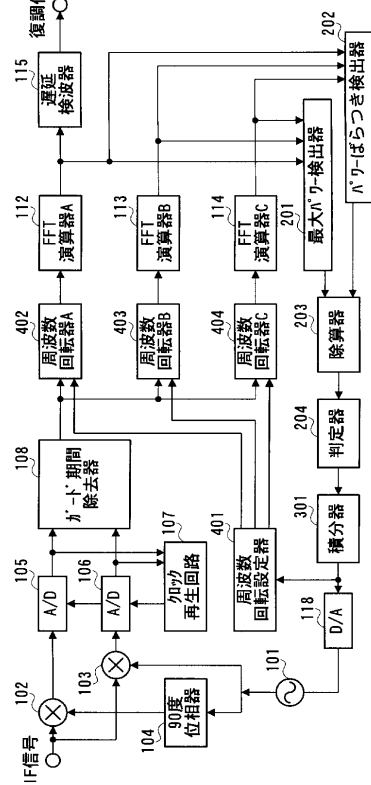
【図 2】



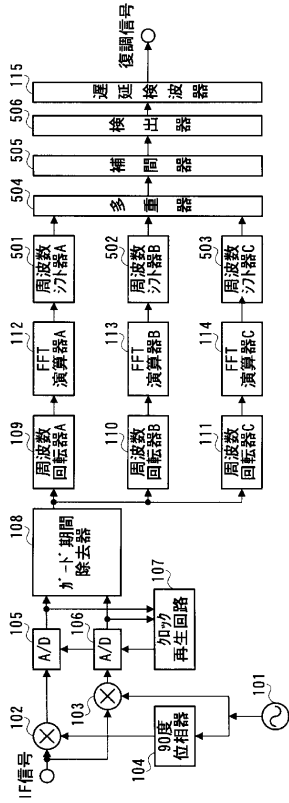
【 図 3 】



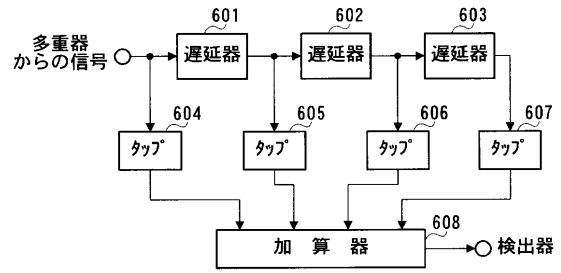
【 図 4 】



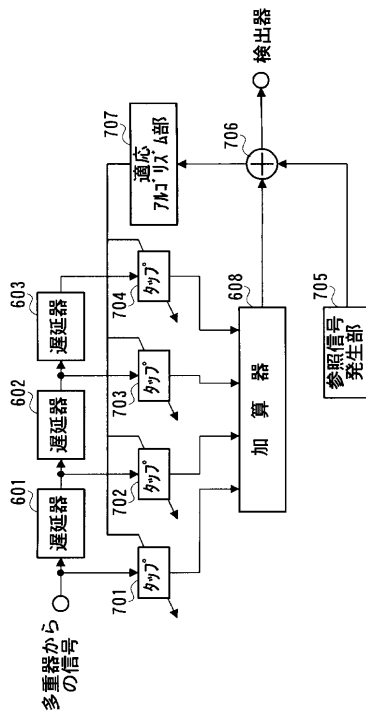
【図 5】



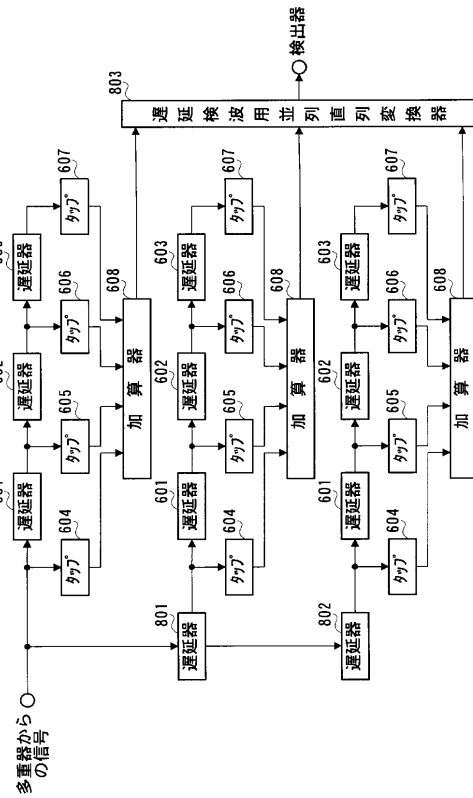
【图 6】



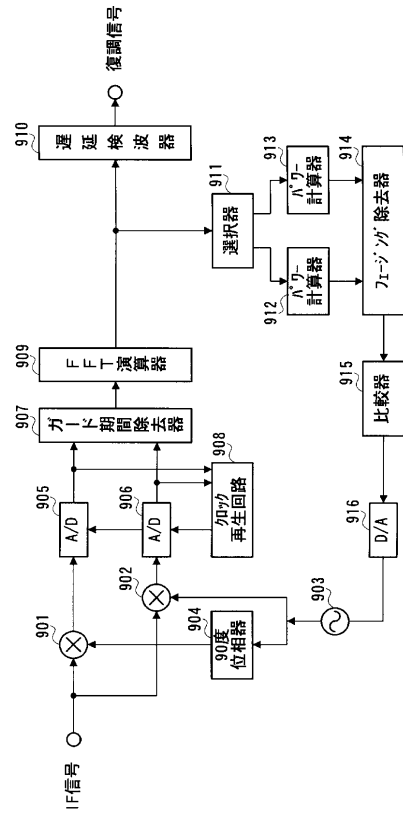
【図 7】



【 図 8 】



【図 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-213933 (JP, A)
特開平08-274683 (JP, A)
特開平08-102771 (JP, A)
特開平09-275385 (JP, A)
特表平10-510958 (JP, A)
特開平08-223132 (JP, A)
特開平10-200508 (JP, A)
特開平07-046153 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H04J 11/00