

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-320738
(P2004-320738A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int. Cl.⁷
H04J 11/00

F I
H04 J 11/00

テーマコード (参考)
5 K O 2 2

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-93616 (P2004-93616)
(22) 出願日 平成16年3月26日 (2004.3.26)
(31) 優先権主張番号 特願2003-96947 (P2003-96947)
(32) 優先日 平成15年3月31日 (2003.3.31)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦
(74) 代理人 100091351
弁理士 河野 哲
(74) 代理人 100088683
弁理士 中村 誠
(74) 代理人 100108855
弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74) 代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

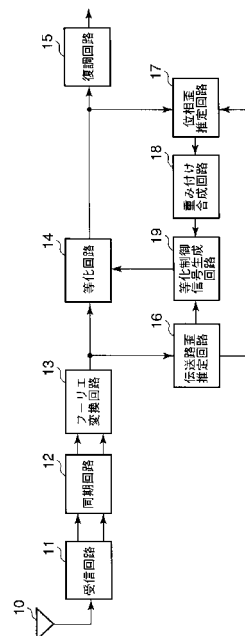
(54) 【発明の名称】 OFDM受信装置

(57) 【要約】

【課題】 OFDM受信装置において、歪補償後の信号を用いて位相歪推定を行い、かつ複数シンボルの位相歪情報を用いた場合においても位相歪推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を低減する。

【解決手段】 伝送路歪推定回路16により受信OFDM信号中の各サブキャリア信号を用いて生成される伝送路歪情報と等化回路14による歪補償後のサブキャリア信号を用いて位相歪推定回路17でシンボル毎の位相歪情報を生成し、この位相歪情報を重み付け合成回路18により複数のシンボル区間にわたり重み付けを行った後に合成し、重み付け合成された位相歪情報と伝送路歪情報を用いて等化制御信号生成回路19により等化回路14の等化特性を制御するための等化制御信号を生成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

伝送路を経て送信される、シンボル毎に複数のサブキャリア信号を有する OFDM 信号を受信する受信手段と、

受信された前記 OFDM 信号中の各サブキャリア信号を用いて前記 OFDM 信号が前記伝送路で受けた歪を推定し、該歪を示す伝送路歪情報を生成する伝送路歪推定手段と、

前記各サブキャリア信号に対し制御信号に従って歪補償を行う歪補償手段と、

歪補償後の各サブキャリア信号を復調する復調手段と、

前記歪補償後の各サブキャリア信号及び前記伝送路歪情報を用いて該歪補償後の各サブキャリア信号の前記シンボル毎の位相歪を示す第 1 の位相歪情報を生成する位相歪推定手段と、

前記第 1 の位相歪情報を複数のシンボル区間にわたり時間関数の重み係数を用いて重み付けを行った後に合成することにより、第 2 の位相歪情報を生成する重み付け合成手段と、

前記伝送路歪情報と前記第 2 の位相歪情報を用いて前記制御信号を生成する手段とを具備する OFDM 受信装置。

【請求項 2】

伝送路を経て送信されてくる複数のサブキャリア信号を有する OFDM 信号を受信する受信手段と、

受信された前記 OFDM 信号中の各サブキャリア信号を用いて前記 OFDM 信号が前記伝送路で受けた歪を推定し、該歪を示す伝送路歪情報を生成する伝送路歪推定手段と、

前記各サブキャリア信号に対し制御信号に従って歪補償を行う歪補償手段と、

歪補償後の各サブキャリア信号を復調する復調手段と、

前記歪補償後の各サブキャリア信号及び前記伝送路歪情報を用いて該歪補償後の各サブキャリア信号の前記シンボル毎の位相歪を示す第 1 の位相歪情報を生成する位相歪推定手段と、

前記第 1 の位相歪情報に対して複数のシンボル区間にわたり時間関数の重み係数を用いた重み付け移動平均を行って第 2 の位相歪情報を生成する重み付け移動平均手段と、

前記伝送路歪情報と前記第 2 の位相歪情報を用いて前記制御信号を生成する制御信号生成手段とを具備する OFDM 受信装置。

【請求項 3】

前記受信された OFDM 信号をデジタルベースバンド信号に変換する手段と、前記デジタルベースバンド信号に対して時間及び周波数の同期処理を行う手段と、同期処理後のデジタルベースバンド信号をフーリエ変換して前記 OFDM 信号中の各サブキャリア信号を分離する手段とをさらに具備する請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

【請求項 4】

前記シンボルは、前記サブキャリア信号としてデータサブキャリアと既知サブキャリアの信号を含み、

前記位相歪推定手段は、位相歪情報閾値を持ち、前記歪補償後のサブキャリア信号中の前記既知サブキャリアの位相誤差成分を前記伝送路歪情報及び前記歪補償後のサブキャリア信号の振幅レベルを示す情報を用いた重み付けを行った後に合成し、位相歪情報閾値を用いてクリッピングすることにより前記第 1 の位相歪情報を生成する請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

【請求項 5】

前記重み付け合成手段または前記重み付け移動平均手段は、複数の時間関数の重み係数候補から前記重み係数を選択する手段を含む請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

【請求項 6】

前記シンボルは、前記サブキャリア信号としてデータサブキャリアと既知サブキャリアの信号を含み、

10

20

30

40

50

前記重み付け合成手段または前記重み付け移動平均手段は、前記重み係数として前記データサブキャリアに対応する区間と前記既知サブキャリアに対応する区間とで係数値の異なる第 1 及び第 2 の重み係数をそれぞれ用いる請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

【請求項 7】

前記シンボルは、前記サブキャリア信号としてデータサブキャリアと既知サブキャリアの信号を含み、

前記重み付け合成手段または前記重み付け移動平均手段は、前記重み係数として前記データサブキャリアに対応する区間では時間的に係数値がほぼ一定の第 1 の重み係数を用い、前記既知サブキャリアに対応する区間では過去の係数値が相対的に小さい第 2 の重み係数を用いる請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

10

【請求項 8】

前記シンボルは、前記サブキャリア信号としてデータサブキャリアと既知サブキャリアの信号を含み、

前記重み付け合成手段または前記重み付け移動平均手段は、前記重み係数として前記データサブキャリアに対応する区間と前記既知サブキャリアに対応する区間とで係数値の異なる第 1 及び第 2 の重み係数をそれぞれ用いて前記第 2 の位相歪情報を生成し、

前記制御信号生成手段は、前記データサブキャリアに対応する区間では前記重み付け合成手段により前記第 1 の重み係数を用いて生成される前記第 2 の位相歪情報を用いて前記制御信号を生成し、前記既知サブキャリアに対応する区間では前記重み付け合成手段により前記第 2 の重み係数を用いて生成される前記第 2 の位相歪情報を用いて前記制御信号を生成する請求項 1 または 2 に記載の OFDM 受信装置。

20

【請求項 9】

複数のサブキャリアを含む OFDM 信号をシンボル毎に受信する受信手段と、

前記 OFDM 信号の各サブキャリアを用いて、前記 OFDM 信号が伝送路において受ける歪みを評価し、この歪みを表す伝送路歪情報を生成する伝送路歪推定手段と、

前記各サブキャリア信号に対し制御信号に従って歪補償を行う歪補償手段と、

前記歪補償済サブキャリアを復調する復調手段と、

前記歪補償済サブキャリア及び前記伝送路歪情報を用いて、各サブキャリアの位相歪を示す第 1 位相歪情報をシンボル毎に生成する位相歪推定手段と、

30

複数のシンボル区間に渡り時間関数の重み係数によって前記第 1 位相歪情報を重み付けし、前記重み係数に対応する複数の第 2 位相歪情報を生成する重み付け合成手段と、

前記サブキャリアを前記重み係数により個々に重み付けするために前記伝送路歪情報及び前記第 2 位相歪情報を用いて前記制御信号を順次生成する制御信号生成手段と、

を具備する OFDM 受信装置。

【請求項 10】

前記歪補償手段は各サブキャリア信号に対して複数回歪補償を行う歪補償回路によって構成される請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 に記載の OFDM 受信装置。

【請求項 11】

前記歪補償回路は、前記受信手段からの各サブキャリア信号を第 1 の制御信号に従って歪補償する第 1 の等化回路と、前記第 1 の等化回路の出力信号を第 2 の制御信号に従って歪補償する第 2 の等化回路によって構成される請求項 10 に記載の OFDM 受信装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 信号を受信して復調を行う OFDM 受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

OFDM 方式は、送信すべきデータを複数のサブキャリアに分割して変調を行うマルチ

50

キャリア変調方式の一つである。各サブキャリアは狭帯域になるため、耐マルチパスフェージング特性が向上する。反面、OFDM方式ではキャリア周波数誤差、クロックずれ及び位相雑音に起因する位相回転による特性劣化が大きくなるため、位相歪の推定と補償が必要になる。

【0003】

OFDM信号のフォーマットによると、バースト状のOFDM信号の先頭に同期処理に用いる同期用プリアンブルと伝送路推定に用いる伝送路推定用プリアンブルが順次配置され、プリアンブルの後にデータが続く。データは1つ以上のシンボルから成る。各シンボルは複数のサブキャリアにより構成され、その一部が既知信号から成るパイロットサブキャリアであり、残りがデータを含むデータサブキャリアである。

10

【0004】

特許文献1は、このようなOFDM信号を受信復調するOFDM受信装置の例を開示している。

【0005】

この従来のOFDM受信装置では、受信されているバーストOFDM信号はデジタルベースバンド信号に変換され、時間同期処理及び周波数同期処理が施される。フーリエ変換によりサブキャリア毎の信号に分離される。分離されているサブキャリア毎の信号は等化回路によって歪補償された後、復調回路に送られて復調される。フーリエ変換されている信号から生成される伝送路歪情報と、伝送路歪情報と復調データから生成される位相歪情報を用いて各サブキャリアに共通の位相誤差情報が生成され、さらに移動平均がとられる。移動平均位相誤差情報と伝送路歪情報を用いて、等化回路で歪補償に用いる等化制御信号が生成される。

20

【0006】

等化回路では、位相歪補償と伝送路歪補償を含む等化処理が行われる。等化処理によって得られる信号を用いて、等化処理で補償しきれずに残留した位相歪の推定が行われ、前述の位相歪情報が生成される。特許文献1によると、位相歪の推定処理においては、伝送路歪情報から算出される各サブキャリアの振幅レベル情報に従ってサブキャリア毎の位相歪情報を重み付けられて合成される。この重み付け合成されている位相歪情報がさらに複数シンボル分にわたって移動平均される。

30

【特許文献1】特開2000-286819

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述したように、従来のOFDM受信装置では、位相歪補償後の信号を用いて等化回路で補償しきれずに残留した位相歪の推定を行った後、さらに複数シンボルにわたって位相歪情報の移動平均をとることにより、位相歪の推定精度を向上させている。このような構成のOFDM受信装置においては、位相歪推定精度の一時的な劣化があると、移動平均によって以後の長期にわたる推定精度劣化を引き起こす場合がある。

【0008】

本発明の目的は、高精度の位相歪補償を実現するOFDM受信装置を提供することにある。より具体的には、例えば位相歪推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくできるようにすることを目的とする。

40

【0009】

より具体的には、OFDM装置において例えば位相歪補償後の信号を用いて位相歪推定を行い、かつ複数シンボルの位相歪情報を用いた場合においても、位相歪推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくできるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題を解決するため、本発明の一つの態様に係るOFDM受信装置は、伝送路を経て送信される、シンボル毎に複数のサブキャリア信号を有するOFDM信号を受信する

50

受信手段と、受信されたOFDM信号中の各サブキャリア信号を用いてOFDM信号が伝送路で受けた歪を推定し、該歪を示す伝送路歪情報を生成する伝送路歪推定手段と、各サブキャリア信号に対し制御信号に従って歪補償を行う補償手段と、歪補償後の各サブキャリア信号を復調する復調手段と、歪補償後の各サブキャリア信号及び伝送路歪情報を用いて該歪補償後の各サブキャリア信号のシンボル毎の位相歪を示す第1の位相歪情報を生成する位相歪推定手段と、第1の位相歪情報を複数のシンボル区間にわたり時間関数の重み係数を用いて重み付けを行った後に合成することにより、第2の位相歪情報を生成する重み付け合成手段と、伝送路歪情報と第2の位相歪情報を用いて制御信号を生成する手段とを有する。

【0011】

10

本発明の他の態様に係るOFDM装置では、重み付け合成手段が第1の位相歪情報に対して複数のシンボル区間にわたり時間関数の重み係数を用いた重み付け移動平均を行って第2の位相歪情報を生成する重み付け移動平均手段に置き換えられる。

【0012】

より具体的には、例えばサブキャリア信号は既知サブキャリアとデータサブキャリアの信号を含む。その場合、位相歪推定手段は歪補償後のサブキャリア信号中の既知サブキャリアの位相誤差成分を歪補償後のサブキャリア信号の振幅レベルを示す情報を用いた重み付けを行った後に合成することにより、第1の位相歪情報を生成する。

【0013】

一方、重み付け合成手段または重み付け移動平均手段は、重み係数としてデータサブキャリアに対応する区間と既知サブキャリアに対応する区間とで係数値が同じか、または異なる第1及び第2の重み係数をそれぞれ用いる。より好ましくは、重み付け合成手段または重み付け移動平均手段は、重み係数としてデータサブキャリアに対応する区間では時間的に係数値がほぼ一定の第1の重み係数を用い、既知サブキャリアに対応する区間では過去の係数値が相対的に小さい第2の重み係数を用いる。

20

【0014】

重み付け合成手段または重み付け移動平均手段が重み係数としてデータサブキャリアに対応する区間と既知サブキャリアに対応する区間とで係数値の異なる第1及び第2の重み係数をそれぞれ用いて第2の位相歪情報を生成する場合、制御信号生成手段は、データサブキャリアに対応する区間では重み付け合成手段により第1の重み係数を用いて生成される第2の位相歪情報を用いて制御信号を生成し、既知サブキャリアに対応する区間では重み付け合成手段により第2の重み係数を用いて生成される第2の位相歪情報を用いて制御信号を生成する。

30

【0015】

このように構成された本発明の態様に係るOFDM装置においては、過去のシンボルにおける位相歪情報に対する重み付けをサブキャリア毎に自由に設定できるため、位相歪推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくすることができ、高精度の位相歪補償を実現することが可能である。

【発明の効果】**【0016】**

40

位相歪の推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくすることができ、高精度の位相歪補償を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0017】**

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0018】

図1は、本発明の実施形態に係るOFDM受信装置の構成を示す。

【0019】

送信側から無線伝送路のような伝送路を経て送信されてくるバースト状のOFDM信号がアンテナ10によって受信され、受信回路11に入力される。受信されるOFDM信号

50

のフォーマットは、図 2 に示されるように各バーストの先頭に同期処理に用いる同期用プリアンブル 2 1 と、伝送路推定に用いる伝送路推定用プリアンブル 2 2 が順次配置される。伝送路推定用プリアンブル 2 2 は、伝送路推定のみでなく、場合によっては同期にも用いられる。伝送路推定用プリアンブル 2 2 の後に、一つ以上のシンボルを含むデータ 2 3 が続く。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、図 2 のデータ 2 3 に含まれるシンボルにおけるサブキャリア信号の周波数配置を示す。図 3 に示されるように、このシンボル区間のサブキャリア信号は、データを含むデータサブキャリア 3 1 と、既知のサブキャリア（パイロットサブキャリアと呼ばれる）3 2 を含む。

10

【 0 0 2 1 】

受信回路 1 1 は、アンテナ 1 0 によって受信されている OFDM 信号を増幅、周波数変換及び A / D 変換することにより、デジタルベースバンド信号に変換する。受信回路 1 1 から出力されるデジタルベースバンド信号は、同期回路 1 2 によって送信側との時間同期及び周波数同期の処理が行われる。時間同期処理及び周波数同期処理がなされた OFDM 信号は、フーリエ変換回路 1 3 によってフーリエ変換され、各々のサブキャリア信号に分離される。受信回路 1 1、同期回路 1 2 及びフーリエ変換回路 1 3 の構成と処理は周知であるため、詳細な説明を省略する。

【 0 0 2 2 】

フーリエ変換から出力される各サブキャリア信号は、等化回路 1 4 によって伝送路歪及び位相歪を除去するための等化处理（歪補償という）が施された後、復調回路 1 5 に入力される。このように復調前にサブキャリア信号を等化回路 1 4 に通して歪補償を行うことにより、正確な復調を可能とする。等化回路 1 4 は、後述する等化制御信号生成回路 1 9 から供給される等化制御信号に従って等化处理を行う。

20

【 0 0 2 3 】

等化制御信号は、以下の手順で生成される。

【 0 0 2 4 】

受信されている OFDM 信号に含まれる伝送路推定用プリアンブル 2 2 は、OFDM 信号のバーストに含まれる他のシンボルと同様に、受信回路 1 1、同期回路 1 2 及びフーリエ変換回路 1 3 を経て、各サブキャリア信号に分離される。伝送路歪推定回路 1 6 は、伝送路プリアンブル 2 2 のサブキャリア信号を用いて伝送路歪情報が生成される。伝送路歪情報は、受信されている OFDM 信号が伝送路で受けた歪（伝送路歪という）を表している。伝送路歪には、サブキャリア信号毎に振幅歪や位相歪の情報が含まれる。伝送路歪推定回路 1 6 の具体的な構成については周知であるため、説明を省略する。

30

【 0 0 2 5 】

伝送路歪推定回路 1 6 から出力される伝送路歪情報は、位相歪推定回路 1 7 と等化制御信号生成回路 1 9 に入力される。位相歪推定回路 1 7 では、伝送路歪推定回路 1 6 からの伝送路歪情報と等化回路 1 4 からの歪補償サブキャリア信号を用いて OFDM 信号のシンボル毎に位相歪が推定され、これによってシンボル毎の位相歪情報（第 1 の位相歪情報）が生成される。

40

【 0 0 2 6 】

図 4 は、位相歪推定回路 1 7 の具体的な構成例を示す。図 4 の位相歪推定回路 1 7 では、まず位相歪検出回路 4 1 が、等化回路 1 4 から出力される歪補償サブキャリア信号のうちのパイロットサブキャリア 3 2 と、OFDM 受信装置で用意されている既知サブキャリアとの位相誤差成分がそれぞれ検出される。一方、振幅レベル測定回路 4 3 が図 1 の伝送路歪推定回路 1 6 からの伝送路歪情報及び等化回路 1 4 から出力される歪補償サブキャリア信号の振幅レベルを測定し、振幅レベル情報を出力する。

【 0 0 2 7 】

位相合成回路 4 2 は、振幅レベル測定回路 4 3 から出力されている振幅レベル情報を用いて、位相歪検出回路 4 1 により検出される位相誤差成分に対して重み付けを行う。この

50

重み付け処理により、1シンボル分の位相歪情報が生成され、位相歪推定回路17から出力される。位相歪推定回路17から出力される位相歪情報は、図1の重み付け合成回路18に送られ、ここで時間関数の重み係数(重み係数系列)を用いた重み付け合成が行われることによって、合成位相歪情報(第2の位相歪情報)が生成される。

【0028】

重み付け合成とは、位相歪推定回路17から入力される複数シンボル分の位相歪情報に対して、上述の重み係数系列により重み付けを行い、重み付け位相歪情報を一つの位相歪情報に合成する操作であり、この操作は位相歪推定回路17から新たな1シンボル分の位相歪情報が入力される毎に繰り返し行われる。複数シンボル分の重み付け位相歪情報を合成する際に、それらの平均をとれば、これは重み付け移動平均(weighted moving average)と呼ばれる操作になる。従って、重み付け合成回路は、重み付け移動平均回路に置き換えてもよい。

10

【0029】

図5は、重み付け合成回路18の具体的な構成を示している。まず、図1の位相歪推定回路17から出力される複数シンボル分の位相歪情報がバッファ51に蓄積される。重み係数出力回路53からは、例えば図6(a)~(f)に示されるような時間関数の重み係数(重み係数系列)が1つ以上同時に出力される。この重み係数系列では、横軸に時間、縦軸に重み係数の値をそれぞれとっている。ここで、図6(a)~(f)中に示した重み係数系列の期間Tは、バッファ51に位相歪情報が蓄えられる複数シンボルの区間に対応している。

20

【0030】

合成回路52では、重み係数出力回路53から出力される重み係数系列を用いて、バッファ51から読み出される複数シンボル分の位相歪情報に対して前述のように重み付け合成(重み付け移動平均)が行われ、これによって複数シンボル分の位相歪情報から成る合成位相歪情報が生成される。重み係数出力回路53から出力される重み係数系列と重み付け合成回路18の動作は、後に詳しく説明する。

【0031】

重み付け合成回路18により生成される合成位相歪情報は、図1中に示した等化制御信号生成回路19に供給される。等化制御信号生成回路19では、伝送路歪推定回路16からの伝送路歪情報と、図1に示した重み付け合成回路18からの合成位相歪情報を用いて、等化回路14の等化特性を制御するための等化制御信号が生成される。図7は、等化制御信号生成回路19の具体的な構成を示す。まず、サブキャリア分割回路71によって、図1中の伝送路歪推定回路16から入力される各サブキャリア信号毎の伝送路歪情報が複数のグループ(図の例では、2グループ)に分割される。

30

【0032】

位相歪情報選択回路72は、重み付け合成回路18から入力される1つ以上の合成位相歪情報の中から、サブキャリア分割回路71によって分割されている各グループの伝送路歪情報に対して適切な合成位相歪情報を選択する。位相歪情報選択回路72によって選択されている合成位相歪情報は、上記各グループに対応する複数の重畳回路73A, 73Bによって、サブキャリア分割回路71からの各グループの伝送路歪情報に重畳され、これによって得られた歪情報はサブキャリア合成回路74に出力される。重畳回路73A, 73Bから出力される歪情報は、サブキャリアの各グループに対応している。そこで、サブキャリア合成回路74は、重畳回路73A, 73Bから出力される、サブキャリアの各グループに対応する歪情報を合成して1つのシンボル単位とし、これを等化制御信号として出力する。

40

【0033】

このようにして、生成されている等化制御信号を使って等化回路14により等化処理を行うと、時間的に過去のシンボルにおける位相歪情報に対する重み付けに用いる重み係数をサブキャリア毎に自由に設定できるため、重み係数系列を適切に選ぶことによって、位相歪推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくすることを可能に

50

する。、結果として高精度の位相歪補償を実現することができる。

【0034】

次に、重み付け合成回路18について具体的に説明する。

【0035】

前述した位相歪には、OFDM信号のバーストを構成する全てのシンボルについて定常的に重畳される歪(定常位相歪という)と、時間的に変動する歪(以下、変動位相歪)がある。前者は送信信号のキャリア周波数に対するOFDM受信装置の周波数変換で用いられる局部発振器の発振周波数(ローカル周波数)のずれが原因であり、後者は局部発振器で生じる位相ノイズがそれぞれ主な原因である。位相歪全体における定常位相歪と変動位相歪の割合に応じて、図5の重み係数出力回路52から出力される重み係数系列を図6(a)~(f)に示されるよう変更することによって、より精度の高い合成位相歪情報を生成することができる。

10

【0036】

まず、位相歪における定常位相歪と変動位相歪の割合に関する情報が十分に得られない場合、図6(a)または(b)に示されるような時間と共に係数値が小さくなる重み係数系列を用いることが望ましい。すなわち、過去のシンボルの位相歪情報ほど係数値の小さな重み係数が割り当てられる。このような重み係数系列を使うことによって、大きなリスクを回避することができる。

【0037】

次に、定常位相歪の割合が比較的大きいということが分かっている場合には、図6(c)または(d)に示されるように時間的にほぼ一定の係数値を持つ重み係数系列を用いることにより、過去の重み係数についても大きい係数値を割り当てることが望ましい。このようにすることで、合成位相歪情報の精度を高めることができる。

20

【0038】

一方、変動位相歪の割合が比較的大きいということが分かっている場合には、図6(e)に示されるようにより小さい係数値を過去の重み係数に割り当てた重み係数系列を用いたり、あるいは図6(f)に示されるように過去の係数値を全て0とし、現在の重み係数に非0の係数値を持たせた重み係数系列を用いることが有効である。このようにすることで、既に変化してしまった過去の状況に引きずられることなく、時間的に変動する位相歪に対して迅速に追従することができる。

30

【0039】

図7に示したサブキャリア分割回路71は、例えば各サブキャリア信号に対応する伝送路歪情報のうち、パイロットサブキャリアに対応する伝送路歪情報を第1グループとして分割する。この第1グループの伝送路歪情報に対して、例えば図6(e)または(f)に示されるように過去の係数値が小さいかあるいは0の重み係数系列を適用すると、位相歪推定精度の一時的な劣化があっても、その劣化の影響がその後の推定精度に与える影響を効果的に小さくすることができる。

【0040】

一方、サブキャリア分割回路71は、データサブキャリアに対応する伝送路歪情報を別の第2のグループとして分割する。この第2グループの伝送路歪情報に対しては、図6(c)に示される時間的に平坦な値を持つ重み係数系列を用いるようにしてもよい。

40

【0041】

位相歪全体における定常位相歪と変動位相歪の割合によらず、白色雑音が大きい場合には、重み係数系列の合計値を小さくするという方法も考えられる。このようにすることで、白色雑音の影響により合成位相歪情報が大きな精度劣化を起こすことが少なくなるため、復号精度を向上させることができる。

【0042】

図5に示した重み係数系列出力回路53は、OFDM信号のバースト全体に渡って例えば図6(a)~(f)に示した重み係数系列から選択した一種類の重み係数系列を出力してもよいし、シンボル毎に異なる重み係数系列を出力してもよい。さらに、重み係数出力

50

回路 53 は、異なる種類の重み係数系列を同時に出力してもよいし、一種類の重み係数系列のみを出力することもできる。

【0043】

次に、図 7 に示した等化制御信号生成回路 19 の具体的な動作例について説明する。

【0044】

サブキャリア分割回路 71 は、例えば前述のように各サブキャリア信号に対応する伝送路歪情報をパイロットサブキャリアに対応する第 1 グループとその他のデータサブキャリアなどのサブキャリアに対応する第 2 グループとに分割されて出力する。一方、位相歪情報選択回路 72 は、重み付け合成回路 18 から入力される一つ以上の合成位相歪情報の中から、サブキャリア分割回路 71 によって分割されている第 1 及び第 2 グループの伝送路歪情報にそれぞれ適切な合成位相歪情報を選択する。

10

【0045】

ここで、パイロットサブキャリアに対応する第 1 グループの伝送路歪情報に対しては、推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくするために、位相歪情報選択回路 72 は図 6 (e) または (f) に示したように過去の係数値が小さい重み係数系列によって重み付け合成されている合成位相歪情報を選択する。データサブキャリアのような、パイロットサブキャリア以外のサブキャリアに対応する第 2 グループの伝送路歪情報に対しては、前述したように位相歪の構成や白色雑音の大きさに応じて設定されている重み係数系列によって重み付け合成されている合成位相歪情報が位相歪情報選択回路 72 によって選択される。これらの場合、サブキャリア毎にバースト全体に渡って同じ合成位相歪情報を使用してもよいし、シンボル毎に使用する合成位相歪情報を変更することもできる。

20

【0046】

このようにして、等化制御信号生成回路 19 により生成されている等化制御信号に従って等化回路 14 で等化処理を行うと、位相歪の推定に用いるパイロットサブキャリアに対しては、過去の 1 シンボル分または比較的少ない複数シンボル分の位相歪情報を使った等化処理のみしか行われない。これにより、推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくすることができる。一方、データサブキャリアに対しては、過去の複数シンボル分の位相歪情報を使った等化処理が行われるため、より正確な等化処理を行うことができる。

30

【0047】

次に、図 8 を用いて位相歪推定回路 17 の他の構成例を説明する。

【0048】

まず、振幅レベル測定回路 81 によって、伝送路歪推定回路 16 から入力される伝送路歪情報に含まれる振幅レベル情報が抽出される。

【0049】

次に、ベクトル合成回路 82 が、振幅レベル測定回路 81 から出力されている振幅レベル情報のうちパイロットサブキャリアが配置されているサブキャリアに対応する成分を使って、等化回路 14 から出力される歪補償受信シンボルに含まれる各パイロットサブキャリアのベクトル信号を重み付け合成する。位相歪検出回路 83 が、ベクトル合成回路 82 で合成されているベクトル信号と既知信号とを比較し、1 シンボル分の位相歪情報を生成する。

40

【0050】

ここで、図 4 と図 8 に示した位相歪推定回路 17 の回路規模を比較する。図 4 の位相歪検出回路 41 は、位相補償後の受信中のシンボルに含まれるパイロットサブキャリア 32 のそれぞれについて位相歪を検出する。これに対して図 8 の位相歪検出回路 83 は、ベクトル合成回路 82 で合成されているベクトル信号について位相歪を検出する。このため、位相歪検出回路については図 4 の構成の方が図 8 の構成に比べて約パイロットサブキャリア数倍だけ大きくなる。一方、図 8 のベクトル合成回路 82 は図 4 中の位相合成回路 42 に比べて 2 倍程度の回路規模で済む。

50

【 0 0 5 1 】

従って、位相歪推定回路 17 全体としては、図 8 の方が回路規模を小さくすることができる。

【 0 0 5 2 】

位相歪推定回路の他の例として、パイロットサブキャリア信号と既知信号との位相誤差成分を検出する代わりに、データサブキャリア信号と歪を受ける前のデータサブキャリアを推定した信号との位相誤差成分を検出することによって、同様の処理を行うこともできる。

【 0 0 5 3 】

なお、上記実施形態で説明した OFDM 受信装置の各構成要素は必ずしもハードウェアである必要はなく、例えばフーリエ変換以後の各処理の一部または全部をソフトウェアによって実現することも可能である。

【 0 0 5 4 】

以上説明したように本発明によれば、位相歪の推定精度の一時的な劣化がその後の推定精度に与える影響を小さくことができ、高精度の位相歪補償を実現することができる。

【 0 0 5 5 】

(第 2 の実施形態)

図 9 は、本発明の実施形態に係る OFDM 受信装置の構成を示し、第 1 の実施形態の構成に、フィードフォワード重み付け合成回路 91、フィードフォワード等化制御信号生成回路 92、及びフィードフォワード等化回路 93 を付加している。

【 0 0 5 6 】

第 1 の実施形態では、等化回路 14 から得られる補正パイロットサブキャリア 32 を用いて、位相歪推定回路 17、重み付け合成回路 18、等化制御信号生成回路 19 により位相歪補償のための制御情報が生成されている。ただし、等化回路 14 から等化制御信号生成回路 19 までの系がフィードバック系になるため、歪補償の適用が 1 シンボル分遅れる可能性がある。すると等化の結果に、1 シンボル分の残留歪が残る。そこで第 2 の実施形態では、フィードフォワード型に配置したフィードフォワード重み付け合成回路 91 及びフィードフォワード等化制御信号生成回路 92 を用いて、残留歪を取り除く。

【 0 0 5 7 】

この実施例においても、送信側から無線伝送路のような伝送路を経て送信されてくるバースト状の OFDM 信号がアンテナ 10 によって受信される。該 OFDM 信号は、同期回路 12 によって時間同期と周波数同期が確立され、フーリエ変換回路 13 にてサブキャリア信号に変換される。ここまでの処理は第 1 の実施形態と同様である。また、受信される OFDM 信号のフォーマット、データ 23 に含まれるシンボルにおけるサブキャリア信号の周波数配置も第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 8 】

フーリエ変換回路 13 から出力される各サブキャリア信号は、等化回路 14 によって伝送路歪及び位相歪を除去するための等化处理が施される。この後、該信号はフィードフォワード等化回路 93 に入力されて再び等化处理が施される。そして復調回路 15 に入力される。このように等化回路 14 及びフィードフォワード等化回路 93 を用いて 2 回歪補償することにより、残留歪を除去し、より正確な復調が可能となる。等化回路 14 は第 1 の実施形態と同様の処理を行う。フィードフォワード等化回路 93 は後述するフィードフォワード等化制御信号生成回路 92 から供給される等化制御信号に従って等化处理を行う。等化制御信号は、以下の手順で生成される。

【 0 0 5 9 】

位相歪推定回路 17 から出力される位相歪情報は、重み付け合成回路 18 の他に、フィードフォワード重み付け合成回路 91 にも送られる。フィードフォワード重み付け合成回路 91 は、重み付け合成回路 18 と同様の処理を行い、フィードバック系にて不足する 1 シンボル分の合成位相歪情報を生成する。

10

20

30

40

50

【0060】

フィードフォワード重み付け合成回路91により生成される合成位相歪情報は、フィードフォワード等化制御信号生成回路92に供給される。フィードフォワード等化制御信号生成回路92は、伝送路歪推定回路16からの伝送路歪情報と、フィードフォワード重み付け合成回路91からの合成位相歪情報を用いて、フィードフォワード等化回路93の等化特性を制御するための等化制御信号を生成する。この際の生成方法は、等化制御信号生成回路19において用いる方法と同一とする。

【0061】

フィードフォワード等化回路93は、フィードフォワード等化制御信号生成回路92より出力された等化制御信号を用いて、既にフィードバック情報を用いて歪補正済みの等化回路14出力をさらに補正する。補正方法は等化回路14と同様とする。 10

【0062】

なお、本実施の形態ではフィードフォワード重み付け合成回路91の動作を重み付け合成回路18と同様としたが、例えば重み係数系列を異なるものにしてもよい。また、歪補償を2回としたが2回以上の複数回歪補償を行うように等化回路が複数段設けても良い。

【0063】

また、本実施の形態では図10に示すような形態を構成してもよい。図10では、フーリエ変換回路14の出力が直接フィードフォワード等化回路へと入力される。従って、フィードフォワード等化回路では、フィードバック系の等化回路による補正分と、さらに残留歪分を合わせて補正することとなる。本実施の形態では、残留歪を取り除くフィードフォワード等化回路93が加わったことにより、例えば位相雑音レベルが高い受信機等の、フィードバック系では位相追従が難しい場合の位相補正に適している。 20

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の一実施形態に係るOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】バーストOFDM信号のフォーマットを示す図である。

【図3】シンボルのサブキャリア周波数配置を示す図である。

【図4】同実施形態における位相歪推定回路の構成例を示すブロック図である。

【図5】同実施形態における重み付け合成回路の構成例を示すブロック図である。 30

【図6】重み付け合成回路で使用する重み係数の種々の例を示す図である。

【図7】同実施形態における等化制御信号生成回路の構成例を示すブロック図である。

【図8】同実施形態における位相歪推定回路の他の構成例を示すブロック図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係るOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

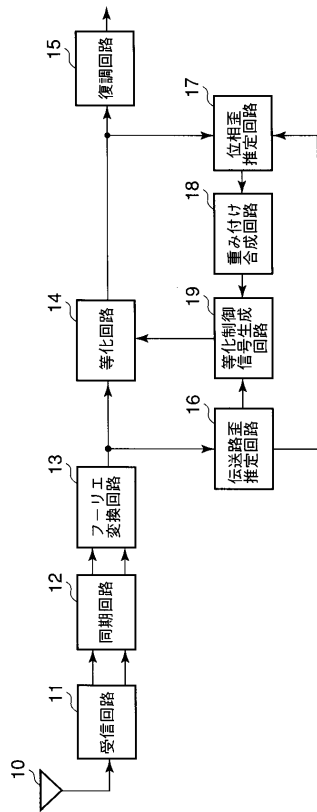
【図10】本発明の第2の実施形態に係るOFDM受信装置の別構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

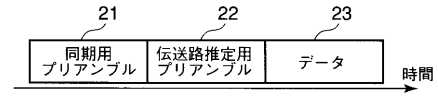
【0065】

10...OFDM信号、11...受信回路、12...同期回路、13...フーリエ変換回路、14...等化回路、15...復調回路、16...伝送路歪推定回路、17...位相歪推定回路、18...重み付け合成回路、19...等化制御信号生成回路、41...位相歪検出回路、42...位相合成回路、43...振幅レベル測定回路、51...バッファ、52...合成回路、53...重み係数出力回路、71...サブキャリア分割回路、72...位相歪情報選択回路、73A, 73B...重畳回路、74...サブキャリア合成回路、81...振幅レベル測定回路、82...ベクトル合成回路、83...位相歪検出回路、91...フィードフォワード重み付け合成回路、92...フィードフォワード等化制御信号生成回路、93...フィードフォワード 40

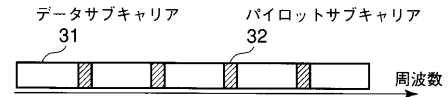
【 図 1 】



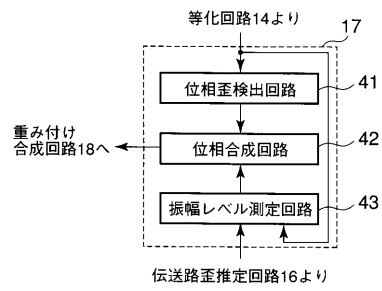
【 図 2 】



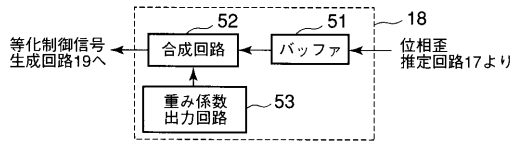
【 図 3 】



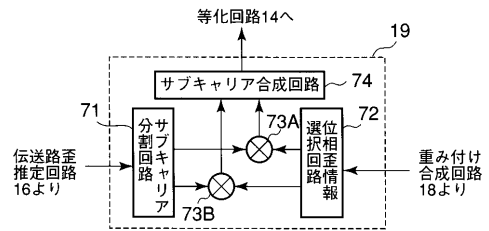
【 図 4 】



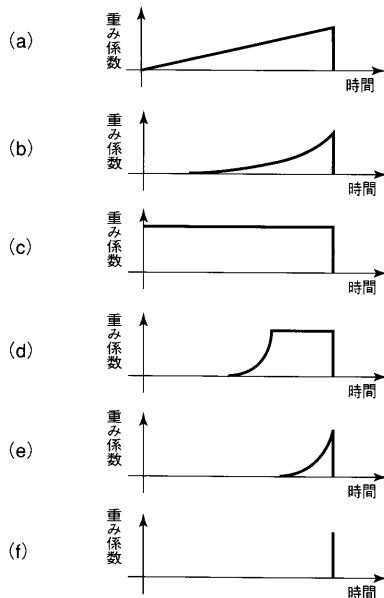
【 図 5 】



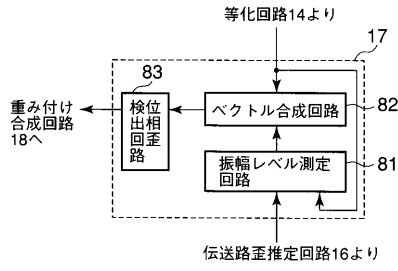
【 図 7 】



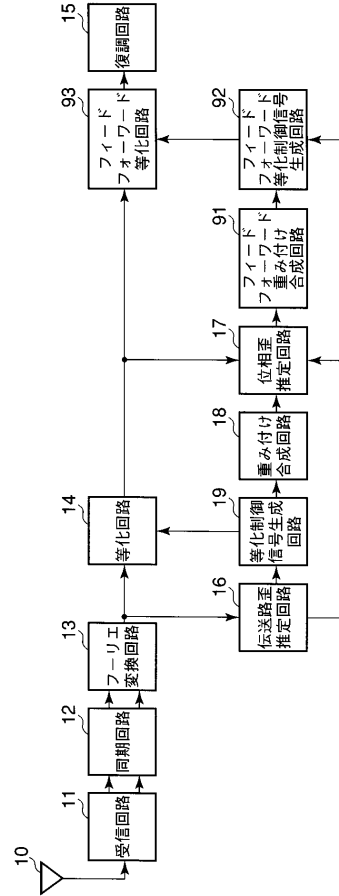
【 図 6 】



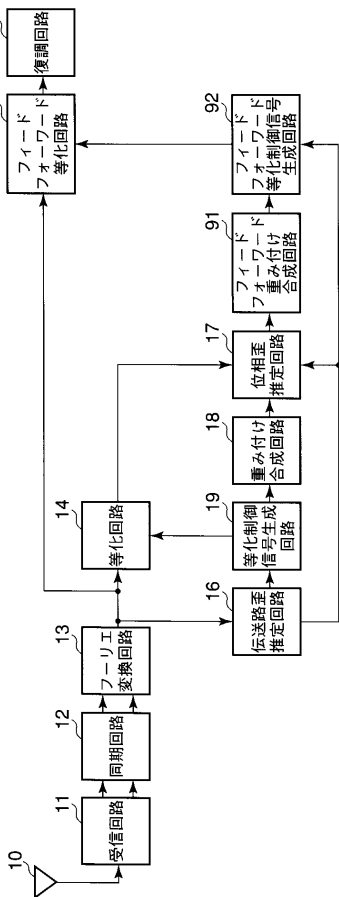
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 秋田 耕司
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
- (72)発明者 佐藤 一美
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
- (72)発明者 佐方 連
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
- Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD33