

(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2015-162793

(P2015-162793A)

(43) 公開日 平成27年9月7日(2015.9.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO3M 13/29 (2006.01)	HO3M 13/29	5J065
HO4L 1/00 (2006.01)	HO4L 1/00	5K014

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-36655 (P2014-36655)
 (22) 出願日 平成26年2月27日 (2014.2.27)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 丹治 洋士
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 Fターム(参考) 5J065 AD03 AG06 AH20
 5K014 BA05 FA16

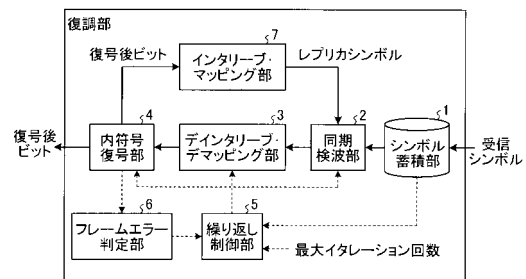
(54) 【発明の名称】 復調装置および受信装置

(57) 【要約】

【課題】 復調性能を向上させた復調装置を得ること。

【解決手段】 本発明にかかる復調装置は、受信データを蓄積するシンボル蓄積部1と、シンボル蓄積部1から受信データを読み出し、読み出した受信データに対して繰り返し復調を行う復調手段(同期検波部2, デインタリーブ・デマッピング部3, 内符号復号部4, インタリーブ・マッピング部7)と、復調手段による1回の復調処理が終了するごとに、得られた復調結果に誤りが含まれるか否かを判定するフレームエラー判定部6と、シンボル蓄積部1の空き容量およびフレームエラー判定部6による判定結果に基づいて、復調手段における繰り返し復調を継続させるか否かを決定する繰り返し制御部5と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

受信データを蓄積する蓄積手段と、
前記蓄積手段から受信データを読み出し、読み出した受信データに対して繰り返し復調を行う復調手段と、

前記復調手段による 1 回の復調処理が終了するごとに、得られた復調結果に誤りが含まれるか否かを判定する誤り判定手段と、

前記蓄積手段の空き容量および前記誤り判定手段による判定結果に基づいて、前記復調手段における繰り返し復調を継続させるか否かを決定する繰り返し制御手段と、

を備えることを特徴とする復調装置。

10

【請求項 2】

前記復調手段は、

受信シンボルのキャリア位相を補正して搬送波を再生する同期検波部と、

同期検波部で再生された搬送波に対してデインタリーブ処理およびデマッピング変換を行うデインタリーブ・デマッピング部と、

デインタリーブ・デマッピング部でデインタリーブ処理およびデマッピング変換が行われた後の搬送波の内符号を復号して復号後ビットを生成する内符号復号部と、

前記復号後ビットに対してインタリーブおよびマッピング処理を実行して前記同期検波部へフィードバックするインタリーブ・マッピング部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の復調装置。

20

【請求項 3】

前記復調手段は、

受信シンボルのキャリア位相を補正して搬送波を再生する同期検波部と、

同期検波部で再生された搬送波に対してデインタリーブ処理およびデマッピング変換を行うデインタリーブ・デマッピング部と、

デインタリーブ・デマッピング部でデインタリーブ処理およびデマッピング変換が行われた後の搬送波の内符号を復号して復号後ビットを生成する内符号復号部と、

前記復号後ビットを再符号化し、前記復号後ビットに冗長ビットが付加された再符号化ビットを生成する内符号再符号化部と、

前記再符号化ビットに対してインタリーブおよびマッピング処理を実行して前記同期検波部へフィードバックするインタリーブ・マッピング部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の復調装置。

30

【請求項 4】

前記繰り返し制御手段は、前記復調結果に誤りが含まれていないと前記誤り判定手段が判断した場合、前記復調手段における繰り返し復調を終了させることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の復調装置。

【請求項 5】

前記繰り返し制御手段は、前記復調結果に誤りが含まれていると前記誤り判定手段が判断し、かつ前記復調手段による次の復調処理が完了するまでの間に前記蓄積手段の空き容量がゼロにならない場合、前記復調手段における繰り返し復調を継続させ、前記復調結果に誤りが含まれていると前記誤り判定手段が判断し、かつ前記復調手段による次の復調処理が完了するまでの間に前記蓄積手段の空き容量がゼロになる場合には、前記復調手段における繰り返し復調を終了させる、ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の復調装置。

40

【請求項 6】

前記誤り判定手段は、外符号における情報ビットと冗長ビットのパリティ検査により、前記誤りの有無を判定することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の復調装置。

【請求項 7】

前記誤り判定手段は、内符号における情報ビットと冗長ビットのパリティ検査により、

50

前記誤りの有無を判定することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の復調装置。

【請求項 8】

前記復調手段は、1 回の復調処理を、復号の途中結果が得られる前までの第 1 の復調処理と残りの第 2 の復調処理に分けて実行し、第 1 の復調処理が終了した時点で復号の途中結果を前記誤り判定手段へ出力して第 2 の復調処理を開始し、

前記誤り判定手段は、前記復号の途中結果を使用して前記誤りの有無を判定する、ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載の復調装置。

【請求項 9】

前記復調手段は、

繰り返し復調により復号結果が得られるごとに、得られた復号結果に基づいてレプリカシンボルを生成し、さらに、生成したレプリカシンボルとキャリア位相補正後のシンボルの距離とに基づいて信頼度を算出し、算出した信頼度に基づいて、キャリア位相補正の位相雑音への追従速度を変化させる、

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の復調装置。

【請求項 10】

前記復調手段は、

繰り返し復調により復号結果が得られるごとに、得られた復号結果の軟判定値に基づいて信頼度を算出し、算出した信頼度に基づいて、キャリア位相補正の位相雑音への追従速度を変化させる、

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の復調装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか一つに記載の復調装置を備えることを特徴とする受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、受信信号に対して繰り返し復調を行う復調装置および受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

繰り返し復調は復号結果をフィードバックして再復調することで復調性能を改善する方式であり、フィードバック回数（イタレーション回数）を増加させることでより性能を改善できる。

【0003】

従来技術として、LDPC（Low Density Parity Check）符号やターボ符号などの尤度を用いる符号化方式において、復号結果を軟判定値生成処理にフィードバックし、より尤度の高いデータ列を生成することで復調性能（復号処理で使用する尤度）を改善する方法が提案されている（例えば、非特許文献 1）。また、ミリ波帯シングルキャリア伝送において、位相雑音の影響を低減することを目的として、復号により誤り訂正された結果からレプリカ信号を生成し、位相補償回路にフィードバックすることで復調性能（位相雑音による位相変動の推定精度）を向上させる方法が提案されている（例えば、非特許文献 2）。

【0004】

また、繰り返し復調のイタレーション回数に関する制御方法として、ユーザーが利用するサービス（音声通信や映像通信など）に基づいてイタレーション回数を決定する方式が開示されている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 11 - 313037 号公報

10

20

30

40

50

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Thorsten Clevorn、他、「Iterative Demodulation for DVB-S2」、2005 IEEE 16th International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications.

【非特許文献2】小野寺、他、「ミリ波帯シングルキャリア周波数領域等化における繰り返し判定指向形位相雑音補償」、信学技報 RCS2008-130、p1-6、Nov.2008.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

繰り返し復調はイタレーション回数の増加に伴い復調処理時間も増加する。また、回路の有効利用の観点から、再復調処理を前回と同一の回路を用いて行う構成が一般的であり、その場合、復調中および復号中に受信するデータを保持しておくためのメモリが必要となる。ここで、復調処理速度がフレーム受信速度を下回っている場合、毎フレーム固定の処理時間（イタレーション回数）で繰り返し復調する従来方式においては、復調処理が間に合わない時間分だけデータが余分にメモリへ蓄積されるため、いずれメモリのオーバーフローが生じる。この問題を回避するためには、復調処理速度がフレーム受信速度以上となるように復調処理時間（イタレーション回数）を制限する必要がある、その結果、所望の特性を得るために必要な回数のイタレーションで復調できないという問題があった。

10

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、復調処理速度がフレーム受信速度を下回っている場合における復調性能を向上させた復調装置および受信装置を得ることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる復調装置は、受信データを蓄積する蓄積手段と、前記蓄積手段から受信データを読み出し、読み出した受信データに対して繰り返し復調を行う復調手段と、前記復調手段による1回の復調処理が終了するごとに、得られた復調結果に誤りが含まれるか否かを判定する誤り判定手段と、前記蓄積手段の空き容量および前記誤り判定手段による判定結果に基づいて、前記復調手段における繰り返し復調を継続させるか否かを決定する繰り返し制御手段と、を備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明にかかる復調装置によれば、受信データを蓄積する蓄積手段の空き容量に応じてイタレーション回数を多く設定することができ、繰り返し復調の性能を向上させることができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、受信装置が備えている復調部（復調装置）の実施の形態1の構成例を示す図である。

40

【図2】図2は、同期検波部の構成例を示す図である。

【図3】図3は、実施の形態1の復調部が1フレームを復号する動作を示すフローチャートである。

【図4】図4は、エラーフレーム判定方法を示す図である。

【図5】図5は、実施の形態2の復調部の構成例を示す図である。

【図6】図6は、実施の形態3の復調部が1フレームを復号する動作を示すフローチャートである。

【図7】図7は、実施の形態4の同期検波部の構成例を示す図である。

【図8】図8は、実施の形態5の復調部の構成例を示す図である。

50

【図 9】図 9 は、実施の形態 5 の同期検波部の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、本発明にかかる復調装置および受信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0013】

実施の形態 1 .

図 1 は、本発明にかかる受信装置が備えている復調部（復調装置）の実施の形態 1 の構成例を示す図である。本実施の形態の受信装置は、繰り返し復調を行う受信装置であり、この受信装置が備えている復調部は、受信シンボルを蓄積するシンボル蓄積部 1 と、受信シンボルのキャリア位相の推定および補正を行い搬送波を再生する同期検波部 2 と、同期検波部 2 からの出力信号に対してデインタリーブ処理およびデマッピング変換を行うデインタリーブ・デマッピング部 3 と、デインタリーブ・デマッピング部 3 からの出力信号の内符号を復号する内符号復号部 4 と、次のイタレーション（復調処理の繰り返し）の可否を判定するとともに再復調処理を制御する繰り返し制御部 5 と、内符号復号部 4 による復号処理で得られたフレーム内に誤りが含まれるか否かを判定するフレームエラー判定部 6（誤り判定手段に相当）と、インタリーブ処理およびマッピング変換を行うインタリーブ・マッピング部 7 と、を備える。なお、同期検波部 2、デインタリーブ・デマッピング部 3、内符号復号部 4 およびインタリーブ・マッピング部 7 は復調手段を構成している。

【0014】

図 2 は、同期検波部 2 の構成例を示す図である。同期検波部 2 は、後述するタップ係数更新部 2 5 から出力される位相推定値を用いて受信シンボルのキャリア位相を補正するキャリア位相補正部 2 1 と、キャリア位相補正後の受信シンボルとその硬判定結果からエラーベクトルを算出するエラーベクトル算出部 2 2 と、キャリア位相補正後の受信シンボルとレプリカ信号からエラーベクトルを算出するエラーベクトル算出部 2 3 と、現在のイタレーション回数に基づき、エラーベクトル算出部 2 2 または 2 3 のいずれかの結果を選択するセレクト部 2 4 と、入力されたエラーベクトルからキャリア位相を推定し、タップ係数（位相推定値）を更新するタップ係数更新部 2 5 と、を備える。

【0015】

次に、本実施の形態の復調部の動作について説明する。図 3 は、図 1 に示した構成の復調部が 1 フレームを復号する動作を示すフローチャートである。

【0016】

本実施の形態の復調部による復号動作においては、まず、同期検波部 2 がシンボル蓄積部 1 から 1 フレーム分のデータを読み出す（ステップ S 1 1）。次に、同期検波部 2 は、同期検波処理、具体的には、受信シンボルの硬判定結果よりキャリア位相を推定し、データシンボルの位相を補正する（ステップ S 1 2）。次に、デインタリーブ・デマッピング部 3 が、位相補正後のデータシンボルに対してデインタリーブ処理およびマッピング変換を行う（ステップ S 1 3）。次に、内符号復号部 4 が、先の結果を復号してビットデータへ変換する（ステップ S 1 4）。

【0017】

次に、繰り返し制御部 5 が、現在のイタレーション回数（ $N_{current}$ とする）と事前にパラメータとして与えられる最大イタレーション回数（ N_{max} とする）を比較し、次のイタレーションの可否を判定する（ステップ S 1 5）。繰り返し制御部 5 は、現在のイタレーション回数（ $N_{current}$ ）が最大イタレーション回数（ N_{max} ）より小さい（ $N_{current}$ が N_{max} に達していない）場合（ステップ S 1 5 : No）は次のイタレーションが「必要」、そうでなければ（ステップ S 1 5 : Yes）「不要」と判定する。次のイタレーションが「必要」と判定した場合、繰り返し制御部 5 は、さらに、シンボル蓄積部 1 の空き容量と次のイタレーションを実施した場合に蓄積されるデータ量（シンボルレートと再復調処理に要する時間の積で求められる既知の値）を比較し、次のイタレーションの可否を判

10

20

30

40

50

定する（ステップ S 1 6）。具体的には、シンボル蓄積部 1 の空き容量が次のイタレーションを実施した場合に蓄積されるデータ量以上であれば、すなわち、イタレーションを実施してもオーバーフローが生じない場合は（ステップ S 1 6：Yes）、次のイタレーションが「可能」、そうでなければ（ステップ S 1 6：No）「不可」と判定する。

【0018】

ステップ S 1 5 および S 1 6 の判定処理において、次のイタレーションが「不要」または「不可」と判定した場合には（ステップ S 1 5：Yes またはステップ S 1 6：No）、1 フレームの復号を終了する。この場合、繰り返し制御部 5 は、内符号復号部 4 を制御し、復号結果（ステップ S 1 4 または後述するステップ S 3 5 の結果）を復号後ビット（最終的な復号結果）として出力させる。

10

【0019】

ステップ S 1 5 および S 1 6 の判定処理において、次のイタレーションが必要かつ可能と判定した場合は（ステップ S 1 5：No、かつステップ S 1 6：Yes）、フレームエラー判定部 6 が、内符号復号部 4 で復号したフレームに誤りが含まれるか判定する（ステップ S 2 1）。誤りが含まれたフレーム（以下、エラーフレーム）かどうか判定を行う方法としては、例えば、図 4 に示すように、外符号の情報ビットと冗長ビットをパリティ検査する方法がある。また、外符号が存在しない場合には、内符号の情報ビットと冗長ビットをパリティ検査することで代用できる。また、CRC（Cyclic Redundancy Check）検査のような、システムのより上位のチェック機能を用いてもよい。

20

【0020】

ステップ S 2 1 での判定処理が完了すると、このステップ S 2 1 の判定結果に基づいて、繰り返し制御部 5 が、次のイタレーションの要否を判定する（ステップ S 2 2）。すなわち、エラーフレームではない場合（ステップ S 2 2：No）、繰り返し制御部 5 は、内符号復号部 4 を制御し、復号結果を復号後ビットとして出力させ、1 フレームの復号を終了する。なお、フレームエラー判定処理（ステップ S 2 1 および S 2 2）は、上述したステップ S 1 5 および S 1 6 の判定処理より前に行ってもよい。

【0021】

また、フレームエラー判定処理（ステップ S 2 1 および S 2 2）と並行して、内符号復号部 4 での復号結果をインタリーブ・マッピング部 7 が再符号化し、同期検波部 2 へフィードバックする信号（レプリカシンボル）を生成する（インタリーブ・マッピング処理）（ステップ S 3 1）。その後、上述したステップ S 1 1 ~ S 1 4 と同様の処理である、ステップ S 3 2 ~ S 3 5 の処理を行う。この時、同期検波部 2 は、ステップ S 3 3 において、初回時の処理（ステップ S 1 2 の処理）と異なり、ステップ S 3 1 で生成したレプリカ信号よりキャリア位相を推定し、位相補正する。

30

【0022】

ステップ S 2 2 でエラーフレームと判断した場合（ステップ S 2 2：Yes）、再復調処理（ステップ S 3 1 ~ S 3 5 の処理）の完了を待ち、繰り返し制御部 5 が、再度次のイタレーションの要否可否の判定（ステップ S 1 5 および S 1 6）を行う。以降は復号を終了するまで同じように各処理を繰り返す。なお、復調部は、復号が終了した後、すなわち、内符号復号部 4 が復号後ビット（最終的な復号結果）を出力した後は、シンボル蓄積部 1 に蓄積されている次の 1 フレーム分のデータに対して上述したステップ S 1 1 およびこれに続く各処理を実行する。

40

【0023】

このように、本実施の形態の受信装置が備えている復調部は、エラーフレームに対しては「誤りが全て訂正される」、「シンボル蓄積部 1 の空き容量が不足する」または「最大イタレーション回数に到達する」まで、復号処理を繰り返し行い、エラーフレームでない場合は復号処理を繰り返すことなく復号を完了する。これにより、受信シンボルを保持するシンボル蓄積部 1 の空き容量が許容できる範囲で、エラーフレームに対してイタレーション回数を多く設定することができ、繰り返し復調の性能（位相雑音による感度点劣化の低減効果）を向上できる。

50

【 0 0 2 4 】

なお、シンボル蓄積部 1 の空き容量は、1 フレームの復調処理時間が 1 フレーム受信するのに要する時間よりも長い場合は減少し、短い場合は増加する。そのため、本発明は、特に、エラーフレームの出現頻度が低く、連続してエラーフレームが発生する確率が少ない状況において、繰り返し復調の性能を向上させることができる。1 フレームの復調処理時間が 1 フレーム受信するのに要する時間よりも長いことが明らかな場合は、図 3 に示したステップ S 1 5 を省略してもよい。これとは逆に、1 フレームの復調処理時間が 1 フレーム受信するのに要する時間よりも短いことが明らかな場合は、ステップ S 1 6 を省略してもよい。

【 0 0 2 5 】

また、図 1 および図 2 に示す構成は同期検波部 2 に復号結果をフィードバックし、位相雑音の影響を低減する場合の例であるが、同期検波部 2 に限らず別の復調部にフィードバックした場合でも、本発明は同様の効果を得ることができる。例えば、内符号復号部 4 に軟判定値を用いる復号方式を用いる場合、軟判定値生成を行う内符号復号部 4 に復号結果をフィードバックすることで、軟判定値生成の精度を向上させることなどが挙げられる。

【 0 0 2 6 】

実施の形態 2 .

本実施の形態では、実施の形態 1 と比較して復調性能をより向上させた復調装置を説明する。なお、実施の形態 1 と共通の部分については説明を省略する。

【 0 0 2 7 】

図 5 は、実施の形態 2 の復調装置（復調部）の構成例を示す図である。本実施の形態の復調部は、実施の形態 1 の復調部（図 1 参照）に対して内符号再符号化部 1 1 を追加したものである。

【 0 0 2 8 】

本実施の形態の復調部において、内符号再符号化部 1 1 は、内符号復号部 4 で誤り訂正された情報ビットからである復号後ビットに対して再符号化（冗長ビットの付加）を行い再符号化後ビットとしてインタリーブ・マッピング部 7 へ出力する。

【 0 0 2 9 】

インタリーブ・マッピング部 7 は、再符号化ビットに対してインタリーブおよびマッピングを行い、レプリカシンボルを生成する。

【 0 0 3 0 】

内符号復号部 4 で誤り訂正された後のビット列において、冗長ビット部の誤り確率が情報ビット部の誤り確率よりも大きい場合、情報ビット部の方がより信頼性が高い。そのため、フィードバックするレプリカシンボルを作成する際に、内符号再符号化部 1 1 において内符号復号後の情報ビット部を再符号化することにより、より信頼性の高い冗長ビットをフィードバックすることができる。これにより、誤ったシンボルをフィードバックする可能性を低減することができ、復調性能の向上を実現できる。

【 0 0 3 1 】

実施の形態 3 .

上述した実施の形態 1 は、復調部のイタレーション回数を動的に制御してフレーム毎の復調処理時間（イタレーション回数）を可変にするものである。次に、実施の形態 1 と比較して、さらに復調処理時間を短縮する実施の形態について説明する。なお、復調部の構成は実施の形態 1 と同様である（図 1 参照）。

【 0 0 3 2 】

本実施の形態にかかる復調動作を説明する。ただし、実施の形態 1 と共通の部分については説明を省略する。

【 0 0 3 3 】

実施の形態 1 の復調動作（図 3）では、再復調処理（ステップ S 3 1 ~ S 3 5）とフレームエラー判定処理（ステップ S 2 1 , S 2 2）を並列に実行している。しかし、フレームエラー判定処理は主にパリティ検査の処理であるため、通常、再復調処理に要する時間

10

20

30

40

50

の方が長くなる。そのため、1回のイタレーションに要する時間は、再復調処理により決定される。一方、内符号復号部4の符号化方式として、LDPCやターボ符号のように繰り返し復号する方式を用いた場合、その途中結果を出力し、またその続きから再び復号を開始することができる。すなわち、途中結果を出力し、再復調処理を先行して開始することができる。

【0034】

図6は、実施の形態2の復調部が1フレームを復号する動作を示すフローチャートである。図6においては、実施の形態1の動作(図3参照)と同じ処理には同一のステップ番号を付している。すなわち、実施の形態1のステップS16に続いてステップS41を実行し、その後ステップS21以下を実行する。また、ステップS15およびS16において、次のイタレーションが「不要」または「不可」と判定した場合にステップS42を実行する。また、ステップS14およびS35に代えてステップS14aおよびS35aを実行する。

10

【0035】

本実施の形態の復調部は、内符号復号処理を、途中結果出力までの復号(ステップS14aおよびS35a、第1の復号処理)と途中結果出力後の復号(ステップS41およびS42、第2の復号処理)の2回に分けて実施する。なお、途中結果出力までの復号と途中結果出力後の復号は同一の回路を用いるため、ステップS35はステップS41が完了するのを待ってから開始する必要がある。

【0036】

なお、実施の形態1の復調動作を前提として内符号復号処理を2回に分ける場合の例を説明したが、実施の形態2の復調動作においても同様に、内符号復号処理を2回に分けて復調処理時間を短縮することが可能である。

20

【0037】

このように、本実施の形態においては、内符号復号処理を2回に分けて行うこととしたので、エラーフレーム判定処理に先行して再復調処理を実施することができ、図5に示したステップS14aおよびS35a(途中結果出力までの復号処理)の処理時間分だけ再復調処理を短縮することができる。

【0038】

実施の形態4.

次に、イタレーション1回あたりの繰り返し復調の性能(位相雑音による感度点劣化の低減効果)を実施の形態1,2と比較してさらに向上させる実施の形態について説明する。なお、復調部の全体構成は実施の形態1,2,3と同様である(図1参照)。ただし、同期検波部2の内部構成が一部異なる。本実施の形態では、同期検波部2aとして実施の形態1,2,3の同期検波部2と区別する。

30

【0039】

図7は、実施の形態4の同期検波部2aの構成例を示す図である。同期検波部2aは、実施の形態1,2,3の同期検波部2(図2参照)に対してシンボル信頼度算出部26を追加し、タップ係数更新部25をタップ係数更新部25aに置き換えたものである。シンボル信頼度算出部26は、キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルの距離に基づき、シンボルの信頼度を算出する回路である。

40

【0040】

本実施の形態にかかる復調動作を説明する。なお、実施の形態1と共通の部分については説明を省略する。復調動作手順は、実施の形態1の手順(図3)と同様である。

【0041】

本実施の形態の復調部は、実施の形態1と同様、初回の同期検波処理(図3のステップS12に相当する処理)では、エラーベクトル算出部22が、受信シンボルと硬判定結果のエラーベクトルを算出し、算出したエラーベクトルを用いてタップ係数更新部25aがキャリア位相を推定する。

【0042】

50

2回目以降の同期検波処理（図3のステップS33に相当する処理）では、まず、エラーベクトル算出部23が、キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルのエラーベクトルを算出する。この時、シンボル信頼度算出部26は、キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルの距離から、距離が近いほど信頼度が高く、また距離が離れるほど信頼度が低くなるようにシンボル信頼度を算出する。次に、タップ係数更新部25aが、シンボル信頼度算出部26にて求めたシンボル信頼度、およびエラーベクトル算出部23にて求めたエラーベクトルに基づき、シンボル信頼度が高いほどステップサイズを小さく（位相雑音への追従速度を上げる）、また、シンボル信頼度が低いほどステップサイズを大きく（位相雑音への追従速度を下げる）し、位相推定値を更新する。または、シンボル信頼度が低い場合は、位相推定値の更新を行わないようにしてもよい。

10

【0043】

なお、実施の形態2の復調部（図5参照）が備えていた同期検波部2を同期検波部2aに置き換えることも可能である。

【0044】

このように、本実施の形態の復調部において、同期検波部2aは、レプリカシンボルに基づいてシンボル信頼度を算出し、シンボル信頼度に応じたステップサイズで位相推定値を更新することとした。これにより、レプリカシンボルが誤っている可能性が高いシンボル（キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルの距離が離れているシンボル）に対する追従速度を下げるができるため、誤った位相推定値に更新される可能性が減少する。よって、イタレーション1回あたりの性能（位相雑音による感度点劣化の低減効果）が向上する。

20

【0045】

実施の形態5

上述した実施の形態4は、キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルの距離からそのシンボル信頼度を算出し、算出した信頼度に応じて位相雑音への追従速度を変化させるものである。これに対して、本実施の形態では、尤度に基づいて復号を行う符号化方式を用いて、イタレーション1回あたりの繰り返し復調の性能（位相雑音による感度点劣化の低減効果）を向上させる復調動作を説明する。

【0046】

図8は、実施の形態5の復調部の構成例を示す図である。本実施の形態の復調部は、実施の形態1の復調部（図1参照）に対してインタリーブ部8を追加し、同期検波部2および内符号復号部4を同期検波部2bおよび内符号復号部4bに置き換えたものである。インタリーブ部8は、ビット軟判定値に対してインタリーブ処理を実施してシンボル軟判定値を生成し、同期検波部2bへフィードバックする回路である。内符号復号部4bは、デインタリーブ・デマッピング部3からの出力信号の内符号を軟判定復号し、復号結果をインタリーブ・マッピング部7へ出力するとともに、ビット軟判定値をインタリーブ部8へ出力する回路である。

30

【0047】

図9は、実施の形態5の同期検波部2bの構成例を示す図である。同期検波部2bは、実施の形態4の同期検波部2a（図7参照）のシンボル信頼度算出部26をシンボル信頼度算出部27に置き換えたものである。シンボル信頼度算出部27は、インタリーブ部8からフィードバックされたシンボル軟判定値からそのシンボルの信頼度を算出する回路である。

40

【0048】

本実施の形態にかかる復調動作を説明する。なお、実施の形態1と共通の部分については説明を省略する。復調動作手順は、実施の形態1の手順（図3）と同様である。

【0049】

本実施の形態の復調部は、レプリカ信号を生成する処理（図3のステップS31に相当する処理）を行う際、同時に、内符号復号部4bが復号後のビット軟判定値を出力する。次にインタリーブ部8がビット軟判定値に対してインタリーブ処理を行い、その結果得ら

50

れたシンボル軟判定値を同期検波部 2 b へフィードバックする。同期検波部 2 b においては、フィードバックされたシンボル軟判定値を用いて、シンボル信頼度算出部 2 7 がシンボル信頼度を算出する。その後は実施の形態 3 と同様に、タップ係数更新部 2 5 a が、シンボル信頼度が高いほどステップサイズを小さく（位相雑音への追従速度を上げる）、また、シンボル信頼度が低いほどステップサイズを大きく（位相雑音への追従速度を下げる）し、位相推定値の更新を行う。または、シンボル信頼度が低い場合は、位相推定値の更新を行わない。

【 0 0 5 0 】

なお、実施の形態 2 で説明した内符号再符号化部 1 1 を内符号復号部 4 b とインタリーブ・マッピング部 7 の間に追加した構成とし、繰り返し復調の性能を向上させてもよい。

10

【 0 0 5 1 】

このように、本実施の形態の復調部において、同期検波部 2 b は、フィードバックされたシンボル軟判定値に基づいてシンボル信頼度を算出し、シンボル信頼度に応じたステップサイズで位相推定値を更新することとした。これにより、実施の形態 4 と同様に、レプリカシンボルが誤っている可能性が高いシンボル（キャリア位相補正後シンボルとレプリカシンボルの距離が離れているシンボル）に対する追従速度を下げるができるため、誤った位相推定値に更新される可能性が減少する。よって、イタレーション 1 回あたりの性能（位相雑音による感度点劣化の低減効果）が向上する。

【 0 0 5 2 】

なお、実施の形態 4 では復号後のビット情報をフィードバックしてシンボル信頼度を算出しているのに対し、本実施の形態では復号後の軟判定値情報をそのままフィードバックしてシンボル信頼度を算出しているため、実施の形態 4 より高い精度でシンボル信頼度を算出できる。一方、実施の形態 4 は、インタリーブ部 8 など、フィードバックするシンボル軟判定値を算出するための回路が不要のため、本実施の形態と比較して回路が大型化するのを防止できる。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 3 】

以上のように、本発明にかかる復調装置は、繰り返し復調を行う復調装置として有用である。

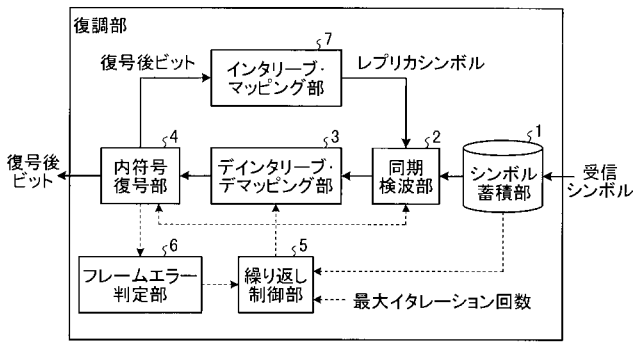
【 符号の説明 】

30

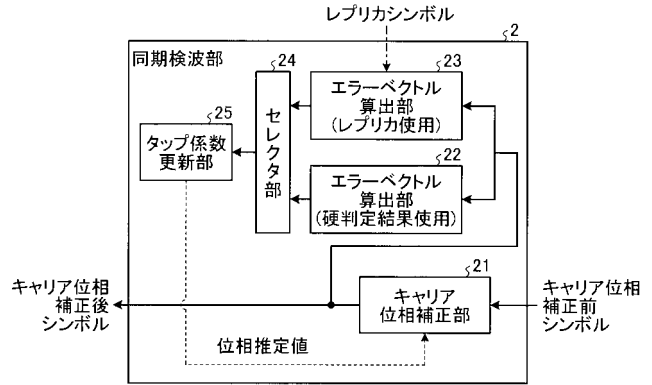
【 0 0 5 4 】

1 シンボル蓄積部、2, 2 a, 2 b 同期検波部、3 デインタリーブ・デマッピング部、4, 4 b 内符号復号部、5 繰り返し制御部、6 フレームエラー判定部、7 インタリーブ・マッピング部、8 インタリーブ部、1 1 内符号再符号化部、2 1 キャリア位相補正部、2 2, 2 3 エラーベクトル算出部、2 4 セレクタ部、2 5, 2 5 a タップ係数更新部、2 6, 2 7 シンボル信頼度算出部。

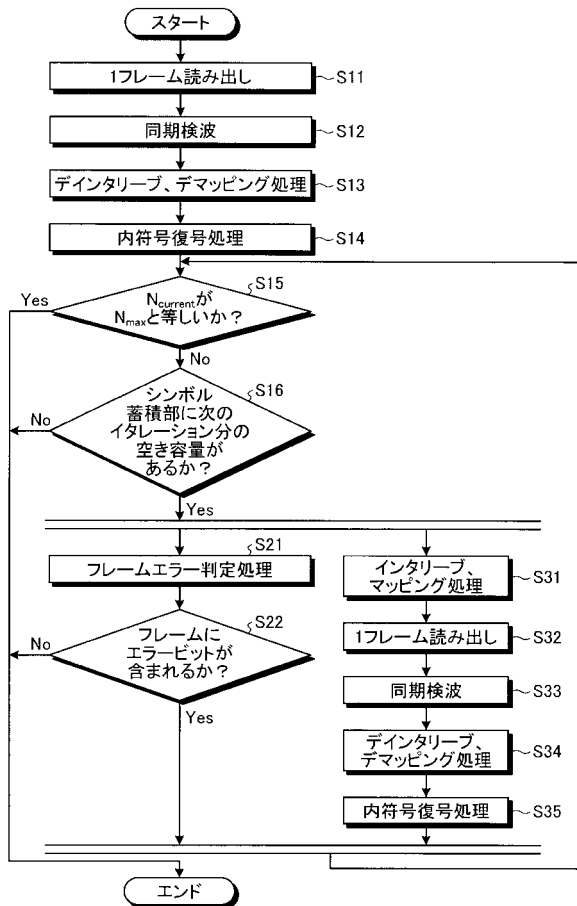
【 図 1 】



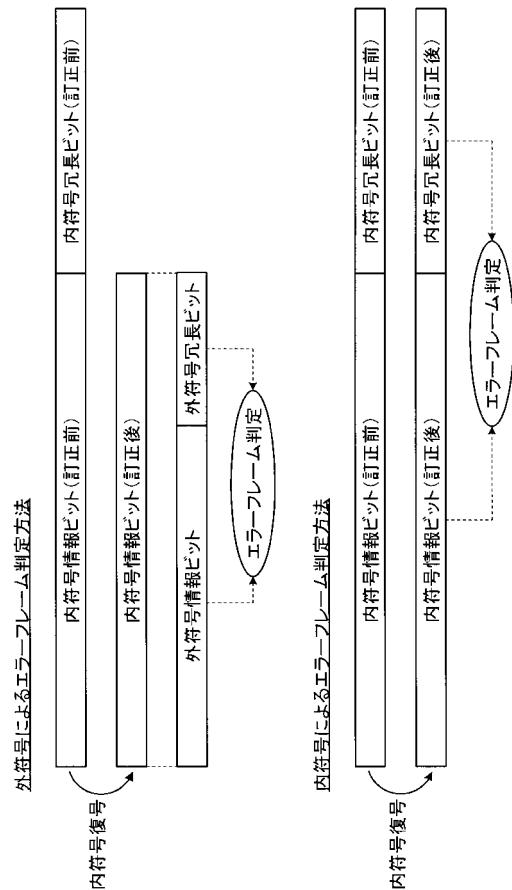
【 図 2 】



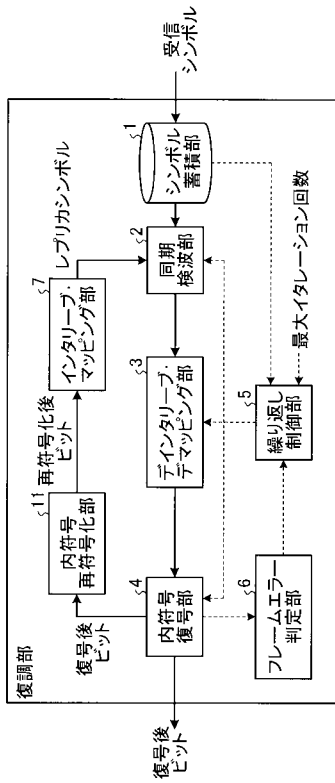
【 図 3 】



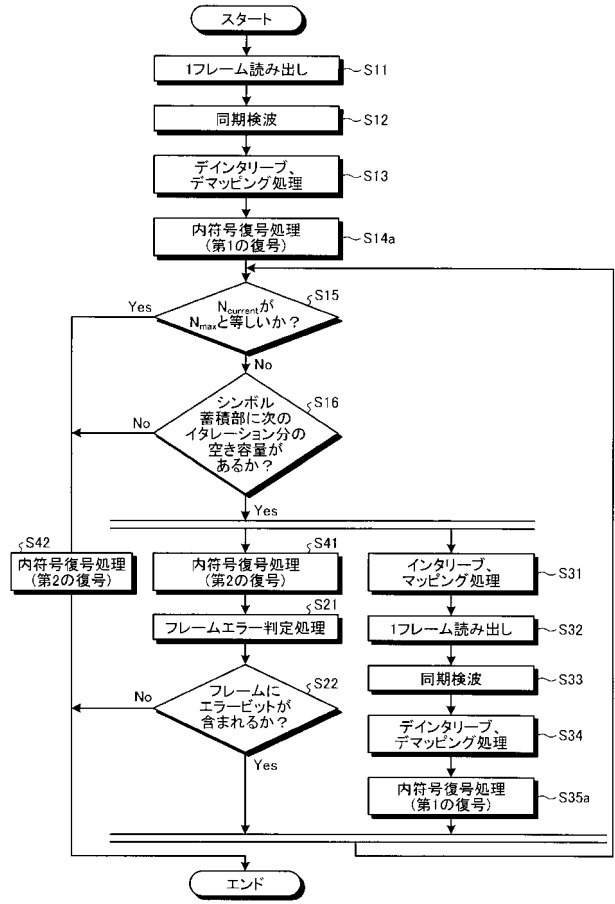
【 図 4 】



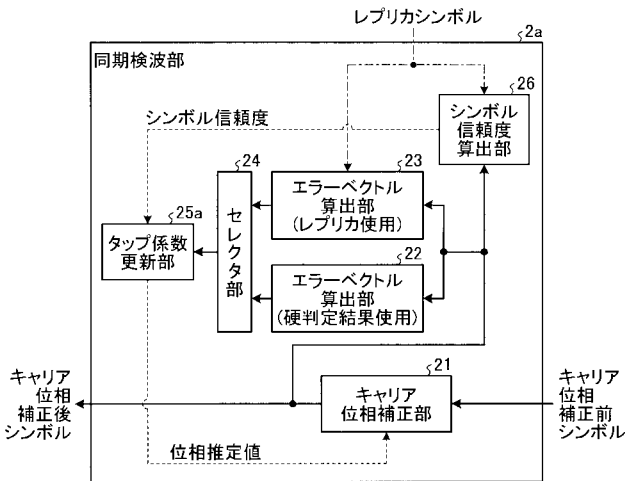
【 図 5 】



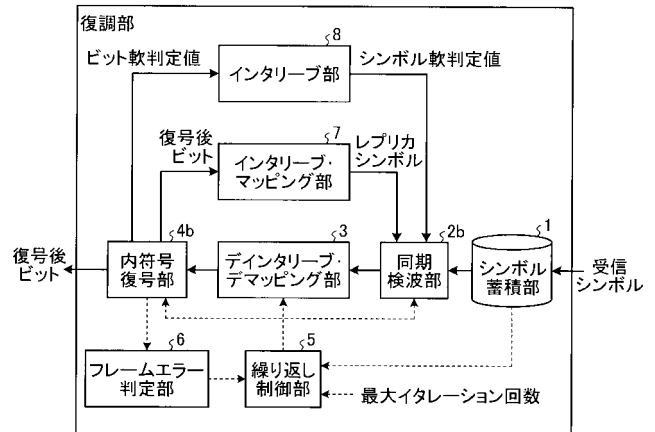
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

