

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年10月31日(31.10.2013)

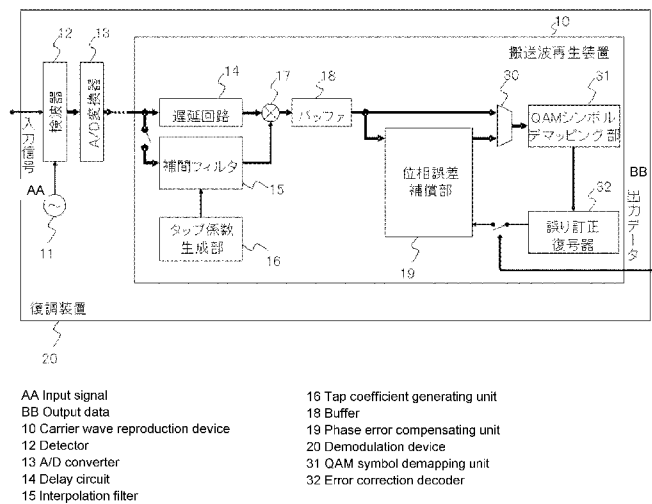


(10) 国際公開番号
WO 2013/161801 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 27/38 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/061881
 - (22) 国際出願日: 2013年4月23日(23.04.2013)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2012-099167 2012年4月24日(24.04.2012) JP
 - (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 神谷 典史(KAMIYA, Norifumi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木 英作(SASAKI, Eisaku); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 加藤 朝道(KATO, Asamichi); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3丁目2番1号 加藤内外特許事務所内 Kanagawa (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: CARRIER WAVE REPRODUCTION DEVICE AND CARRIER WAVE REPRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 搬送波再生装置および搬送波再生方法



(57) Abstract: The present invention provides a carrier wave reproduction device in which bit-error characteristics are improved without decreasing transmission capacity. The carrier wave reproduction device is equipped with an interpolation filter that estimates a phase error for a received symbol on the basis of a pilot symbol included in the received symbol, a first phase rotation machine that rotates the received symbol in response to the phase error estimated by the interpolation filter and then outputs the rotated symbol as a first output symbol, a phase error compensating unit that compensates for the phase error remaining in the first output symbol and then outputs the result of the compensation as a second output symbol, a QAM symbol demapping unit that calculates both a first bit string corresponding to the first output symbol and a second bit string corresponding to the second output signal, and an error correction decoder which performs error correction on the bit error in the first bit string and outputs the result. The phase error compensating unit refers to the first bit string after error correction has been performed thereon and then compensates for the phase error remaining in the first output symbol.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/161801 A1



搬送波再生装置において、伝送容量を低下させることなく、ビット誤り率特性を向上させる。搬送波再生装置は、受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて前記受信シンボルの位相誤差を推定する補間フィルタと、補間フィルタにより推定された位相誤差に応じて受信シンボルの位相を回転して第1の出力シンボルとして出力する第1の位相回転器と、第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第2の出力シンボルとして出力する位相誤差補償部と、第1の出力シンボルに対応する第1のビット列を算出するとともに第2の出力シンボルに対応する第2のビット列を算出するQAMシンボルデマッピング部と、第1のビット列におけるビットエラーを誤り訂正して出力する誤り訂正復号器と、を備え、位相誤差補償部は、誤り訂正後の第1のビット列を参照して第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償する。

明 細 書

発明の名称：搬送波再生装置および搬送波再生方法

技術分野

[0001] [関連出願についての記載]

本発明は、日本国特許出願：特願2012-099167号（2012年4月24日出願）の優先権主張に基づくものであり、同出願の全記載内容は引用をもって本書に組み込み記載されているものとする。

本発明は、搬送波再生装置および搬送波再生方法に関し、特に、誤り訂正を含む多値伝送のための復調装置に対して好適に適用し得る搬送波再生装置および搬送波再生方法に関する。

背景技術

[0002] デジタル通信において、効率的なデータ伝送を行うための変復調方式として、位相情報と振幅情報の両方をデータの識別に利用する直交振幅変調（Quadrature Amplitude Modulation；QAM）方式が知られている。現在、無線通信システムの大容量化の要請に伴い、変調多値数を拡張することが求められている。

[0003] しかし、変調多値数の増加は、ノイズによる伝送誤り確率を増大させ、ノイズ耐性を低下させるという問題がある。特に、送信装置または受信装置に設けられた基準発振器（Local Oscillator；LO）によって生じる位相雑音は、位相情報の不確定さを増幅し、ビット誤り率（Bit Error Rate；BER）特性を劣化させる要因となる。したがって、例えば、信号点数が256以上の多値QAM方式によって信頼性の高いデータ通信を行うには、位相雑音によって生じる位相誤差を高い精度で補償する必要がある。また、これと同時に、熱雑音などの他の要因による誤りに対しても、耐性を向上させる必要がある。

[0004] 図14は、デジタル無線装置システムの受信装置における、関連技術の復調装置の構成を示すブロック図である。図14を参照すると、復調装置は

、基準発振器 1 2 1 と、検波器 1 2 2 と、アナログ／デジタル (Analog/Digital ; A/D) 変換器 1 2 3 と、位相回転器 1 2 4、位相誤差検出器 1 2 5、ループフィルタ 1 2 6、および、数値制御発振器 1 2 7 がループ状に結線された搬送波再生位相ロックループ (Phase Lock Loop ; PLL) と、受信シンボルをビット列に変換する QAMシンボルデマッピング部 1 2 8 と、誤り訂正復号器 1 2 9 とを備える。

- [0005] 基準発振器 1 2 1 は、予め定められた固定周波数のリファレンス信号を出力する。検波器 1 2 2 は、リファレンス信号を用いて入力信号を直交検波し、I c h (In-phase channel ; 同相チャネル) と Q c h (Quadrature-phase Channel ; 直交チャネル) の各ベースバンド信号を生成する。生成されたベースバンド信号は、A/D変換器 1 2 3 を通してデジタル信号に変換される。
- [0006] 位相回転器 1 2 4 は、デジタル化された I c h、Q c h の各ベースバンド信号に対応する受信シンボルの位相を、数値制御発振器 1 2 7 の出力情報に応じて回転させることにより、位相誤差を補正する。位相回転器 1 2 4 の出力信号は、位相誤差検出器 1 2 5 に入力される。位相誤差検出器 1 2 5 は、受信シンボルに残された位相誤差を検出し、ループフィルタ 1 2 6 へ出力する。ループフィルタ 1 2 6 は、位相誤差中に含まれる不要な高周波成分を除去し、数値制御発振器 1 2 7 へ出力する。数値制御発振器 1 2 7 は、ループフィルタ 1 2 6 の出力から、位相回転器 1 2 4 における位相回転量を指定する位相誤差情報を生成して出力する。
- [0007] 以上のように、ループ状に結線された位相回転器 1 2 4、位相誤差検出器 1 2 5、ループフィルタ 1 2 6、および、数値制御発振器 1 2 7 を有する搬送波再生 PLL の動作によって、安定した位相ロック状態を実現することで、位相誤差の補償が可能となる。
- [0008] 位相回転器 1 2 4 によって位相雑音補正された受信シンボルは、位相誤差検出器 1 2 5 へ入力される以外に、QAMシンボルデマッピング部 1 2 8 にも入力される。QAMシンボルデマッピング部 1 2 8 は、受信シンボルからそれに対応する受信ビット列を算出し、誤り訂正復号器 1 2 9 で誤り訂正処

理を行って出力する。なお、誤り訂正復号器 129 が、各受信ビットに対する確からしさを示す尤度情報を入力して訂正処理を行う軟判定復号器の場合、QAMシンボルデマッピング部 128 は尤度情報を反映したビット列を出力する。尤度情報を反映したビット列を出力する QAMシンボルデマッピング部 128 は、例えば、特許文献 1 に記載されている。

[0009] 以上のように、関連技術の復調装置は、搬送波再生 PLL によって位相誤差補償を行い、後段の誤り訂正処理によって、エラー耐性の向上を実現している。しかしながら、検波器 122 が出力するベースバンド信号に含まれる位相雑音の大きさ、または、熱雑音などに起因する位相誤差検出器 125 の精度劣化により、十分な BER 特性が得られない場合がある。この場合、搬送波再生 PLL におけるループフィルタ 126 の帯域幅を適応的に調整することにより、位相誤差補償の精度を向上させる技術が、特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4 に記載されている。しかし、これらの技術をもってしても、十分な効果が得られない場合もある。

[0010] 搬送波再生 PLL を使用方法以外に、伝送信号中に既知の信号（パイロット信号）を埋め込んでおき、これを利用して位相誤差を補償する方法がある。図 15 は、この方法に基づく復調装置の構成を示すブロック図である。図 15 を参照すると、復調装置は、図 14 に示した復調装置と同様に、基準発振器 131、検波器 132、A/D 変換器 133、QAMシンボルデマッピング部 137、および、誤り訂正復号器 138 を備える。また、復調装置は、パイロット信号に対応する受信パイロットシンボルから該受信パイロットシンボル間の位相誤差を推定するための補間フィルタ 135 と、補間処理に相当するシンボル数と同等の遅延を生じさせる遅延回路 134 と、推定した位相誤差の補正を行う位相回転器 136 とを備える。

[0011] 図 15 に示した復調装置は、図 14 に示した復調装置と同様に、基準発振器 131 が出力する固定周波数のリファレンス信号を利用して、検波器 132 において入力信号を直交検波し、I ch (In-phase channel ; 同相チャンネル) と Q ch (Quadrature-phase Channel ; 直交チャンネル) の各ベースバンド

信号を生成する。生成されたベースバンド信号は、A/D変換器133を通してデジタル信号に変換される。

[0012] デジタル化されたIch、Qchの各ベースバンド信号に対応する受信シンボルは、遅延回路134に入力される。ここで、受信シンボルが既知のパイロット信号に対応するパイロットシンボルである場合に限り、受信シンボルは補間フィルタ135にも入力される。補間フィルタ135は、複数のパイロットシンボルから、パイロットシンボル間の受信シンボルにおける位相誤差を補間処理によって推定する。位相回転器136は、補間フィルタの出力する位相誤差情報に基づいて、受信シンボルの位相を回転し、受信シンボル中の位相誤差を補正する。

[0013] 補間フィルタ135による位相誤差補償後の受信シンボルは、図14に示した復調装置による復調方式と同様に、QAMシンボルデマッピング部137に入力され、(軟判定)受信ビット列に変換された後、誤り訂正復号器138において誤り訂正処理され、出力データとなる。

[0014] パイロットシンボルを利用した補間フィルタによる復調方式は、例えば、非特許文献1および非特許文献2に記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0015] 特許文献1：国際公開第2011/068119号
特許文献2：特開2000-101666号公報
特許文献3：特表2003-531523号公報
特許文献4：特開2011-101177号公報

非特許文献

- [0016] 非特許文献1：Arnaldo Spalvieri, Luca Barletta, "Pilot-Aided Carrier Recovery in the Presence of Phase Noise," IEEE Transactions on Communications, July 1, 2011, pp.1966-1974.
非特許文献2：Volker Simon, Andreas Senst, Michael Speth, Heinrich Meyr, "Phase Noise Estimation via Adapted Interpolation," IEEE Global Te

Iecommunications Conference, November 25, 2001, pp. 3297-3301.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0017] 以下の分析は、本発明者によってなされたものである。
- [0018] 無線通信システムへの大容量化の要請が強まり、変調多値数を拡張することが求められている。しかしながら、伝送特性に大きな影響を与えるL O信号の位相雑音の低減は、大幅なコスト増を招く。また、誤り訂正機能の能力を向上させるには、復調器において、さらに低い搬送波対雑音比 (C/N) での安定動作が求められる。この問題に対して、関連技術の搬送波再生PLLによる位相雑音補償の効果は限定的である。例えば、検波器が出力するベースバンド信号に含まれる位相雑音レベルがQAM方式の信号多値数と比較して大きい場合には、十分なBER特性が得られず、大容量かつ高品質なデータ通信が困難となる。
- [0019] 一方、埋め込まれたパイロット信号を手がかりとして補間フィルタを通して位相誤差を補償する復調方式は、本来、信号点数が少ないQPSK等に適用される技術であり、この方式のみに基づいて多値変調方式に必要とされる特性を得ることは困難である。また、パイロット信号の挿入率を上げると伝送容量が犠牲となり、多値化の効果が減殺されるという問題もある。
- [0020] そこで、伝送容量を低下させることなく、ビット誤り率特性を向上させることが要望される。本発明の目的は、かかる要望に寄与する搬送波再生装置および搬送波再生方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0021] 本発明の第1の視点に係る搬送波再生装置は、
受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて前記受信シンボルの位相誤差を推定する補間フィルタと、
前記補間フィルタにより推定された位相誤差に応じて前記受信シンボルの位相を回転して第1の出力シンボルとして出力する第1の位相回転器と、
前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第2の出力シンボ

ルとして出力する位相誤差補償部と、

前記第 1 の出力シンボルに対応する第 1 のビット列を算出するとともに前記第 2 の出力シンボルに対応する第 2 のビット列を算出する QAM シンボルデマッピング部と、

前記第 1 のビット列におけるビットエラーを誤り訂正して出力する誤り訂正復号器と、を備え、

前記位相誤差補償部は、前記誤り訂正後の前記第 1 のビット列を参照して前記第 1 の出力シンボルに残留する位相誤差を補償する。

[0022] 本発明の第 2 の視点に係る搬送波再生方法は、

受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて前記受信シンボルの位相誤差を推定する工程と、

推定した位相誤差に応じて前記受信シンボルの位相を回転して第 1 の出力シンボルとする工程と、

前記第 1 の出力シンボルに対応する第 1 のビット列を算出する工程と、

前記第 1 のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程と、

前記誤り訂正後の第 1 のビット列を参照して前記第 1 の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第 2 の出力シンボルとする工程と、

前記第 2 の出力シンボルに対応する第 2 のビット列を算出する工程と、

前記第 2 のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程と、を含む。

。

発明の効果

[0023] 本発明に係る搬送波再生装置および搬送波再生方法によると、伝送容量を低下させることなく、ビット誤り率特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置の構成を一例として示すブロック図である。

[図2]第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置における補間フィルタの構成を一例として示すブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係る搬送波再生装置におけるタップ係数生成部の構成を一例として示すブロック図である。

[図4]第1の実施形態におけるパイロットシンボルとペイロードシンボルの関係を一例として示す図である。

[図5]第1の実施形態に係る搬送波再生装置の動作を一例として示すフロー図である。

[図6]第1の実施形態に係る搬送波再生装置における補間フィルタの動作を一例として示すフロー図である。

[図7]第2の実施形態に係る搬送波再生装置の構成を一例として示すブロック図である。

[図8]第2の実施形態に係る搬送波再生装置におけるループフィルタの構成を一例として示す図である。

[図9]第2の実施形態に係る搬送波再生装置における数値制御発振器の構成を一例として示すブロック図である。

[図10]第2の実施形態に係る搬送波再生装置の動作を一例として示すフロー図である。

[図11]第3の実施形態に係る搬送波再生装置の構成を一例として示すブロック図である。

[図12]第3の実施形態に係る搬送波再生装置におけるローパスフィルタの構成を一例として示すブロック図である。

[図13]第2の実施形態に係る搬送波再生装置の動作を一例として示すフロー図である。

[図14]関連技術における搬送波再生装置の構成を示すブロック図である。

[図15]関連技術における搬送波再生装置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

[0025] はじめに、一実施形態の概要について説明する。なお、この概要に付記する図面参照符号は、専ら理解を助けるための例示であり、本発明を図示の態様に限定することを意図するものではない。

[0026] 図1は、一実施形態に係る搬送波再生装置を備えた復調装置の構成を一例として示すブロック図である。図1を参照すると、搬送波再生装置(10)は、受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて受信シンボルの位相誤差を推定する補間フィルタ(15)と、補間フィルタ(15)により推定された位相誤差に応じて受信シンボルの位相を回転して第1の出力シンボルとして出力する第1の位相回転器(17)と、前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第2の出力シンボルとして出力する位相誤差補償部(19)と、前記第1の出力シンボルに対応する第1のビット列を算出するとともに前記第2の出力シンボルに対応する第2のビット列を算出するQAMシンボルデマッピング部(31)と、前記第1のビット列におけるビットエラーを誤り訂正して出力する誤り訂正復号器(32)と、を備える。位相誤差補償部(19)は、前記誤り訂正後の第1のビット列を参照して前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償する。

[0027] 図7および図11は、図1に示した位相誤差補償部(19)の詳細な構成を一例として示すブロック図である。図7および図11を参照すると、搬送波再生装置(図7の10a、図11の10b)は、第1の位相回転器(17)から出力された前記第1の出力シンボルを一時的に保持するバッファ(18)を備え、位相誤差補償部(図7の19a、図11の19b)は、バッファ(18)から出力された前記第1の出力シンボルの位相を回転して前記第2の出力シンボルを生成する第2の位相回転器(図7の55、図11の61)を備えていてもよい。

[0028] 図7および図11を参照すると、位相誤差補償部(図7の19a、図11の19b)は、前記誤り訂正後のビット列に応じたシンボルを第3の出力シンボルとして生成するQAMシンボルマッピング部(図7の51、図11の62)を備えていてもよい。

[0029] 図7および図11を参照すると、位相誤差補償部(図7の19a、図11の19b)は、前記第1の出力シンボルおよび前記第2の出力シンボルの少なくともいずれか一方と前記第3の出力シンボルとの位相差を検出して、前

記第 1 の出力シンボルに残留する位相誤差を補償するようにしてもよい。

[0030] 図 7 を参照すると、位相誤差補償部 (19 a) は、前記第 2 の出力シンボルと前記第 3 の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器 (52) と、前記位相差に含まれる高周波成分を除去した後の前記位相差に基づいて位相回転量を算出する数値制御発振器 (54) と、を備え、第 2 の位相回転器 (55) は、バッファ (18) から出力された前記第 1 の出力シンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第 2 の出力シンボルを生成するようにしてもよい。

[0031] 図 7 を参照すると、位相誤差補償部 (19 a) は、前記位相差に含まれる高周波成分を除去して数値制御発振器 (54) に出力するループフィルタ (53) を備えていてもよい。

[0032] 図 11 を参照すると、位相誤差補償部 (19 b) は、前記第 1 の出力シンボルと前記第 3 の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器 (63) と、前記位相差を平均化して位相回転量を算出するローパスフィルタ (64) と、を備え、第 2 の位相回転器 (61) は、バッファ (18) から出力された前記第 1 の出力シンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第 2 の出力シンボルを生成してもよい。

[0033] 以上より、一実施形態に係る搬送波再生装置 (10) は、補間フィルタ (15) が、受信パイロットシンボルから補間処理によって受信シンボル中の位相誤差を補正し、位相誤差補償部 (19) が、補正後の受信シンボルに残留する位相誤差をさらに補正する。ここで、位相誤差補償部 (19) は、補間フィルタ (15) による第 1 段階目の補正結果を、デマッピング処理 (31) を通して誤り訂正 (32) した後で参照データとして利用することで、位相誤差を高精度に推定する。また、デマッピング (31)、誤り訂正 (32)、位相誤差補償 (19) の一連の処理を繰返し実行することにより、パイロットシンボルを増大させることなく位相誤差を高精度に推定するとともに、ビット誤り率特性に優れた搬送波再生装置を実現することができる。

[0034] 一実施形態に係る搬送波再生装置によると、位相雑音、熱雑音などを要因

とする劣悪なノイズ環境下にあっても、ビット誤り率特性に優れ、大容量かつ高品質なデータ通信が可能となる。かかる搬送波再生装置によると、伝送容量を著しく低下させることなく、変調多値数と比較して位相雑音レベルが大きい場合においても、受信装置のビット誤り率特性を向上させることができる。

[0035] なお、本発明において、下記の形態が可能である。

[形態 1]

上記第 1 の視点に係る搬送波再生装置のとおりである。

[形態 2]

搬送波再生装置は、前記第 1 の位相回転器から出力された前記第 1 の出力シンボルを一時的に保持するバッファを備え、

前記位相誤差補償部は、前記バッファから出力された前記第 1 の出力シンボルの位相を回転して前記第 2 の出力シンボルを生成する第 2 の位相回転器を備えていてもよい。

[形態 3]

前記位相誤差補償部は、前記誤り訂正後のビット列に応じたシンボルを第 3 の出力シンボルとして生成する QAMシンボルマッピング部を備えていてもよい。

[形態 4]

前記位相誤差補償部は、前記第 1 の出力シンボルおよび前記第 2 の出力シンボルの少なくともいずれか一方と前記第 3 の出力シンボルとの位相差を検出して、前記第 1 の出力シンボルに残留する位相誤差を補償してもよい。

[形態 5]

前記位相誤差補償部は、前記第 2 の出力シンボルと前記第 3 の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器と、

前記位相差に含まれる高周波成分を除去した後の前記位相差に基づいて位相回転量を算出する数値制御発振器と、を備え、

前記第 2 の位相回転器は、前記バッファから出力された前記第 1 の出力シ

ンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第 2 の出力シンボルを生成してもよい。

[形態 6]

前記位相誤差補償部は、前記位相差に含まれる高周波成分を除去して前記数値制御発振器に出力するループフィルタを備えていてもよい。

[形態 7]

前記位相誤差補償部は、前記第 1 の出力シンボルと前記第 3 の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器と、

前記位相差を平均化して位相回転量を算出するローパスフィルタと、を備え、

前記第 2 の位相回転器は、前記バッファから出力された前記第 1 の出力シンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第 2 の出力シンボルを生成してもよい。

[形態 8]

前記補間フィルタは、前記パイロットシンボルを保持する複数のレジスタと、

前記複数のレジスタと同数の複数の乗算器と、

前記複数のレジスタと同数の複数の加算器と、を備えた有限インパルスレスポンス型フィルタであってもよい。

[形態 9]

前記補間フィルタは、位相雑音レベルおよび搬送波対雑音比に応じてタップ係数の初期値および前記タップ係数の更新時のステップ幅を決定するとともに、前記受信シンボルに含まれる前記パイロットシンボルの間隔と同一の回数だけ前記タップ係数を更新してもよい。

[形態 10]

準同期検波方式に基づく復調装置は、上記搬送波再生装置を備えていてもよい。

[形態 11]

上記第2の視点に係る搬送波再生方法のとおりである。

[形態12]

搬送波再生方法は、前記誤り訂正後の第 n のビット列(n は自然数)を参照して前記第 n の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第 $(n+1)$ の出力シンボルとする工程と、

前記第 $(n+1)$ の出力シンボルに対応する第 $(n+1)$ のビット列を算出する工程と、

前記第 $(n+1)$ のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程とを、

n をインクリメントしつつ n が所定の数となるまで、または、誤り訂正においてすべてのエラーが訂正されるまで繰り返してもよい。

[形態13]

既知のパイロット信号を含むデータ信号を復調する準同期検波復調回路における搬送波再生装置は、

受信パイロットシンボルから、該受信パイロットシンボルを含むすべての受信シンボルに対する位相誤差を推定する補間フィルタと、

前記補間フィルタによって推定した位相誤差分の位相回転を、前記受信シンボルに施すことにより位相誤差を補正する第1の位相回転器と、

前記第1の位相回転器の出力シンボルに残留する残留位相誤差を補償する位相誤差補償部と、

前記位相誤差補償部がリファレンスとして入力するデータを生成する誤り訂正復号器と、

前記位相誤差補償部の出力および前記第1の位相回転器の出力シンボルを、前記誤り訂正復号器への入力ビット列へ変換するQAMシンボルデマッピング部と、を備え、

前記補間フィルタおよび前記位相誤差補償部による2段階の位相誤差補償を行うことが好ましい。

[形態14]

搬送波再生装置は、前記第 1 の位相回転器の出力を一時的に保持するバッファを備えていてもよい。

[形態 15]

前記位相誤差補償部は、前記バッファの出力シンボルの位相を回転する第 2 の位相回転器と、

前記誤り訂正復号器の出力データから該出力データに対応する送信シンボル系列のレプリカを生成する QAMシンボルマッピング部と、

前記第 2 の位相回転器の出力シンボルと、前記レプリカとの間の位相差を検出する位相誤差検出器と、

前記位相誤差検出器の出力に含まれる高周波成分を除去するためのローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタの出力から位相回転量を算出する数値制御発振器と、を備え、

前記位相誤差検出器、前記ローパスフィルタおよび前記数値制御発振器とともに環状に結線された前記第 2 の位相回転器によって、2 段階目の位相誤差補償を行うようにしてもよい。

[形態 16]

前記位相誤差補償部は、前記バッファの出力シンボルの位相を回転する第 2 の位相回転器と、

前記誤り訂正復号器の出力データから該出力データに対応する送信シンボル系列のレプリカを生成する QAMシンボルマッピング部と、

前記バッファの出力シンボルと前記レプリカとの間の位相差を検出する位相誤差検出器と、

前記位相誤差検出器の出力値を平均化するためのローパスフィルタと、を備え、

前記ローパスフィルタの出力を用いて、前記第 2 の位相回転器で前記バッファの出力シンボルの位相を回転し、2 段階目の位相誤差補償を行うようにしてもよい。

[形態 17]

前記補間フィルタは、前記パイロットシンボルのみを入力として一定数の受信パイロットシンボルを保持するレジスタと、該レジスタと同数の乗算器および累積加算装置を備えた有限インパルスレスポンス (Finite Impulse Response ; F I R) 型フィルタであり、

前記補間フィルタのタップ係数を、前記累積加算装置によって、受信パイロットシンボル間隔と同一の回数更新してもよい。

[形態 18]

既知のパイロット信号を含むデータ信号を復調する準同期検波復調方式における搬送波再生方法は、

受信パイロットシンボルから、補間によって該受信パイロットシンボルを含むすべての受信シンボルに対して位相誤差を推定する補間処理を行う補間処理工程と、

前記推定した位相誤差分の補正を行う第 1 回目の位相誤差補償工程と、
前記位相誤差補償を行った受信シンボルをビット列にデマッピングする工程と、

前記デマッピングされたビット列を誤り訂正処理する工程と、
位相誤差補償を行った回数が予め設定した回数より小さい場合に、2 回目以降の位相誤差補償を行う工程と、を含み、

前記 2 回目以降の位相誤差補償は、前記誤り訂正処理後のデータをリファレンスとして使用し、

前記位相誤差補償を行った回数が予め設定した回数に達する、または、前記誤り訂正処理がすべてのエラーを訂正するまで、前記 2 回目以降の位相誤差補償工程、前記デマッピング工程、および、前記誤り訂正処理工程を繰り返すことが好ましい。

[形態 19]

前記 2 回目以降の位相誤差補償工程は、誤り訂正処理されたデータを Q A M シンボルにマッピングすることで送信シンボル系列のレプリカを生成する

工程と、

前記レプリカをリファレンスとして位相誤差を検出する工程と、

前記位相誤差に含まれる高周波成分を除去する工程と、

前記高周波成分が除去された位相誤差情報を変換して位相回転情報を生成する工程と、

前記位相回転情報によって位相誤差補償を行う工程と、を含み、

前記位相誤差補償を行った受信シンボルを、前記位相誤差を検出する工程にフィードバックして位相誤差を検出するようにしてもよい。

[形態 20]

前記 2 回目以降の位相誤差補償工程は、誤り訂正処理されたデータを Q A M シンボルにマッピングすることで送信シンボルレプリカを生成する工程と、

前記送信シンボルレプリカをリファレンスとして位相誤差を検出する工程と、

前記検出された位相誤差を、ローパスフィルタを通して平均化して位相回転信号を生成する工程と、を含み、

前記位相回転信号に基づいて位相誤差補償を行うようにしてもよい。

[形態 21]

前記補間処理工程は、タップ係数の初期値をセットする工程と、

積和演算処理を実行する工程と、

累積加算によって前記タップ係数を更新する 2 種類のタップ係数更新工程と、を含み、

前記積和演算処理工程および前記タップ係数更新工程を前記受信パイロットシンボル間隔と同一の回数繰り返してもよい。

[0036] 次に、実施形態について図面を参照して詳細に説明する。以下の実施形態では、位相情報をデータの識別に使用する変調方式を対象とする。また、以下の実施形態では、一例として、変調方式が Q A M である場合について説明するが、位相情報をデータの識別に使用する変調方式であれば、本実施形態

を適用することができる。また、本実施形態は、復調方式の検波方法として、復調装置自身が生成する固定周波数の周期信号を用いて検波を行い、検波後に位相誤差を取り除く準同期検波方式を対象とする。この方式によると、搬送波に完全に同期する信号を生成する必要がない。

[0037] (実施形態1)

第1の実施形態に係る搬送波再生装置について、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態に係る搬送波再生装置10を備えた復調装置20の構成を一例として示すブロック図である。

[0038] 復調装置20は、既知のパイロット信号を含むデータ信号を復調する装置である。図1を参照すると、復調装置20は、基準発振器11、検波器12、A/D変換器13、および、搬送波再生装置10を備える。搬送波再生装置10は、遅延回路14と、補間フィルタ15と、補間フィルタ15に関連したタップ係数生成部16と、位相回転器17と、位相誤差補償部19と、QAMシンボルデマッピング部31と、誤り訂正復号器32とを備える。

[0039] 基準発振器11は、固定周波数のリファレンス信号を検波器12に出力する。検波器12は、IF (Intermediate Frequency ; 中間周波数) 入力信号を直交検波して、Ic hとQc hの各ベースバンド信号を生成する。生成されたベースバンド信号は、A/D変換器13を通してデジタル信号に変換される。

[0040] 変復調の手段であるQAM方式の信号点数が $2m$ 個の場合 (m は正整数)、送信側では伝送するビット列を m ビット毎に区切り、各 m ビットを $2m$ 個の信号点の1つにマッピングする。マッピングされた信号点は複素数値で表すことができ、これを送信シンボルと呼ぶ。A/D変換器13によってデジタルに変換されたIc h、Qc hの各ベースバンド信号は、送信シンボルに対応する受信シンボルであって、Ic h、Qc hのベースバンド信号が各々実部と虚部に対応する複素数値で表現することができる。以下では、この複素数値を「受信シンボル」と呼び、搬送波再生装置10への入力とする。一方、搬送波再生装置10の出力は、受信シンボルから推定した送信シンボ

ルに対応するビット列から成る。

- [0041] 遅延回路 14 は、受信シンボルを入力とし、後述の補間フィルタ 15 が要する処理時間に応じて一定時間遅延させた後、位相回転器 17 に出力する。
- [0042] 補間フィルタ 15 は、デジタル化された I_{ch} 、 Q_{ch} の各ベースバンド信号からなる受信シンボルのうち、送信側で埋め込まれた既知のパイロットシンボルのみを入力とし、複数のパイロットシンボルから各パイロットシンボルの間の受信シンボルについて、受信シンボルが含む位相誤差の推定値を算出して位相回転器 17 に出力する。
- [0043] タップ係数生成部 16 は、補間フィルタ 15 において位相誤差の推定処理に使用するデータを、位相雑音と熱雑音に関する統計情報から生成し、補間フィルタ 15 に供給する。
- [0044] 位相回転器 17 は、遅延回路 14 の出力と補間フィルタ 15 の出力を入力とし、遅延回路 14 の出力である受信シンボルの位相を、補間フィルタ 15 の出力データに基づいて回転し、バッファ 18 へ出力する。
- [0045] 位相誤差補償部 19 は、位相回転器 17 の出力シンボルを、バッファ 18 を介して入力し、位相回転器 17 の出力シンボルに残留する位相誤差を推定して、補正する。位相誤差補償部 19 は、残留する位相誤差を推定するために、誤り訂正復号器 32 の出力データを用いる。
- [0046] QAMシンボルデマッピング部 31 は、バッファ 18 および位相誤差補償部 19 の出力シンボルを、セレクタ 30 を介して入力し、セレクタ 30 の出力シンボルから、出力シンボルに対応するビット列を算出し、後述の誤り訂正復号器 32 へ出力する。
- [0047] なお、本実施形態では、一例として、誤り訂正復号器 32 が、各送信ビットに対する尤度情報を入力して訂正処理を行う軟判定復号器である場合について説明する。この場合、QAMシンボルデマッピング部 31 は、受信ビットの確からしさを示す尤度情報を反映したビット列を出力する。QAMシンボルデマッピング部 31 は、一例として、特許文献 1 に記載されたものを用いることができる。

- [0048] 誤り訂正復号器 32 は、QAMシンボルデマッピング部 31 の出力データを入力し、バッファ 18 または位相誤差補償部 19 の出力シンボルが含むビットエラーの推定および訂正を行う。
- [0049] 図 2 は、本実施形態の搬送波再生装置 10 における補間フィルタ 15 の構成を一例として示すブロック図である。図 2 を参照すると、補間フィルタ 15 は、有限インパルスレスポンス (Finite Impulse Response ; FIR) 型フィルタであり、レジスタ 41、44、セクタ 42、45、乗算器 43、および、加算器 46、47 を備える。
- [0050] 図 3 は、タップ係数生成部 16 の構成を一例として示すブロック図である。図 3 を参照すると、タップ係数生成部 16 は、タップ係数 h_j の初期値を生成する ROM テーブル 38 と、タップ係数 h_j 更新時のステップ幅 Δ_j を生成する ROM テーブル 39 を備える。ROM テーブル 38 は、位相雑音レベル (Phase Noise Level ; PNL) および搬送波対雑音比 (Carrier to Noise Ratio ; CNR) を入力として、これらに応じて、タップ係数 h_j の初期値を出力する。一方、ROM テーブル 39 は、PNL および CNR を入力として、これらに応じて、タップ係数 h_j を更新する際のステップ幅 Δ_j を出力する。
- [0051] 次に、搬送波再生装置 10 の動作について説明する。搬送波再生装置 10 は、A/D 変換器 13 を通してデジタル信号に変換された I_{ch} 、 Q_{ch} の各ベースバンド信号に相当する受信シンボルを入力し、受信シンボルが含む位相誤差を補償すると共に、残留位相雑音、熱雑音などの外乱に起因するビット誤りを、誤り訂正符号の復号処理を通して訂正する。搬送波再生装置 10 は、以上の処理によって、送信ビット列を推定して、出力する。
- [0052] 図 4 は、搬送波再生装置 10 の入力シンボル列の構成を一例として示す図である。図 4 を参照すると、入力シンボル列は、伝送データ本体 (Payload ; ペイロード) と、予め取り決めた既知のパイロットシンボルから成る。以下では、説明を簡単にするため、パイロットシンボルは、入力シンボル M 個に対して 1 つの割合で、一定間隔で埋め込まれているものとする。ここで、 M は正整数であり、パイロットシンボル間隔を表す。

[0053] 搬送波再生装置 10 への入力シンボル列は、遅延回路 14 へ入力される。これと並行して、M シンボルに 1 回の割合で埋め込まれたパイロットシンボルに相当する受信パイロットシンボルに限り、補間フィルタ 15 へ入力される。すなわち、補間フィルタ 15 への入力イベントは M 回に 1 回の割合で生じる。パイロットシンボルは事前に取り決めた既知シンボルであるため、受信したパイロットシンボルと、事前に取り決めたシンボルを比較することで、受信パイロット中に含まれる位相誤差を抽出することができる。一方、ペイロードシンボルに関しては、送信シンボルが既知ではないため、位相誤差の抽出には誤差を伴うおそれがある。

[0054] 補間フィルタ 15 はタップ数が $2t + 1$ の FIR フィルタであって (t は正整数)、 $2t + 1$ 個の入力パイロットシンボルから $M - 1$ 個のペイロードシンボルと 1 個のパイロットシンボルが含む位相誤差を推定する。入力パイロットシンボルと、位相誤差を推定するペイロードシンボルの関係の詳細について、以下に説明する。

[0055] 搬送波再生装置 10 への入力シンボルは 1 単位時間当たり 1 シンボルとし、 $2tM + 1$ 個の入力シンボルを $S_0, S_1, S_2, \dots, S_{2tM}$ とし、特に、M シンボル毎に埋め込まれているパイロットシンボルを $S_0, S_M, S_{2M}, S_{3M}, \dots, S_{2tM}$ とする。これらの $2t + 1$ 個のパイロットシンボルが補間フィルタ 15 に順次入力され、最後の S_{2tM} が入力されてから、次のパイロットシンボル $S_{(2t+1)M}$ が入力されるまでの M 単位時間内で、補間フィルタ 15 は、次の数式 1 に示した $M - 1$ 個のペイロードシンボルと、パイロットシンボル S_{tM} に含まれる位相誤差を順次推定する。

[0056] [数 1]

$$S_{M - [(M-1)/2]}, \dots, S_{M-2}, S_{M-1}, S_{M+1}, S_{M+2}, \dots, S_{M + [M/2]}$$

[0057] なお、数式 1 において、 $[M/2]$ は $M/2$ 以下の最大の整数を表す。したがって、 $[M/2]$ は、M が偶数のときには $M/2$ であり、M が奇数のときには $(M - 1) / 2$ を表す。 $[(M - 1) / 2]$ についても同様である。

[0058] 補間フィルタ 15 は、上記 $M - 1$ 個のペイロードシンボル中の位相誤差の

推定を、フィルタのタップ係数を逐次更新して行う。タップ係数の更新に必要な情報は、タップ係数生成部16から供給される。以上により、遅延回路14の遅延量は、 $t_M + [(M-1)/2]$ 単位時間以上となる。

[0059] 位相回転器17は、遅延回路14の出力である受信シンボルの位相を補間フィルタ15の出力データに基づいて回転して出力する。受信シンボルはI_{ch}、Q_{ch}の各ベースバンド信号に相当する複素数値によって表され、補間フィルタの出力データも同様に複素数値で表される。したがって、位相回転器17は、一例として、複素数値の乗算器によって実現することができる。ただし、位相回転器17はこれに限定されるものではない。

[0060] 位相回転器17の出力シンボルは、補間フィルタ15によって位相雑音が補正された受信シンボル列である。しかし、位相雑音レベルが高い場合、または、パイロットシンボル間隔Mが大きい場合には、残留位相誤差が問題となる。そこで、位相回転器17の出力シンボルを、位相誤差補償部19および誤り訂正復号器32によって補償する。

[0061] 位相誤差補償部19は、位相回転器17の出力シンボルを、バッファ18を介して入力し、出力シンボルに残留する位相誤差を推定して補正する。

[0062] 位相誤差補償部19が残留する位相誤差の推定において使用するリファレンスとなるシンボルは、誤り訂正復号器32を使用して生成する。そこで、まず、QAMシンボルデマッピング部31および誤り訂正復号器32により、位相回転器17の出力シンボル中に含まれるビットエラーの訂正処理を行う。

[0063] QAMシンボルデマッピング部31は、バッファ18、セレクタ30を介して、位相回転器17の出力シンボルを受信し、当該出力シンボルを構成する各ビットに対し、尤度情報を反映したビット列を生成して誤り訂正復号器32に出力する。

[0064] 誤り訂正復号器32は、当該ビット列を入力し、第1回目の誤り訂正復号処理を行って送信ビット列を推定し、推定送信ビット列を位相誤差補償部19に出力する。

- [0065] 位相誤差保障部 19 は、受信した推定送信ビット列を、位相回転器 17 の出力シンボルが含む残留位相誤差の推定に利用して、第 2 回目の位相誤差補償を行う。
- [0066] 位相誤差補償部 19 において第 2 回目の位相誤差補償を適用した受信シンボルは、セレクタ 30、QAMシンボルデマッピング部 31 を介して、誤り訂正復号器 32 へ入力される。誤り訂正復号器 32 は、第 2 回目の誤り訂正復号処理を行い、送信ビット列の推定を行う。
- [0067] 以下、同様の手順に従って第 3 回目の位相誤差補償および誤り訂正処理を行い、引き続き第 4 回目、第 5 回目の位相誤差補償および誤り訂正処理を繰り返すことができる。搬送波再生装置 10 は、位相誤差補償および誤り訂正処理を所定の回数繰り返した後、誤り訂正復号器 32 の出力データを搬送波再生装置 10 の出力データとして出力する。
- [0068] 誤り訂正復号器 32 によって推定した送信ビット、および、これを用いて位相誤差補償部 19 で推定した位相誤差の精度は、誤り訂正と位相誤差補償の各処理回数を重ねることによって、次第に向上するものと期待される。
- [0069] 図 5 は、搬送波再生装置 10 の動作、すなわち、受信シンボルの入力から出力データの生成までの動作を一例として示すフロー図である。
- [0070] 図 5 を参照すると、搬送波再生装置 10 は、A/D変換器 13 から出力された受信シンボルを入力とする（ステップ A1）。
- [0071] 補間フィルタ 15 は、受信シンボル列中のパイロットシンボルのみを利用し、補間処理によって、パイロットシンボル間のペイロードシンボル中に含まれる位相誤差を推定する（ステップ A2）。
- [0072] 次に、位相回転器 17 は、1 回目の位相誤差補償を行う（ステップ A3）。
- [0073] QAMシンボルデマッピング部 31 は位相誤差補償を行った受信シンボルをビット列にデマッピングし（ステップ A4）、誤り訂正復号器 32 は誤り訂正符号による誤り訂正を行う（ステップ A5）。
- [0074] 位相誤差補償を行った回数 k が予め設定した回数 T 以上である場合（ k 、

Tは正整数)、または、誤り訂正(ステップA5)ですべてのエラーの訂正に成功した場合、誤り訂正(ステップA5)されたデータを、搬送波再生装置10の出力とする(ステップA6)。

[0075] 一方、位相誤差補償を行った回数kが予め設定した回数Tよりも小さい場合、k+1回目の位相誤差補償を行う(ステップA7)。なお、位相誤差補償(ステップA7)は、誤り訂正復号(ステップA5)の出力をリファレンスデータとして使用するものであり、パイロット間補間(ステップA2)に基づく位相回転器17による位相誤差補償(ステップA3)とは異なる。

[0076] 図2に示した補間フィルタ15の動作について、図6に示したフロー図を使って説明する。図4に示したように、入力シンボル列は、ペイロードシンボルとパイロットシンボルから成り、パイロットシンボルは、M個のシンボルの入力に対して1つの割合で、一定間隔で埋め込まれているものとする。このとき、補間フィルタ15への入力イベントは、M回に1回の割合で発生する。

[0077] 図6を参照すると、受信パイロットシンボルが補間フィルタ15へ入力され(ステップB1)、図2の上段に位置するレジスタ41のうちの、左端のレジスタにセットされる。また、タップ係数を保持する各レジスタ44に初期値が設定される(ステップB2)。

[0078] 入力された受信パイロットシンボルを S_{nM} とすると(nは整数)、レジスタ41に保持されている受信パイロットシンボル列は、左から順に、 S_{nM} 、 $S_{(n-1)M}$ 、 \dots 、 $S_{(n-2t)M}$ となる。これらの各々は、乗算器43でタップ係数 h_0 、 h_1 、 \dots 、 h_{2t} と乗算され、加算器47によって総和が計算される(ステップB3)。

[0079] 補間フィルタ15は、求めた総和を補間データとして出力する(ステップB4)。補間データは、次の数式2で表される。

[0080] [数2]

$$\sum_{i=0}^{2t} h_i \cdot S_{(n-i)M}$$

[0081] 補間フィルタ15は、以上説明した数式2の積和演算を、タップ係数 h_0 、 h_1 、 \dots 、 h_{2t} を更新しつつM回繰り返す。タップ係数の更新は、図6中のタップ係数更新（ステップB5）とタップ係数更新（ステップB6）に示した方法で行う。ステップB5、D6におけるタップ係数更新は、いずれも、予め設定した数値であるステップ幅（ Δ_j 、 Δ_{j+1} ）を加算することによって行われる。ただし、ステップB5、D6の間では、ステップ幅が異なる。

[0082] 補間フィルタ15は、第k回目の積和演算を行った後、 $k \leq [(M-1) / 2]$ の場合には、ステップB5に従ってタップ係数を更新し、それ以外の場合には、ステップB6に従ってタップ係数を更新する。補間フィルタ15は、図2に示したレジスタ44、加算器46、および、加算器46に接続されたセクタ45を用いて、タップ係数の更新を行う。セクタ45は、ステップB5のタップ係数更新と、ステップB6のタップ係数更新を切り替える。

[0083] なお、ステップB2におけるタップ係数 h_j の初期値と、ステップB5およびD6におけるタップ係数更新時のステップ幅 Δ_j は、位相雑音レベル（Phase Noise Level；PNL）と熱雑音による搬送波対雑音比（Carrier to Noise Ratio；CNR）に応じて定まり、タップ係数生成部16から供給される。

[0084] （実施形態2）

第2の実施形態に係る搬送波再生装置について、図面を参照して説明する。図7は、本実施形態に係る搬送波再生装置10aを備えた復調装置20a構成を一例として示すブロック図である。

[0085] 復調装置20aにおいて、基準発振器11と検波器12、A/D変換器13については第1の実施形態における復調装置20（図1）と同一である。また、搬送波再生装置10aにおいて、遅延回路14、補間フィルタ15、タップ係数生成措置16、位相回転器17、バッファ18、セクタ30、QAMシンボルデマッピング部31、および、誤り訂正復号器32についても、第1の実施形態における搬送波再生装置10（図1）と同一である。

[0086] 図7を参照すると、位相誤差補償部19aは、QAMシンボルマッピング

部 5 1、位相誤差検出器 5 2、ループフィルタ 5 3、数値制御発振器 5 4、および、位相回転器 5 5 を備える。

[0087] QAMシンボルマッピング部 5 1 は、誤り訂正復号器 3 2 の出力データから、当該出力データに対応する送信シンボル系列のレプリカを生成し、位相誤差検出器 5 2 へ出力する。

[0088] 位相誤差検出器 5 2 は、位相回転器 5 5 の出力シンボルと、QAMシンボルマッピング部 5 1 の出力シンボルの位相差を検出し、ループフィルタ 5 3 へ出力する。

[0089] ループフィルタ 5 3 は、位相誤差検出器 5 2 の出力に含まれる高周波ノイズを除去し、数値制御発振器 5 4 へ出力する。

[0090] 数値制御発振器 5 4 は、ループフィルタ 5 3 の出力から位相回転量を算出し、位相回転器 5 5 へ出力する。

[0091] ここで、位相誤差検出器 5 2、ループフィルタ 5 3、数値制御発振器 5 4、および、位相回転器 5 5 は、環状に結線されている。

[0092] 次に、図 7 の搬送波再生装置 1 0 a の動作について説明する。ただし、搬送波再生装置 1 0 a において、遅延回路 1 4、補間フィルタ 1 5、タップ係数生成部 1 6、位相回転器 1 7、バッファ 1 8、セレクタ 3 0、QAMシンボルデマッピング部 3 1、および、誤り訂正復号器 3 2 については、第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 (図 1) と同一である。したがって、搬送波再生装置 1 0 a への受信シンボルの入力から、遅延回路 1 4、補間フィルタ 1 5、タップ係数生成部 1 6、位相回転器 1 7 までの動作、ならびに、QAMシンボルデマッピング部 3 1 および誤り訂正復号器 3 2 の動作は、第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 (図 1) の動作と同一であるため、説明を省略する。

[0093] QAMシンボルマッピング部 5 1 は、誤り訂正復号器 3 2 の出力データを QAM方式における信号点にマッピングすることによって、送信シンボルのレプリカを生成する。変調方式として 2^m -QAM方式を利用した場合、QAMシンボルマッピング部 5 1 が出力する各送信シンボルレプリカは、QAM

方式の 2^m 個の信号点を表す複素数値のうちの 1 つに一致する。

[0094] なお、誤り訂正復号器 32 が訂正後のデータと併せて、当該訂正後データの確からしさを表す尤度情報を出力するソフトアウトプット復号器である場合、QAMシンボルマッピング部 51 が出力するシンボルは、尤度情報によって重み付けした各送信シンボルの加算値になる。この場合、QAMシンボルマッピング部 51 の出力は、QAM方式の 2^m 個の信号点を表す複素数値のうちの 1 つに必ずしも一致しない。

[0095] 位相誤差検出器 52 は、QAMシンボルマッピング部 51 が生成した送信シンボルのレプリカを入力とする。位相誤差検出器 52 は、さらに、位相回転器 55 を介して、前記補間フィルタ処理によって位相誤差補償された受信シンボルを入力とする。受信シンボルを複素数 α で表し、QAMシンボルマッピング部 51 の生成する送信シンボルレプリカを複素数 β で表す。複素数 x の実部を $\text{Re}(x)$ とし、虚部を $\text{Im}(x)$ とすると、位相誤差検出器 52 の出力値は数式 3 で表される。

[0096] [数3]

$$\frac{1}{|\alpha|} \{ \text{Im}(\alpha) \cdot \text{Re}(\beta) - \text{Re}(\alpha) \cdot \text{Im}(\beta) \}$$

[0097] 複素数 α の偏角を θ_α とし、複素数 β の偏角を θ_β と表記すると、数式 3 は数式 4 となる。

[0098] [数4]

$$|\beta| \sin(\theta_\alpha - \theta_\beta)$$

[0099] したがって、位相誤差検出器 52 の出力値である数式 3 は、2 つの入カシンボルの位相差に応じた値となる。位相誤差検出器 52 は、出力値をループフィルタ 53 に出力する。

[0100] 図 8 は、ループフィルタ 53 の構成を一例として示す図である。図 8 を参照すると、ループフィルタ 53 は、乗算器 91 を備える。ループフィルタ 53 は、数式 3 に示した入力値に定数 γ を乗じて出力する。定数 γ は、パイロ

ットシンボルとペイロードシンボルの区別、あるいは位相誤差補償回数等に
応じて、適応的に変化させることができる。ループフィルタ53は、出力値
を数値制御発振器54に出力する。

[0101] 図9は、数値制御発振器54の構成を一例として示すブロック図である。
図9を参照すると、数値制御発振器54は、加算器34およびレジスタ35
を有する累積加算器と、累積加算の結果 θ を $\cos(\theta)$ と $\sin(\theta)$ の
各値に変換するROMテーブル36とを備える。

[0102] 数値制御発振器54は、レジスタ35に保持されたデータを入力データに
加算し、加算結果をレジスタ35が保持するデータとして更新するとともに
、ROMテーブル36によって、余弦関数値と正弦関数値に変換して、位相
回転器55へ出力する。

[0103] 位相回転器55は、バッファ18の出力シンボル α' と数値制御発振器5
4の出力値($\cos(\theta)$ 、 $\sin(\theta)$)から、数式5に従ってシンボル
 α' の位相を $-\theta$ だけ回転して得られるシンボル α を出力する。

[0104] [数5]

$$\operatorname{Re}(\alpha) = \cos(\theta) \cdot \operatorname{Re}(\alpha') + \sin(\theta) \cdot \operatorname{Im}(\alpha')$$

$$\operatorname{Im}(\alpha) = \cos(\theta) \cdot \operatorname{Im}(\alpha') - \sin(\theta) \cdot \operatorname{Re}(\alpha')$$

[0105] 位相回転器55、位相誤差検出器52、ループフィルタ53、および、数
値制御発振器54は、図7に示すように環状に結線されている。

[0106] 位相回転器55によって、第2回目の位相誤差補償を適用した受信シンボ
ルは、セレクタ30、QAMシンボルデマッピング部31を介して、誤り訂
正復号器32へ入力される。

[0107] 誤り訂正復号器32は、第2回目の誤り訂正復号を行い、送信ビット列を
推定する。送信ビット列は、前回と同様の手順で、QAMシンボルマッピ
ング部51を通して位相誤差検出器52に供給される。他方の入力は、位相回
転器55を通してバッファ18から、位相誤差検出器52に供給されるが、
手順のみならず、バッファ18から供給されるシンボル値も前回と同一であ
る。

- [0108] QAMシンボルマッピング部51を通して供給される送信シンボルのレプリカ中に含まれるエラーは前回よりも低減されていると期待され、この効果によって第2回目よりも精度の高い位相誤差の補償が行われる。以下同様に、送信シンボルのレプリカを繰返し更新することで、より高い精度で位相雑音を補償することができる。
- [0109] 図10は、位相誤差補償部19aを備えた本実施形態の搬送波再生装置10aにおける、受信シンボルの入力から出力データを得るまでの動作を一例として示すフロー図である。
- [0110] 図10を参照すると、搬送波再生装置10aは、A/D変換器13から出力された受信シンボルを入力とする（ステップC1）。
- [0111] 補間フィルタ15は、受信シンボル列中のパイロットシンボルのみを利用し、補間処理によって、パイロットシンボル間のペイロードシンボル中に含まれる位相誤差を推定する（ステップC2）。
- [0112] 次に、位相回転器17は、1回目の位相誤差補償を行う（ステップC3）。
- [0113] QAMシンボルデマッピング部31は位相誤差補償を行った受信シンボルをビット列にデマッピングし（ステップC4）、誤り訂正復号器32は誤り訂正符号による誤り訂正を行う（ステップC5）。
- [0114] 位相誤差補償を行った回数kが予め設定した回数T以上である場合（k、Tは正整数）、または、誤り訂正（ステップC5）ですべてのエラーの訂正に成功した場合、誤り訂正（ステップC5）されたデータを、搬送波再生装置10aの出力とする（ステップC6）。
- [0115] 一方、位相誤差補償を行った回数kが予め設定した回数Tよりも小さい場合、QAMシンボルマッピング部51は誤り訂正（ステップC5）されたデータをQAMシンボルにマッピングすることで送信シンボルのレプリカを作成する（ステップC7）。
- [0116] 次に、位相誤差検出器52は、送信シンボルのレプリカをリファレンスシンボルとして、位相誤差を検出する（ステップC8）。

- [0117] 次に、ループフィルタ 53 は、検出された位相誤差の高周波成分を除去する（ステップ C9）。
- [0118] 次に、数値制御発振器 54 は、高周波成分除去された位相誤差情報を変換して位相回転情報を生成する（ステップ C10）。
- [0119] 次に、位相回転器 55 は、位相回転情報に応じて $k + 1$ 回目の位相誤差補償を行う（ステップ C11）。
- [0120] なお、図 7 に示すように、 $k + 1$ 回目の位相誤差補償は、シンボル単位で見れば、位相誤差検出器 52 による位相誤差の検出にフィードバックされる。
- [0121] （実施形態 3）
- 第 3 の実施形態に係る搬送波再生装置について、図面を参照して説明する。図 11 は、本実施形態に係る搬送波再生装置 10b を備えた復調装置 20b の構成を一例として示すブロック図である。
- [0122] 図 11 を参照すると、復調装置 20b において、基準発振器 11、検波器 12、および、A/D 変換器 13 については、第 1 の実施形態における復調装置 20（図 1）と同一である。また、搬送波再生装置 10b において、遅延回路 14、補間フィルタ 15、タップ係数生成措置 16、位相回転器 17、バッファ 18、セレクタ 30、QAM シンボルデマッピング部 31、および、誤り訂正復号器 32 についても、第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置 10（図 1）と同一である。
- [0123] 図 11 を参照すると、位相誤差補償部 19b は、位相回転器 61、QAM シンボルマッピング部 62、位相誤差検出器 63、および、ローパスフィルタ 64 を備える。
- [0124] 位相回転器 61 は、バッファ 18 を介して位相回転器 17 の出力を入力し、後述のローパスフィルタ 64 の出力を用いて位相を回転する。位相回転器 61 の出力は、セレクタ 30 を介して、QAM シンボルデマッピング部 31 へ入力される。
- [0125] QAM シンボルマッピング部 62 は、誤り訂正復号器 32 の出力データか

ら、当該出力データに対応する送信シンボル系列のレプリカを生成し、位相誤差検出器 6 3 へ出力する。

[0126] 位相誤差検出器 6 3 は、バッファ 1 8 の出力シンボルと、QAMシンボルマッピング部 6 2 の出力シンボルの位相差を検出し、ローパスフィルタ 6 4 へ出力する。

[0127] ローパスフィルタ 6 4 は、位相誤差検出器 6 3 の出力を平均化し、位相回転器 6 1 へ出力する。

[0128] 次に、搬送波再生装置 1 0 b の動作について説明する。搬送波再生装置 1 0 b において、遅延回路 1 4、補間フィルタ 1 5、タップ係数生成装置 1 6、位相回転器 1 7、バッファ 1 8、セレクタ 3 0、QAMシンボルデマッピング部 3 1、および、誤り訂正復号器 3 2 については、第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 (図 1) と同一である。したがって、搬送波再生装置 1 0 b への受信シンボルの入力から、遅延回路 1 4、補間フィルタ 1 5、タップ係数生成部 1 6、および、位相回転器 1 7 までの動作、ならびに、QAMシンボルデマッピング部 6 2 および誤り訂正復号器 3 2 の動作は、第 1 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 (図 1) の動作と同一であるため、説明を省略する。

[0129] QAMシンボルマッピング部 6 2 は、誤り訂正復号器 3 2 の出力データを QAM方式における信号点にマッピングすることによって、送信シンボルのレプリカを生成する。QAMシンボルマッピング部 6 2 は、第 2 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 a (図 7) の位相誤差補償部 1 9 a に設けられた QAMシンボルマッピング部 5 1 と同一である。

[0130] 位相誤差検出器 6 3 は、第 2 の実施形態に係る搬送波再生装置 1 0 a (図 7) に設けられた位相誤差検出器 5 2 と同様に、QAMシンボルマッピング部 6 2 で生成された送信シンボルのレプリカを一方の入力とする。第 2 の実施形態においては、位相誤差検出器 5 2 は、位相回転器 5 5 の出力シンボルを他方の入力とする。本実施形態においては、位相誤差検出器 6 3 は、補間フィルタ 1 5 によって補正された受信シンボルを保持するバッファ 1 8 の出

カシンボルを他方の入力とする。

- [0131] バッファ 18 の出力シンボルを複素数 α とし、QAMシンボルマッピング部 62 が出力する送信シンボルのレプリカを複素数 β とすると、位相誤差検出器 63 の出力値は、第 2 の実施形態の場合と同様に、数式 3 によって表される。
- [0132] 図 12 は、ローパスフィルタ 64 の構成を一例として示すブロック図である。図 12 を参照すると、ローパスフィルタ 64 は、位相誤差検出器 63 の出力を平均化する平均化フィルタ 65 と、平均化フィルタ 65 の出力値 θ を余弦関数値と正弦関数値の組 ($\cos(\theta)$ 、 $\sin(\theta)$) に変換して出力する ROM テーブル 66 とを備える。
- [0133] ROM テーブル 66 の出力データは、位相回転器 61 において、バッファ 18 の出力シンボルの位相回転に使用される。位相回転器 61 は、バッファ 18 の出力シンボルを α' 、平均化フィルタ 65 の出力を θ とすると、数式 4 に従って位相回転を行い、シンボルを α を出力する。
- [0134] 位相回転器 61 によって、第 2 回目の位相誤差補償を適用した受信シンボルは、図 7 の搬送波再生装置 10a と同様に、セレクタ 30、QAMシンボルデマッピング部 31 を介して、誤り訂正復号器 32 へ入力される。
- [0135] 誤り訂正復号器 32 は、第 2 回目の誤り訂正復号を行い、送信ビット列を推定する。送信ビット列は、前回と同様の手順で、QAMシンボルマッピング部 62 を通して位相誤差検出器 63 に供給される。他方の入力は、バッファ 18 から位相誤差検出器 63 に供給されるが、手順のみならず、バッファ 18 から供給されるシンボル値も前回と同一である。
- [0136] QAMシンボルマッピング部 62 を通して供給される送信シンボルのレプリカ中に含まれるエラーが前回よりも低減されていると期待され、この効果によって第 2 回目よりも精度の高い位相誤差の補償が行われる。以下同様に、送信シンボルレプリカを繰返し更新することで、より高い精度で位相雑音を補償することができる。
- [0137] 図 13 は、位相誤差補償部 19b を備えた本実施形態の搬送波再生装置 1

0 bにおける、受信シンボルの入力から出力データを得るまでの動作を一例として示すフロー図である。

[0138] 図13を参照すると、搬送波再生装置10bは、A/D変換器13から出力された受信シンボルを入力とする（ステップD1）。

[0139] 補間フィルタ15は、受信シンボル列中のパイロットシンボルのみを利用し、補間処理によって、パイロットシンボル間のペイロードシンボル中に含まれる位相誤差を推定する（ステップD2）。

[0140] 次に、位相回転器17は、1回目の位相誤差補償を行う（ステップD3）。

[0141] QAMシンボルデマッピング部31は位相誤差補償を行った受信シンボルをビット列にデマッピングし（ステップD4）、誤り訂正復号器32は誤り訂正符号による誤り訂正を行う（ステップD5）。

[0142] 位相誤差補償を行った回数kが予め設定した回数T以上である場合（k、Tは正整数）、または、誤り訂正（ステップD5）ですべてのエラーの訂正に成功した場合、誤り訂正（ステップD5）されたデータを、搬送波再生装置10bの出力とする（ステップD6）。

[0143] 一方、位相誤差補償を行った回数kが予め設定した回数Tよりも小さい場合、QAMシンボルマッピング部62は誤り訂正（ステップD5）されたデータをQAMシンボルにマッピングすることで送信シンボルのレプリカを作成する（ステップD7）。

[0144] 次に、位相誤差検出器63は、送信シンボルのレプリカをリファレンスシンボルとして、位相誤差を検出する（ステップD8）。

[0145] 次に、ローパスフィルタ64は、検出された位相誤差を平均化し、位相回転信号を生成する（ステップD9）。

[0146] 次に、位相回転器61は、位相回転信号を使って、k+1回目の位相誤差補償を行う（ステップD10）。

[0147] 以上、本発明の実施形態について、図面を参照して説明した。図示された構成は単なる一例であって、本発明は図示された構成に限定されるものでは

ない。

[0148] 本発明に係る搬送波再生装置は、携帯端末装置、基幹無線装置を含むデジタル無線通信装置に対して好適に適用することができる。

[0149] なお、上記の特許文献等の先行技術文献の各開示を、本書に引用をもって繰り込むものとする。本発明の全開示（請求の範囲を含む）の枠内において、さらにその基本的技術思想に基づいて、実施形態の変更・調整が可能である。また、本発明の請求の範囲の枠内において種々の開示要素（各請求項の各要素、各実施形態の各要素、各図面の各要素等を含む）の多様な組み合わせ、ないし、選択が可能である。すなわち、本発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。本書に記載した数値範囲については、当該範囲内に含まれる任意の数値ないし小範囲が、別段の記載のない場合でも具体的に記載されているものと解釈されるべきである。

符号の説明

- [0150] 10、10a、10b 搬送波再生装置
11、121、131 基準発振器
12、122、132 検波器
13、123、133 A/D変換器
14、134 遅延回路
15、135 補間フィルタ
16 タップ係数生成部
17、55、61、124、136 位相回転器
18 バッファ
19、19a、19b 位相誤差補償部
20、20a、20b 復調装置
30、42、45 セレクタ
31、128、137 QAMシンボルデマッピング部
32、129、138 誤り訂正復号器

- 34、46、47 加算器
- 35、41、44 レジスタ
- 36、38、39、66 ROM（リードオンリーメモリ）テーブル
- 43、91 乗算器
- 51、62 QAMシンボルマッピング部
- 52、63 位相誤差検出器（参照信号入力付き）
- 53、126 ループフィルタ
- 54、127 数値制御発振器
- 64 ローパスフィルタ
- 65 平均化フィルタ
- 125 位相誤差検出器

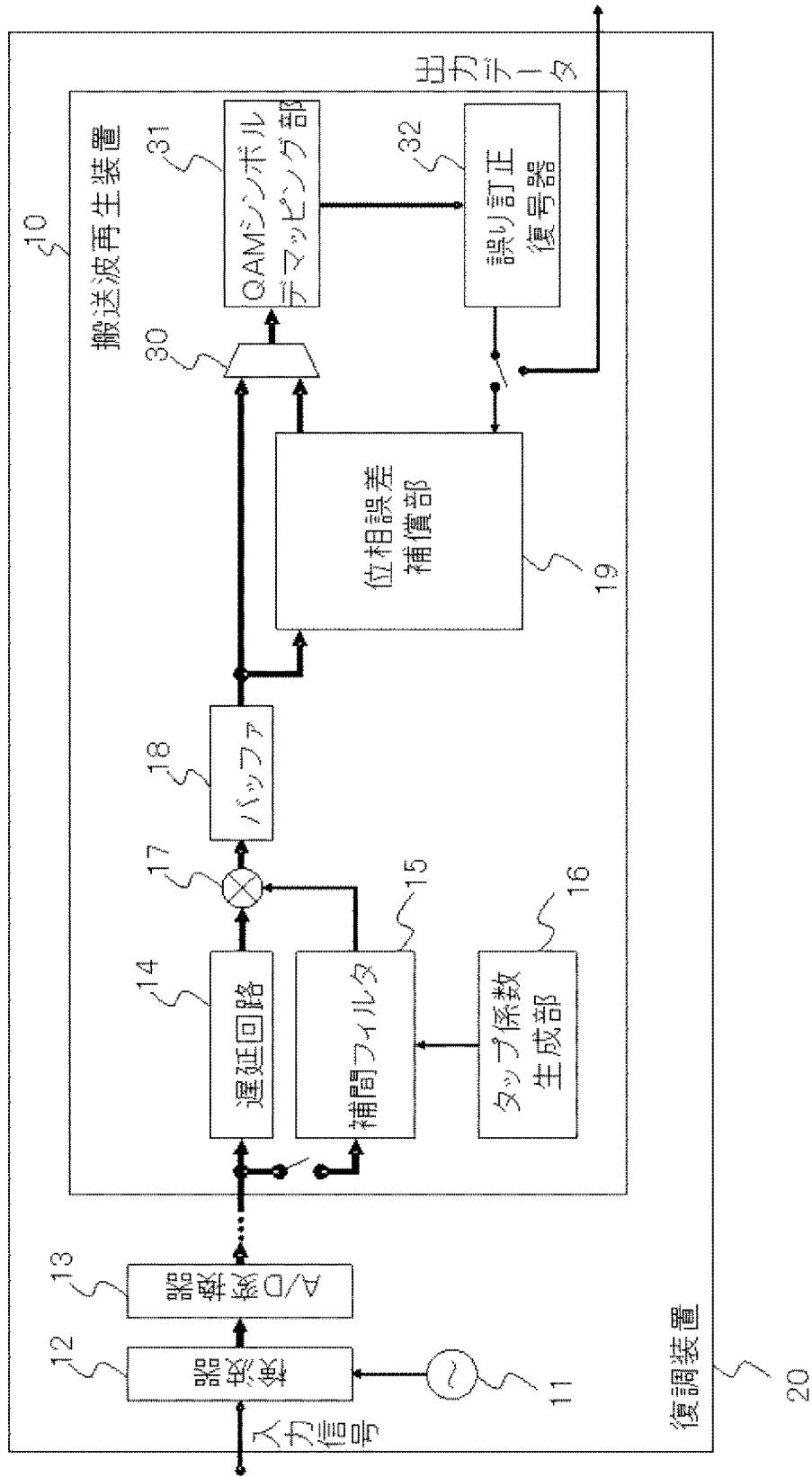
請求の範囲

- [請求項1] 受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて前記受信シンボルの位相誤差を推定する補間フィルタと、
- 前記補間フィルタにより推定された位相誤差に応じて前記受信シンボルの位相を回転して第1の出力シンボルとして出力する第1の位相回転器と、
- 前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第2の出力シンボルとして出力する位相誤差補償部と、
- 前記第1の出力シンボルに対応する第1のビット列を算出するとともに前記第2の出力シンボルに対応する第2のビット列を算出するQAMシンボルデマッピング部と、
- 前記第1のビット列におけるビットエラーを誤り訂正して出力する誤り訂正復号器と、を備え、
- 前記位相誤差補償部は、前記誤り訂正後の前記第1のビット列を参照して前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償する、搬送波再生装置。
- [請求項2] 前記第1の位相回転器から出力された前記第1の出力シンボルを一時的に保持するバッファを備え、
- 前記位相誤差補償部は、前記バッファから出力された前記第1の出力シンボルの位相を回転して前記第2の出力シンボルを生成する第2の位相回転器を備える、請求項1に記載の搬送波再生装置。
- [請求項3] 前記位相誤差補償部は、前記誤り訂正後のビット列に応じたシンボルを第3の出力シンボルとして生成するQAMシンボルマッピング部を備える、請求項2に記載の搬送波再生装置。
- [請求項4] 前記位相誤差補償部は、前記第1の出力シンボルおよび前記第2の出力シンボルの少なくともいずれか一方と前記第3の出力シンボルとの位相差を検出して、前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償する、請求項3に記載の搬送波再生装置。

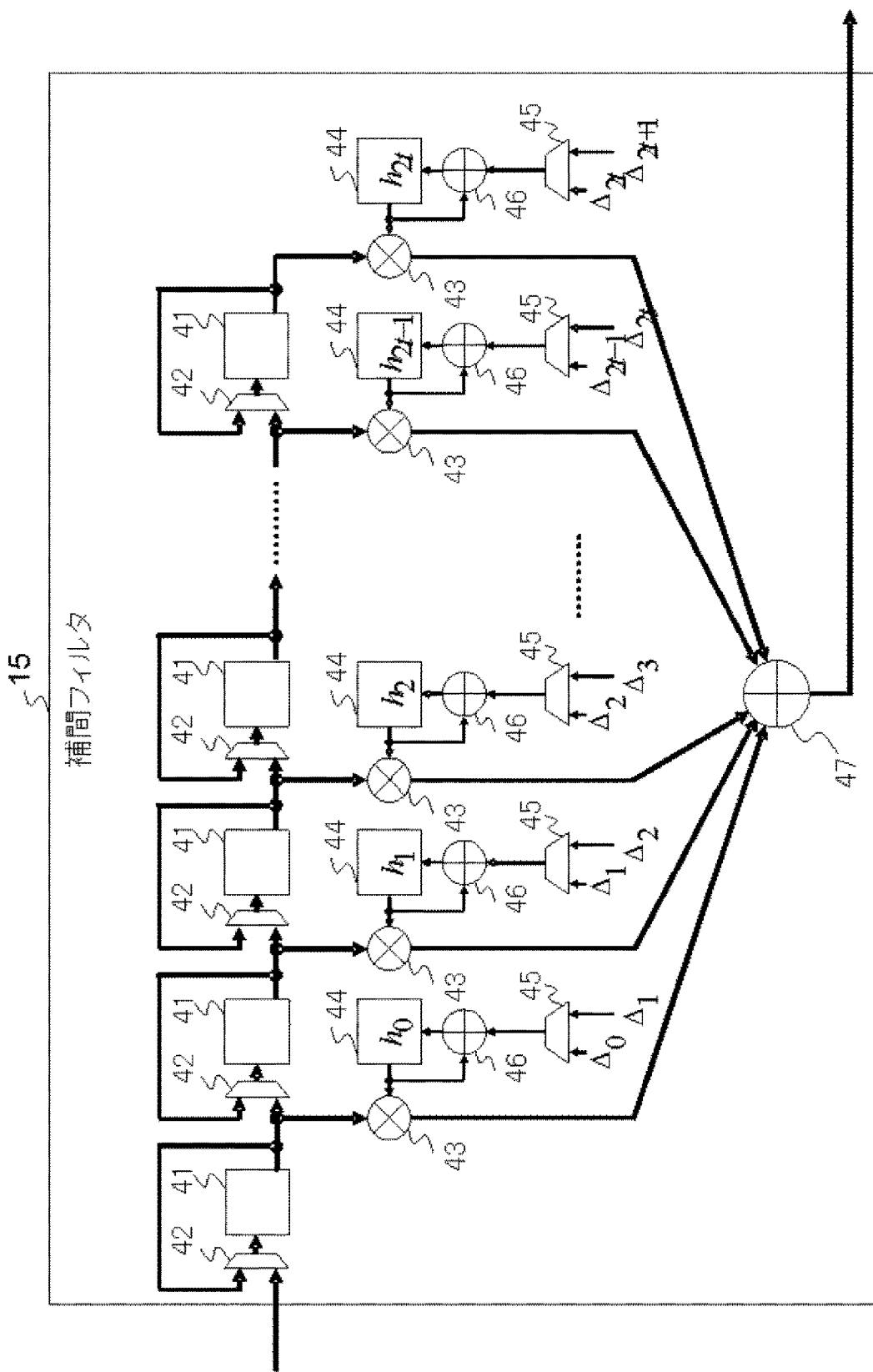
- [請求項5] 前記位相誤差補償部は、前記第2の出力シンボルと前記第3の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器と、
前記位相誤差に含まれる高周波成分を除去した後の前記位相誤差に基づいて位相回転量を算出する数値制御発振器と、を備え、
前記第2の位相回転器は、前記バッファから出力された前記第1の出力シンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第2の出力シンボルを生成する、請求項4に記載の搬送波再生装置。
- [請求項6] 前記位相誤差補償部は、前記位相誤差に含まれる高周波成分を除去して前記数値制御発振器に出力するループフィルタを備える、請求項5に記載の搬送波再生装置。
- [請求項7] 前記位相誤差補償部は、前記第1の出力シンボルと前記第3の出力シンボルとの位相差を検出する位相誤差検出器と、
前記位相誤差を平均化して位相回転量を算出するローパスフィルタと、を備え、
前記第2の位相回転器は、前記バッファから出力された前記第1の出力シンボルの位相を前記位相回転量に応じて回転して前記第2の出力シンボルを生成する、請求項4に記載の搬送波再生装置。
- [請求項8] 前記補間フィルタは、前記パイロットシンボルを保持する複数のレジスタと、
前記複数のレジスタと同数の複数の乗算器と、
前記複数のレジスタと同数の複数の加算器と、を備えた有限インパルスレスポンス型フィルタである、請求項1ないし7のいずれか1項に記載の搬送波再生装置。
- [請求項9] 前記補間フィルタは、位相雑音レベルおよび搬送波対雑音比に応じてタップ係数の初期値および前記タップ係数の更新時のステップ幅を決定するとともに、前記受信シンボルに含まれる前記パイロットシンボルの間隔と同一の回数だけ前記タップ係数を更新する、請求項8に記載の搬送波再生装置。

- [請求項10] 請求項1ないし9のいずれか1項に記載の搬送波再生装置を備える、準同期検波方式に基づく復調装置。
- [請求項11] 受信シンボルに含まれるパイロットシンボルに基づいて前記受信シンボルの位相誤差を推定する工程と、
推定した位相誤差に応じて前記受信シンボルの位相を回転して第1の出力シンボルとする工程と、
前記第1の出力シンボルに対応する第1のビット列を算出する工程と、
前記第1のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程と、
前記誤り訂正後の第1のビット列を参照して前記第1の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第2の出力シンボルとする工程と、
前記第2の出力シンボルに対応する第2のビット列を算出する工程と、
前記第2のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程と、
を含む搬送波再生方法。
- [請求項12] 前記誤り訂正後の第 n のビット列（ n は自然数）を参照して前記第 n の出力シンボルに残留する位相誤差を補償して第 $(n+1)$ の出力シンボルとする工程と、
前記第 $(n+1)$ の出力シンボルに対応する第 $(n+1)$ のビット列を算出する工程と、
前記第 $(n+1)$ のビット列におけるビットエラーを誤り訂正する工程とを、
 n をインクリメントしつつ n が所定の数となるまで、または、誤り訂正においてすべてのエラーが訂正されるまで繰り返す、請求項11に記載の搬送波再生方法。

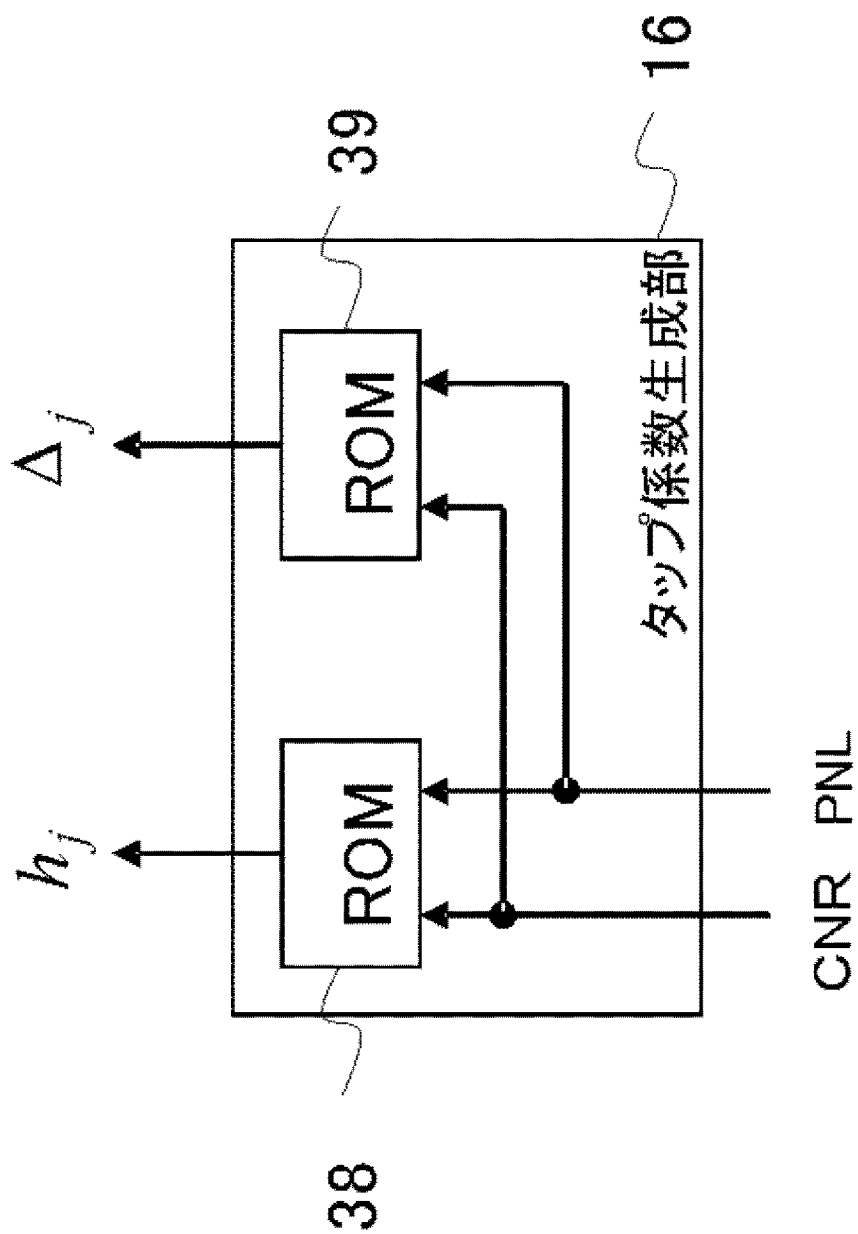
[図1]



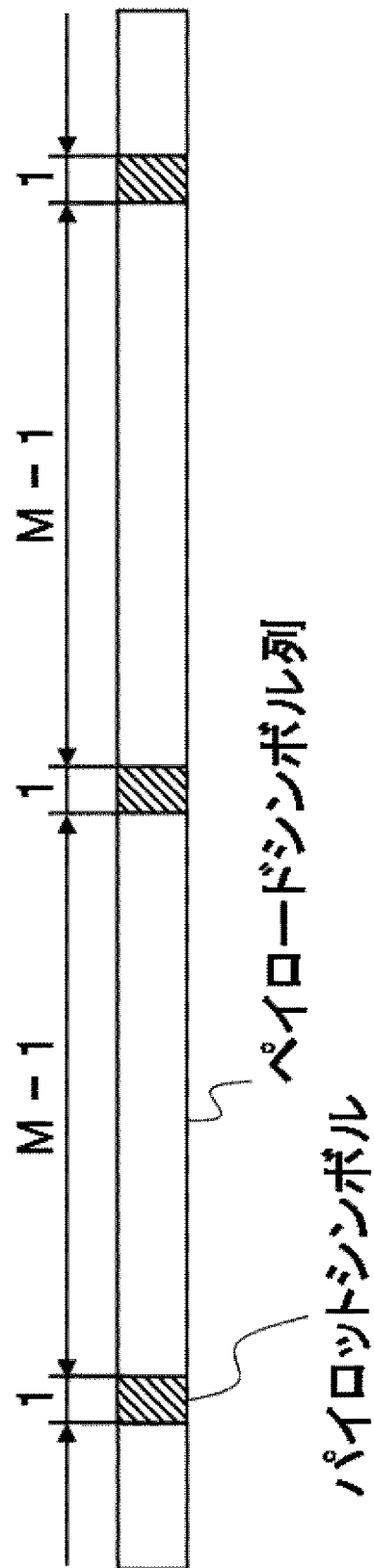
[図2]



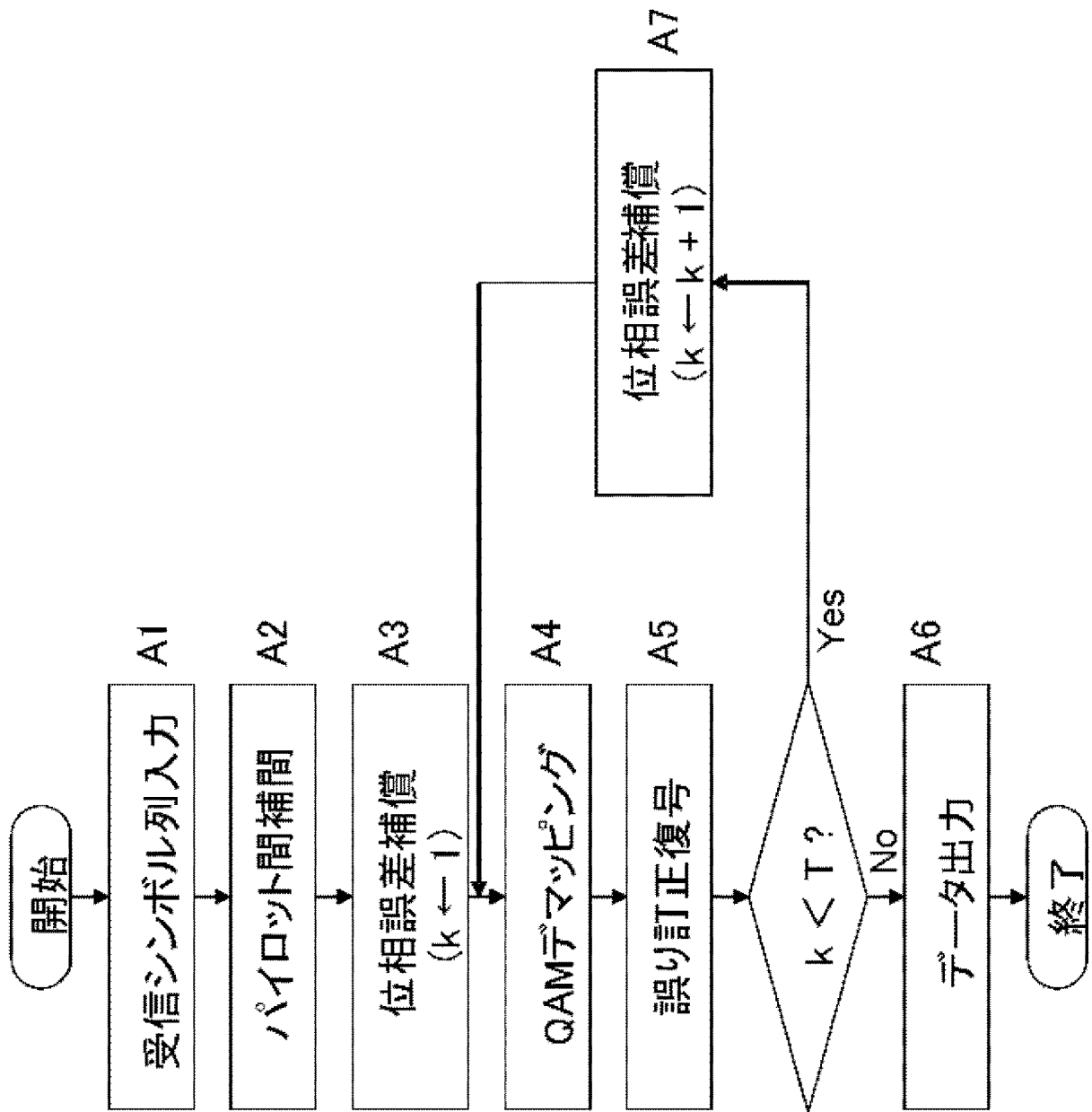
[図3]



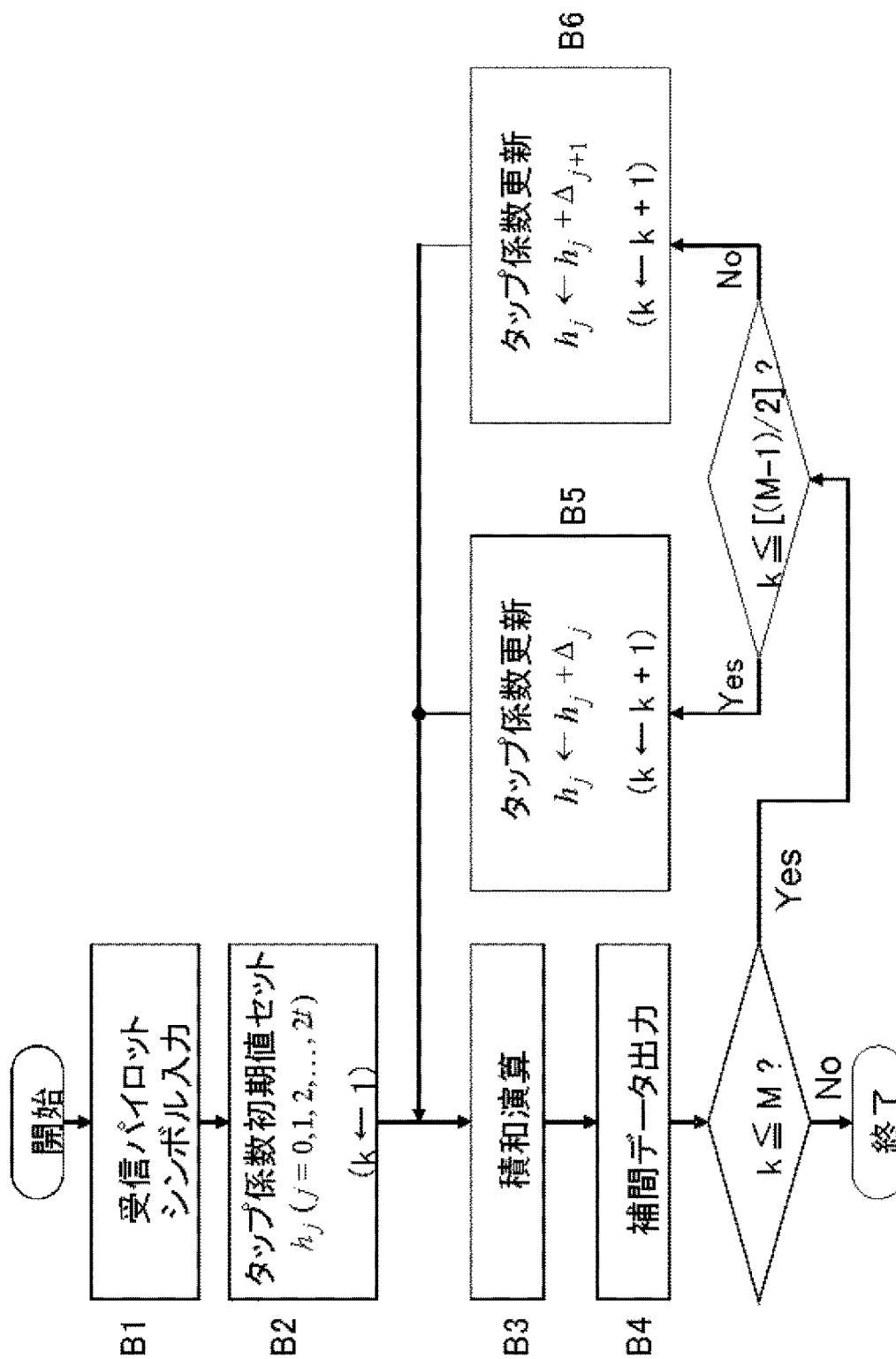
[図4]



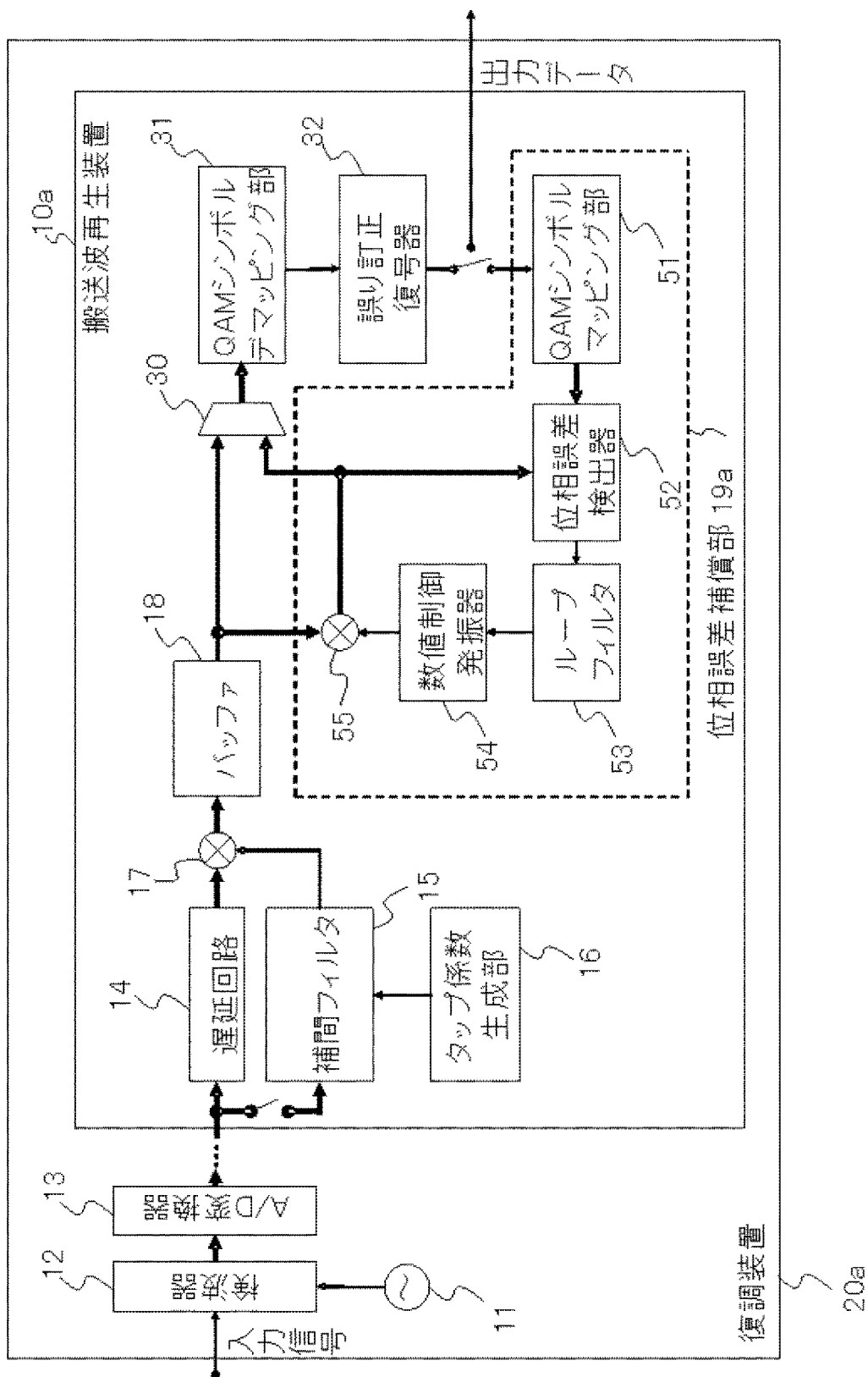
[図5]



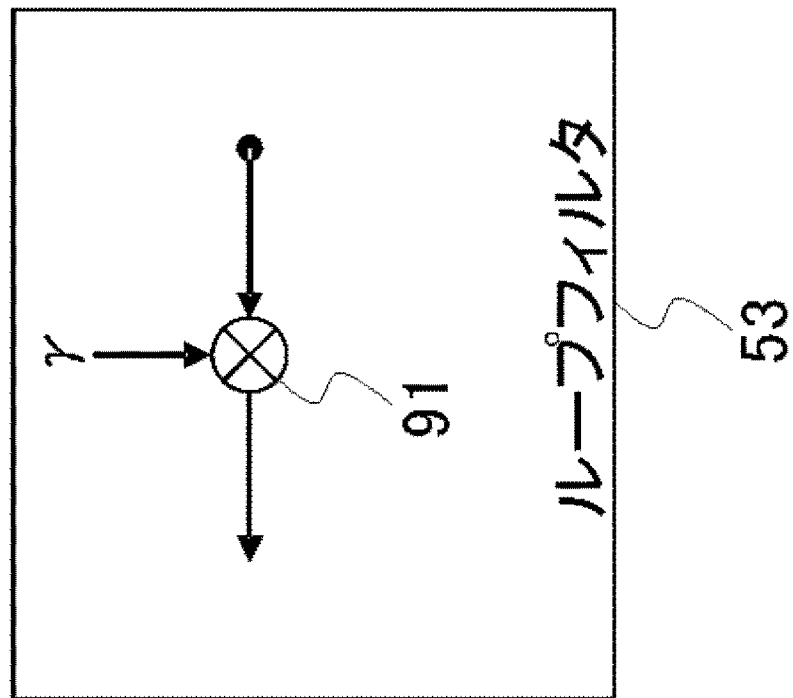
[図6]



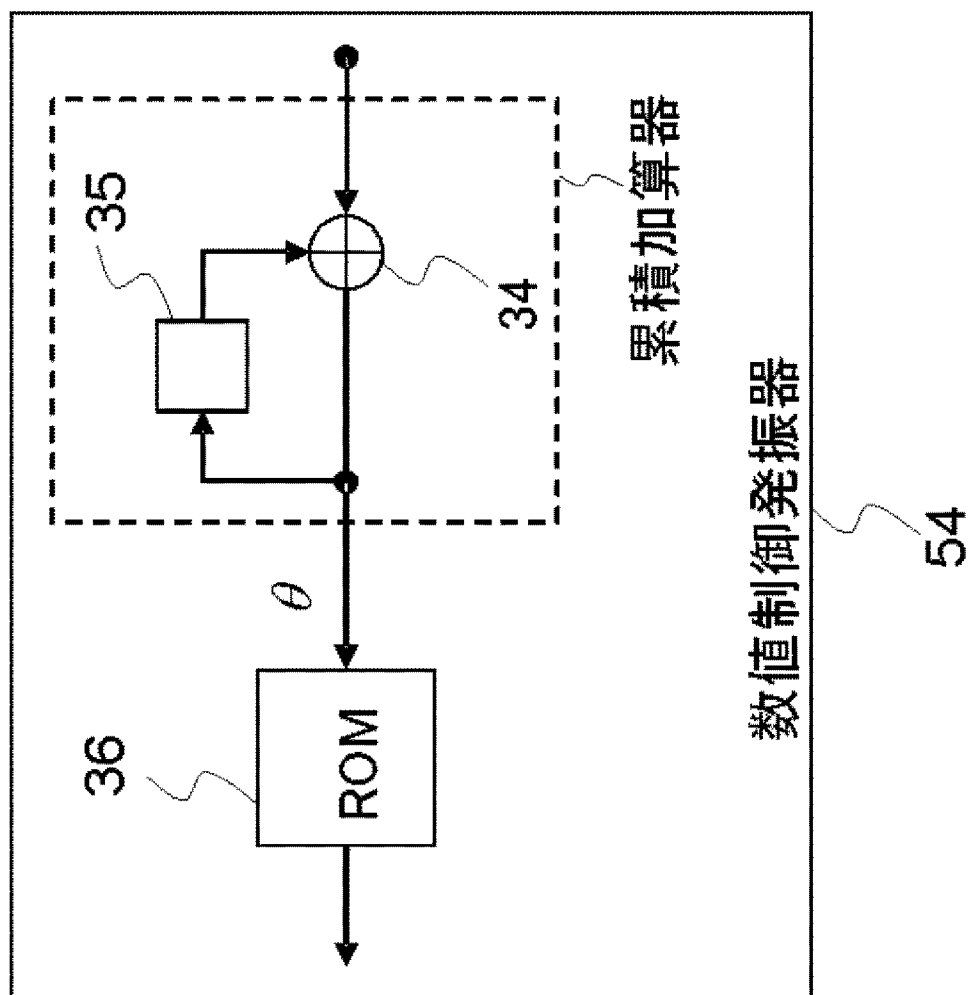
[図7]



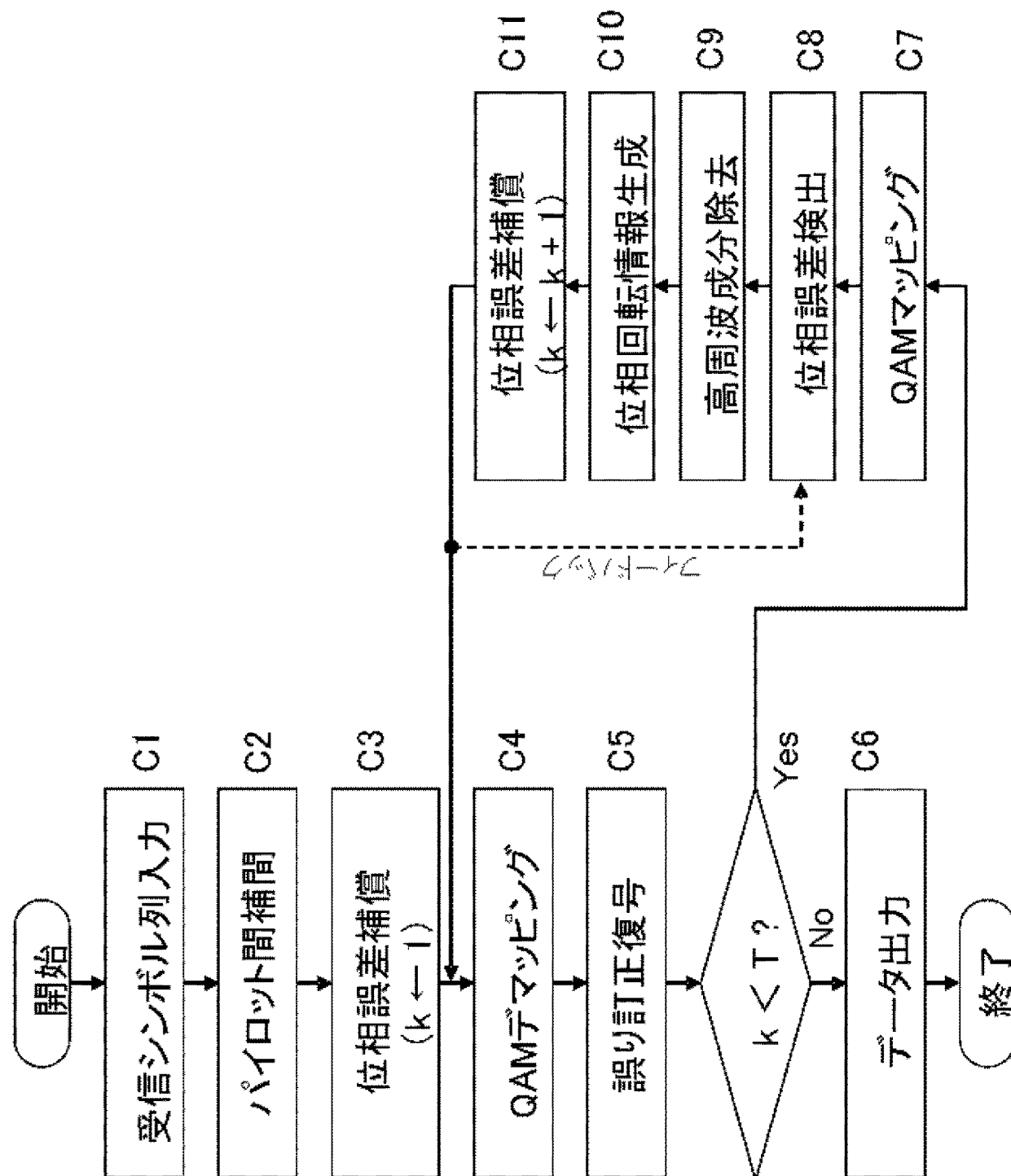
[図8]



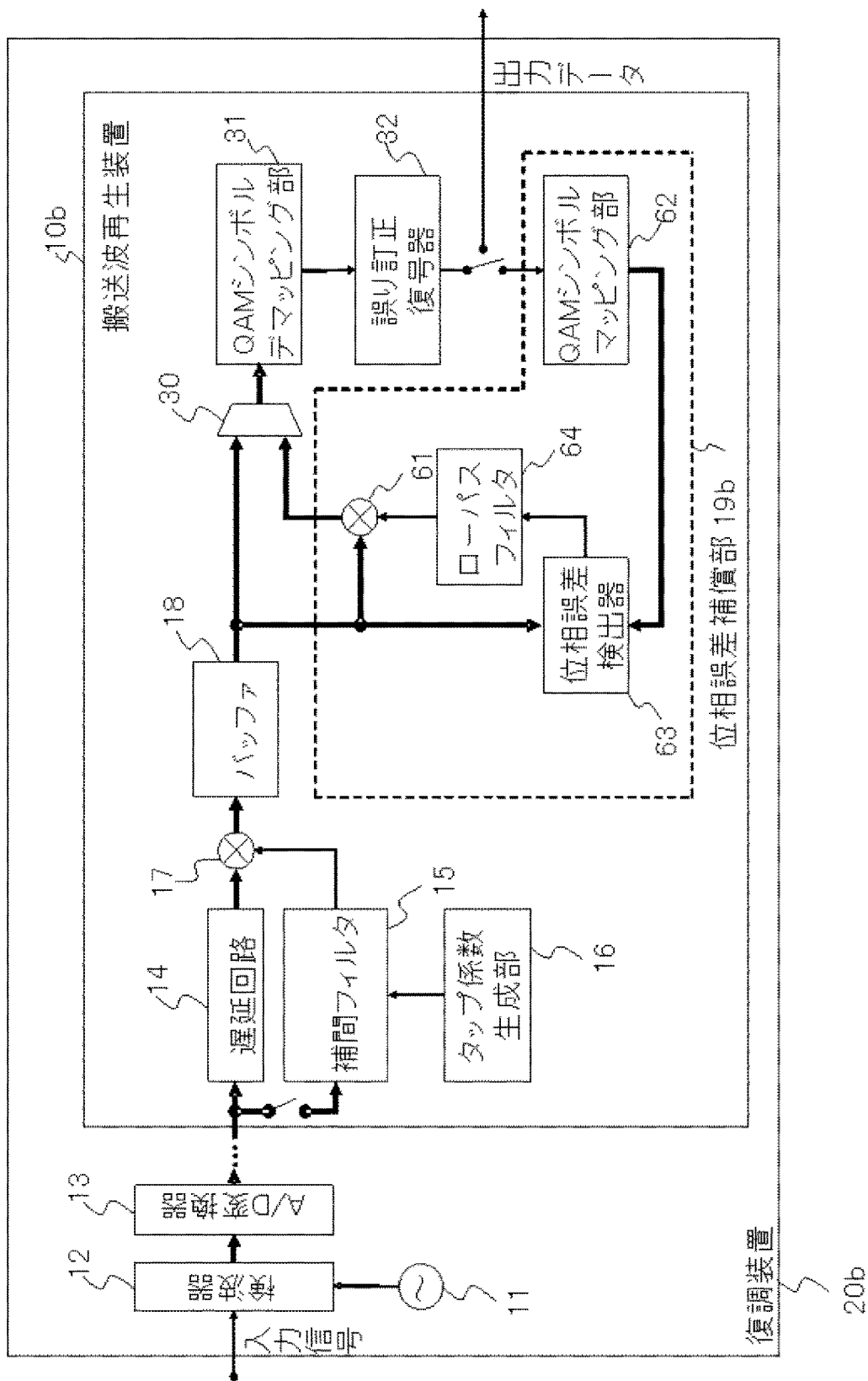
[図9]



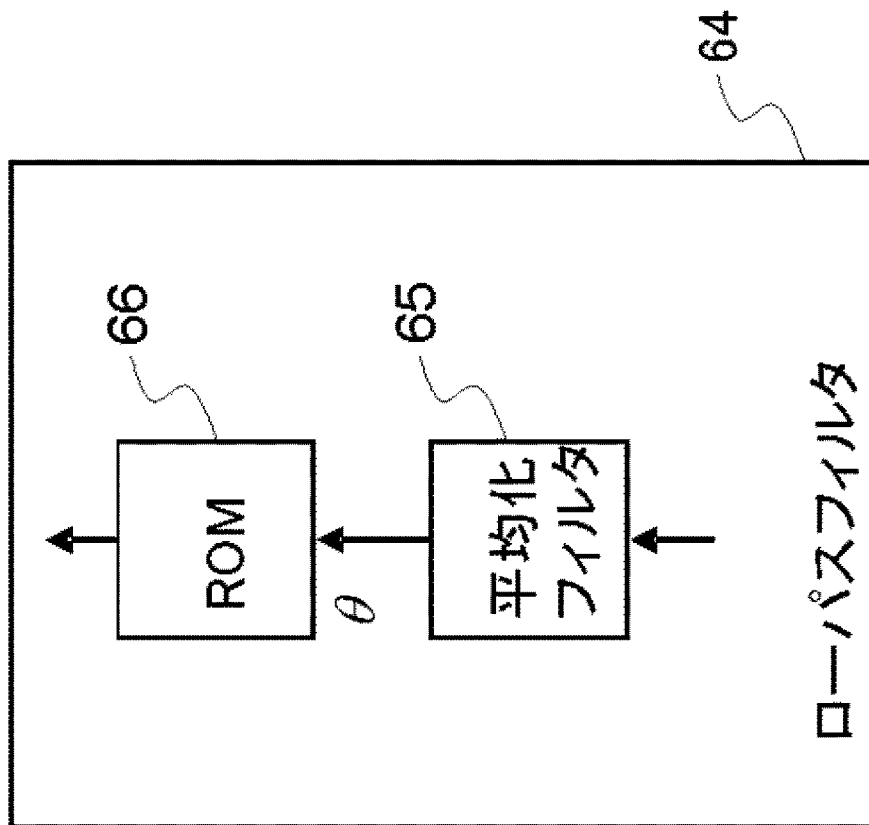
[図10]



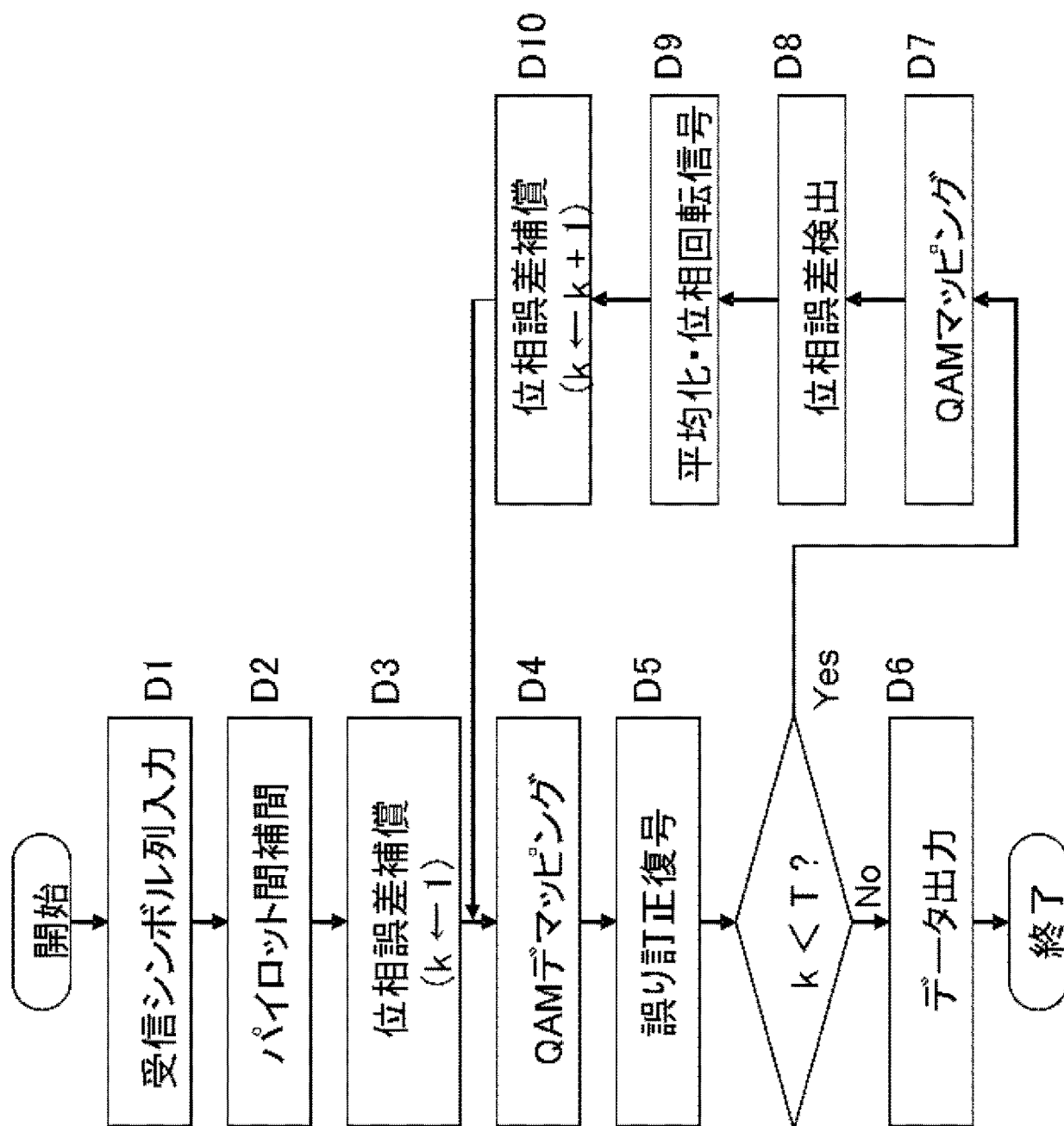
[図11]



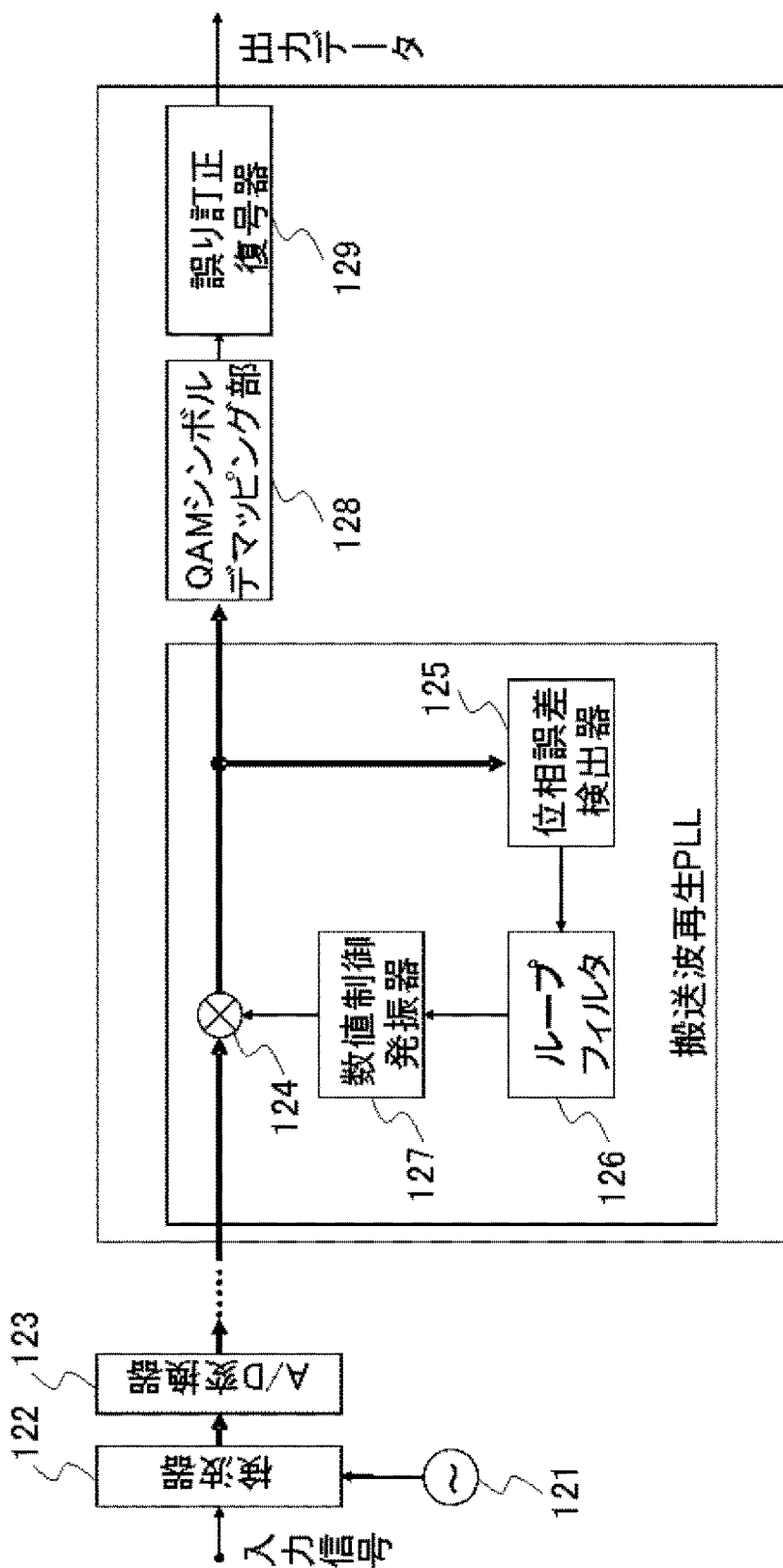
[図12]



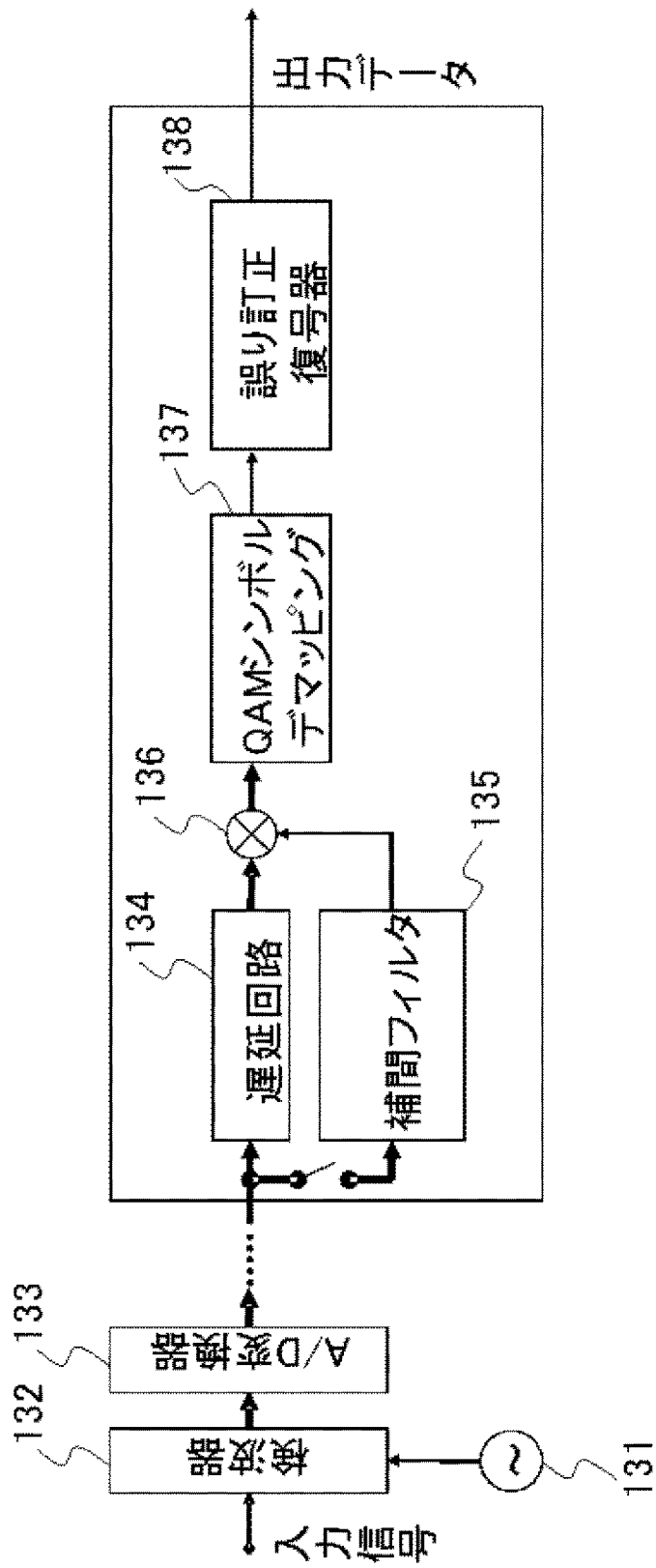
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061881

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L27/38 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L27/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-239545 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 15 October 2009 (15.10.2009), fig. 1; paragraph [0044] & WO 2009/119736 A1 & KR 10-2010-0126568 A & CN 101981842 A & TW 201014291 A	1-12
A	JP 8-191285 A (NTT Mobile Communications Network Inc.), 23 July 1996 (23.07.1996), abstract (Family: none)	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 June, 2013 (13.06.13)

Date of mailing of the international search report
25 June, 2013 (25.06.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061881

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96/00471 A1 (NTT Mobile Communications Network Inc.), 04 January 1996 (04.01.1996), abstract & US 5694388 A & EP 716520 A1 & DE 69533022 D & CN 1127051 A	1-12
A	Takashi ASAHARA et al., "A Study on Pilot Symbol Assisted Coherent Demodulation Method for Rician Fading Channels", IEICE Technical Report RCS Radio Communication Systems, vol.97, no.547, 1998.02, pages 77 to 84	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04L27/38(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04L27/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Xplore, CiNii

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-239545 A (パナソニック電工株式会社) 2009.10.15, 図1, 段落【0044】 & WO 2009/119736 A1 & KR 10-2010-0126568 A & CN 101981842 A & TW 201014291 A	1-12
A	JP 8-191285 A (エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社) 1996.07.23, 要約欄 (ファミリーなし)	1-12
A	WO 96/00471 A1 (エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社) 1996.01.04, 要約欄 & US 5694388 A & EP 716520 A1 & DE 69533022 D & CN 1127051 A	1-12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.06.2013

国際調査報告の発送日

25.06.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

彦田 克文

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

5K

9182

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	浅原 隆 他, パイロットシンボルを用いた耐ライスフェージング同期検波方式の一検討, 電子情報通信学会技術研究報告 RCS 無線通信システム, Vol.97, No.547, 1998.02, Pages 77-84	1-12