

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5572493号  
(P5572493)

(45) 発行日 平成26年8月13日(2014.8.13)

(24) 登録日 平成26年7月4日(2014.7.4)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 4 L 27/20 (2006.01) HO 4 L 27/20 Z  
 HO 4 L 27/22 (2006.01) HO 4 L 27/22 Z

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-204286 (P2010-204286)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成22年9月13日(2010.9.13)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2012-60569 (P2012-60569A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成24年3月22日(2012.3.22)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成25年2月6日(2013.2.6)		弁理士 鷺田 公一
		(72) 発明者	坂本 剛憲
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		審査官	彦田 克文
		(56) 参考文献	特開2008-022243 (JP, A)
			)
			特開2004-363757 (JP, A)
			)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置及び直交誤差補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の局部発振信号及び第2の局部発振信号を生成する局部発振信号生成手段と、  
 前記第1の局部発振信号を用いて直交変調し、変調信号を生成する直交変調手段と、  
 前記第2の局部発振信号を用いて前記変調信号を直交復調し、復調信号を生成する直交復調手段と、

前記直交変調手段で生じる第1の直交誤差を補正する第1の直交誤差補正手段と、  
 前記直交復調手段で生じる第2の直交誤差を補正する第2の直交誤差補正手段と、  
 前記復調信号の振幅に基づいて、前記第1又は第2の直交誤差を検出する直交誤差検出手段と、

前記直交誤差検出手段の検出結果に応じて、前記第1又は第2の直交誤差補正手段の設定値を制御する直交誤差補正制御手段と、

を具備し、

前記局部発振信号生成手段は、I Q平面上の原点を中心に受信信号点を回転させる回転手段を備え、

前記直交誤差検出手段は、

送信時の前記 I Q 平面上での信号点配置に応じて、前記復調信号を、送信時に I 軸上に配置された第1の分離信号と、送信時に Q 軸上に配置された第2の分離信号とに分離する分離手段と、

前記第1及び第2の分離信号の位相を調整する分離信号移相手段と、

位相調整後の前記第1の分離信号がI軸及びQ軸のそれぞれと交わる第1のゼロクロス点及び第2のゼロクロス点の各振幅と、位相調整後の前記第2の分離信号がI軸及びQ軸のそれぞれと交わる第3のゼロクロス点及び第4のゼロクロス点の各振幅を検出するゼロクロス検出手段と、

前記第1から第4のゼロクロス点の振幅を比較する比較手段と、を備え、

前記第1から第4のゼロクロス点の振幅の比較結果に基づいて、前記直交誤差を検出する、

通信装置。

【請求項2】

前記局部発振信号生成手段は、前記第1の局部発振信号の周波数と異なる周波数を有する前記第2の局部発振信号を生成し、

前記分離信号移相手段は、移相量を0度に設定し、

前記直交誤差補正制御手段は、前記第1のゼロクロス点の振幅と前記第2のゼロクロス点の振幅とが等しくなるか、または前記第3のゼロクロス点の振幅と前記第4のゼロクロス点の振幅とが等しくなるように、前記第2の直交誤差補正手段の設定値を制御する、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項3】

前記局部発振信号生成手段は、前記第1の局部発振信号の周波数と異なる周波数を有する前記第2の局部発振信号を生成し、

前記分離信号移相手段は、移相量を45度に設定し、

前記直交誤差補正制御手段は、前記第1のゼロクロス点の振幅と前記第2のゼロクロス点の振幅とが等しくなるか、または前記第3のゼロクロス点の振幅と前記第4のゼロクロス点の振幅とが等しくなるように、前記第2の直交誤差補正手段の設定値を制御する、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項4】

前記局部発振信号生成手段は、前記第1の局部発振信号の周波数と異なる周波数を有する前記第2の局部発振信号を生成し、

前記分離信号移相手段は、移相量を0度に設定し、

前記直交誤差補正制御手段は、前記第1のゼロクロス点の振幅と前記第3のゼロクロス点の振幅とが等しくなるか、または前記第2のゼロクロス点の振幅と前記第4のゼロクロス点の振幅とが等しくなるように、前記第1の直交誤差補正手段の設定値を制御する、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項5】

前記局部発振信号生成手段は、前記第1の局部発振信号の周波数に等しい周波数を有する前記第2の局部発振信号を生成し、

前記分離信号移相手段は、移相量を0度に設定し、

前記直交誤差補正制御手段は、前記第1の分離信号の虚部の値が0、前記第2の分離信号の実部の値が0になるように、前記第1の直交誤差補正手段の設定値を制御する、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項6】

前記回転手段は、前記第1の局部発振信号に周波数誤差を与えて前記第2の局部発振信号を生成する周波数オフセット部である、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項7】

前記回転手段は、前記第1の局部発振信号の位相を連続的に変化させて前記第2の局部発振信号を生成する移相手段である、

請求項1に記載の通信装置。

【請求項8】

直交変調部と、直交復調部と、前記直交変調部又は前記直交復調部における直交誤差を補正する直交誤差補正制御部とを具備する通信装置において、前記直交誤差を補正する直

10

20

30

40

50

交差補正方法であって、

第1の局部発振信号及び第2の局部発振信号を生成し、

前記第1の局部発振信号を用いて直交変調し、変調信号を生成し、

前記第2の局部発振信号を用いて前記変調信号を直交復調し、復調信号を生成し、

前記直交変調部で生じる第1の直交誤差を補正し、

前記直交復調部で生じる第2の直交誤差を補正し、

前記復調信号の振幅に基づいて、前記第1又は第2の直交誤差を検出し、

前記第1又は第2の直交誤差の検出結果に応じて、前記第1又は第2の直交誤差を補正する設定値を制御し、

前記直交誤差を検出する際に、

送信時のI-Q平面上での信号点配置に応じて、前記復調信号を、送信時にI軸上に配置された第1の分離信号と、送信時にQ軸上に配置された第2の分離信号とに分離し、

前記I-Q平面上の原点を中心に受信信号点を回転させ、

前記第1及び第2の分離信号の位相を調整し、

位相調整後の前記第1の分離信号がI軸及びQ軸のそれぞれと交わる第1のゼロクロス点及び第2のゼロクロス点の各振幅と、位相調整後の前記第2の分離信号がI軸及びQ軸のそれぞれと交わる第3のゼロクロス点及び第4のゼロクロス点の各振幅を検出し、

前記第1から第4のゼロクロス点の振幅を比較し、

前記第1から第4のゼロクロス点の振幅の比較結果に基づいて、前記直交誤差を検出する、

直交誤差補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直交変復調を行う通信機器の直交誤差を補正する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

直交変復調を用いる通信機器では、アナログ回路の不完全性により、直交変調器及び直交復調器において直交誤差が生じる場合がある。直交誤差には、IチャンネルとQチャンネルとで利得が異なる利得誤差と、IチャンネルとQチャンネルの位相差が90度でなくなる位相誤差の2種類の誤差がある。

【0003】

この直交誤差を抑えるために、アナログ回路の設計精度を上げる場合は、一般的に回路規模及び消費電力を増大させるため、実装面積に制限があり、バッテリー駆動する携帯端末での実現は困難である。そのため、携帯端末にはデジタル信号処理による直交誤差補正技術を適用するのが好ましい。

【0004】

直交誤差をデジタル信号処理により補正する従来技術としては、例えば特許文献1に記載された技術がある。特許文献1に記載の通信装置は、直交変調器と直交復調器に互いに位相の異なる局部発振信号を与える。これにより、前記通信装置は、信号点マッピングの位相回転依存性を利用して、直交変調器の直交誤差と直交復調器の直交誤差とを分離してそれぞれ個別に推定し、補正する。特許文献1には、直交変調器の直交誤差と直交復調器の直交誤差とを分離する方法として、デジタル信号処理により多次元非線形連立方程式を解く方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-22243号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、前記通信装置の場合、直交変調器の利得誤差・位相誤差、直交復調器の利得誤差・位相誤差、更に移相器の位相誤差の計5個の誤差パラメータが存在する。そのため、最低でも5次非線形連立方程式を解く必要があり、演算量が多いという課題がある。演算量の増加は、デジタル回路の回路規模、消費電力を増加させるため、前記通信装置を携帯端末に適用することは困難である。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、簡易な演算により、直交変調器の直交誤差と直交復調器の直交誤差とを分離して補正することができる通信装置及び直交誤差補正方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

10

## 【 0 0 0 8 】

本発明に係る通信装置の一つの態様は、第1の局部発振信号及び第2の局部発振信号を生成する局部発振信号生成手段と、前記第1の局部発振信号を用いて直交変調し、変調信号を生成する直交変調手段と、前記第2の局部発振信号を用いて前記変調信号を直交復調し、復調信号を生成する直交復調手段と、前記直交変調手段で生じる第1の直交誤差を補正する第1の直交誤差補正手段と、前記直交復調手段で生じる第2の直交誤差を補正する第2の直交誤差補正手段と、前記復調信号の振幅に基づいて、前記第1又は第2の直交誤差を検出する直交誤差検出手段と、前記直交誤差検出手段の検出結果に応じて、前記第1又は第2の直交誤差補正手段の設定値を制御する直交誤差補正制御手段と、を具備し、前記局部発振信号生成手段は、I Q平面上の原点を中心に受信信号点を回転させる回転手段を備え、前記直交誤差検出手段は、送信時の前記 I Q平面上での信号点配置に応じて、前記復調信号を、送信時に I 軸上に配置された第1の分離信号と、送信時に Q 軸上に配置された第2の分離信号とに分離する分離手段と、前記第1及び第2の分離信号の位相を調整する分離信号移相手段と、位相調整後の前記第1の分離信号が I 軸及び Q 軸のそれぞれと交わる第1のゼロクロス点及び第2のゼロクロス点の各振幅と、位相調整後の前記第2の分離信号が I 軸及び Q 軸のそれぞれと交わる第3のゼロクロス点及び第4のゼロクロス点の各振幅を検出するゼロクロス検出手段と、前記第1から第4のゼロクロス点の振幅を比較する比較手段と、を備え、前記第1から第4のゼロクロス点の振幅の比較結果に基づいて、前記直交誤差を検出する。

20

## 【 0 0 0 9 】

30

本発明に係る直交誤差補正方法の一つの態様は、直交変調部と、直交復調部と、前記直交変調部又は前記直交復調部における直交誤差を補正する直交誤差補正制御部とを具備する通信装置において、前記直交誤差を補正する直交誤差補正方法であって、第1の局部発振信号及び第2の局部発振信号を生成し、前記第1の局部発振信号を用いて直交変調し、変調信号を生成し、前記第2の局部発振信号を用いて前記変調信号を直交復調し、復調信号を生成し、前記直交変調部で生じる第1の直交誤差を補正し、前記直交復調部で生じる第2の直交誤差を補正し、前記復調信号の振幅に基づいて、前記第1又は第2の直交誤差を検出し、前記第1又は第2の直交誤差の検出結果に応じて、前記第1又は第2の直交誤差を補正する設定値を制御し、前記直交誤差を検出する際に、送信時の I Q平面上での信号点配置に応じて、前記復調信号を、送信時に I 軸上に配置された第1の分離信号と、送信時に Q 軸上に配置された第2の分離信号とに分離し、前記 I Q平面上の原点を中心に受信信号点を回転させ、前記第1及び第2の分離信号の位相を調整し、位相調整後の前記第1の分離信号が I 軸及び Q 軸のそれぞれと交わる第1のゼロクロス点及び第2のゼロクロス点の各振幅と、位相調整後の前記第2の分離信号が I 軸及び Q 軸のそれぞれと交わる第3のゼロクロス点及び第4のゼロクロス点の各振幅を検出し、前記第1から第4のゼロクロス点の振幅を比較し、前記第1から第4のゼロクロス点の振幅の比較結果に基づいて、前記直交誤差を検出する。

40

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 0 】

本発明によれば、簡易な演算により、直交変調器の直交誤差と直交復調器の直交誤差と

50

を分離して補正することができ、回路規模、消費電力を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】直交変調器及び直交復調器に直交誤差がない場合の受信信号点を示す図

【図2】図1の場合において直交変調器と直交復調器の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図3】直交変調器に位相誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図4】図3の場合において直交変調器と直交復調部の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図5】直交変調器に利得誤差がある場合の受信信号点を示す図

10

【図6】図5の場合において直交変調器と直交復調部の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図7】直交復調器に位相誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図8】図7の場合において直交変調器と直交復調部の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図9】直交復調器に利得誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図10】図9の場合において直交変調器と直交復調部の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図11】直交変調器、直交復調器に位相誤差、利得誤差がある場合の受信信号点を示す図

20

【図12】図11の場合において直交変調器と直交復調部の局部発振信号に周波数誤差がある場合の受信信号点を示す図

【図13】本実施の形態に係る通信装置の要部構成を示すブロック図

【図14】 $\pi/2$ シフトBPSK変調信号の信号点配置を示す図

【図15】デマルチプレクサによる分離前後の受信信号点を示す図

【図16】受信信号点とI軸、Q軸の交点（ゼロクロス点）の振幅を示す図

【図17】ゼロクロス点の検出方法の一例を示す図

【図18】直交誤差の補正処理を示すフローチャート

【図19】直交復調器の利得誤差補正後の受信信号点を示す図

【図20】図19の受信信号点を45度反時計回りに位相回転させた場合の図

30

【図21】直交復調器の位相誤差補正後の受信信号点を示す図

【図22】直交変調器の利得誤差の補正方法前後の受信信号点を示す図

【図23】直交変調器の位相誤差補正の一例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0012】

（原理）

先ず、実施の形態の具体的な構成及び動作を説明する前に、本発明者らが本願発明に至った着眼点について説明する。より具体的には、直交変調器の直交誤差、直交復調器の直交誤差、及び、直交変復調器の局部発振信号の周波数誤差が、IQ平面上の受信信号点に与える影響について説明する。なお、以下では、変調方式に $\pi/2$ シフトBPSK（Binary Phase Shift Keying）を用いた場合を例に挙げて説明する。

40

【0013】

図1は、直交変調器の直交誤差、直交復調器の直交誤差、及び、局部発振信号の周波数誤差が存在しない、理想的な受信信号点を示す。この場合の受信信号点は、全ての信号点が等振幅でI軸上又はQ軸上に配置される。

【0014】

図2は、直交変復調器の局部発振信号に周波数誤差を加えた場合の受信信号点を示す。ここで、周波数誤差とは、直交変調器に用いる局部発振信号と直交復調器に用いる局部発振信号との周波数成分の差である。直交変復調器の局部発振信号に周波数誤差が存在すると、直交復調器のIQ平面に対して直交変調器のIQ平面が回転する。そのため、受信信

50

号点は、図 2 に示すように、I Q 平面の原点を中心に回転し円状の軌跡を描く。

【 0 0 1 5 】

図 3 は、直交変調器に位相誤差のみを与えた場合の受信信号点を示す。直交変調器に位相誤差が存在すると、I チャネル ( I 軸方向の信号成分 ) と Q チャネル ( Q 軸方向の信号成分 ) との位相差が 9 0 度からずれた状態で信号が送信される。そのため、受信信号点は、図 3 に示すように、I 軸及び Q 軸からずれた位置に観測される。

【 0 0 1 6 】

図 4 は、直交変調器に位相誤差を与え、さらに、局部発振信号に周波数誤差を与えた場合の受信信号を示す。この場合、受信信号点は、図 4 に示すように、軌跡を描く。直交変調器に位相誤差があっても、I Q 平面の原点から送信信号の各信号点までの距離は等しい。すなわち、半径が等しいので、受信信号点は、図 2 と同様に円状の軌跡を描く。

10

【 0 0 1 7 】

図 5 は、直交変調器に利得誤差のみを与えた場合の受信信号点を示す。図 5 は、I チャネルの利得が Q チャネルの利得よりも大きい場合の例を示している。

【 0 0 1 8 】

図 6 は、直交変調器に利得誤差のみを与え、さらに、局部発振信号に周波数誤差を与えた場合の受信信号を示す。この場合、受信信号点は、図 6 に示すように、半径の異なる 2 重円の軌跡を描くようになる。これは I チャネルと Q チャネルの利得、すなわち I 軸上の信号点が描く軌跡と Q 軸上の信号点が描く軌跡の半径が異なるためである。図 6 では、半径の大きい円が I チャネルの軌跡であり、半径が小さい円が Q チャネルの軌跡である。

20

【 0 0 1 9 】

図 7 は、直交復調器に位相誤差のみを与えた場合の受信信号点を示す。この場合も、直交復調器の I チャネルと Q チャネルの位相差が 9 0 度からずれるため、受信信号点が I 軸及び Q 軸からずれた位置に観測される。

【 0 0 2 0 】

図 8 は、直交復調器に位相誤差を与え、さらに、局部発振信号に周波数誤差を与えた場合の受信信号を示す。この場合、受信信号点は、図 8 に示すように、楕円を描くようになる。図 4 の場合と同様に、I Q 平面の原点を中心に受信信号点が回転し、更に、位相誤差の影響で受信信号点が描く軌跡は楕円状になる。このとき、楕円は、その長軸及び短軸が、I 軸及び Q 軸に対して所定の角度 ( 4 5 度 ) だけ傾く。位相誤差の影響で受信信号点が描く楕円の長軸及び短軸が、I 軸及び Q 軸に対して傾く角度は、位相誤差に依らず一定 ( 4 5 度 ) となることが知られている。

30

【 0 0 2 1 】

図 9 は、直交復調器に利得誤差のみを与えた場合の受信信号点を示す。図 9 は、I チャネルの利得が Q チャネルの利得よりも大きい場合の例を示している。

【 0 0 2 2 】

図 1 0 は、直交復調器に利得誤差を与え、さらに局部発振信号に周波数誤差を与えた場合の受信信号を示す。この場合、受信信号点は、図 1 0 に示すように、楕円を描くようになる。ただし、受信信号点の描く軌跡は、図 6 の場合と異なり 2 重円にはならず、1 重の楕円状になる。また、楕円の長軸及び短軸は、I 軸及び Q 軸と一致する。

40

【 0 0 2 3 】

図 1 1 は、直交変復調器に位相誤差及び利得誤差を与えた場合の受信信号点を示す。

【 0 0 2 4 】

図 1 2 は、直交変復調器に位相誤差及び利得誤差を与え、さらに局部発振信号に周波数誤差を与えた場合の受信信号点を示す。この場合、受信信号点の軌跡は、図 1 2 に示すように、2 重楕円状になり、また、楕円の長軸及び短軸は、I 軸及び Q 軸に対して傾いている。なお、楕円の長軸及び短軸が I 軸及び Q 軸に対して傾く角度は、I 方向と Q 方向との利得誤差に応じて、4 5 度を中心に利得誤差に応じて増減する。

【 0 0 2 5 】

これら直交変復調器の位相誤差及び利得誤差は、復調信号に全て合成される。しかし、

50

図 1 から図 1 2 を用いて説明したように、直交変調器と直交復調器の局部発振信号に周波数誤差が存在するか否かにより、直交変調器の位相誤差、利得誤差、直交復調器の位相誤差、利得誤差が受信信号点に与える影響が異なる。本発明者らは、直交変調器と直交復調器の局部発振信号の周波数誤差の有無が受信信号点に与える影響に着目し、これら特性を利用して、直交変復調器の位相誤差、利得誤差を分離して個別に補正することが可能となることを見出した。

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

(実施の形態)

図 1 3 は、本実施の形態に係る通信装置の要部構成を示すブロック図である。図 1 3 に示す通信装置 3 0 0 は、I / Q マッピング部 1 1 0、送信直交誤差補正部 (Tx IQ Imbalance Correction) 1 2 0、D A C (Digital to Analog Converter) 1 3 1, 1 3 2、直交変調部 1 4 0、カプラ 1 5 0、送信アンテナ 1 6 0、局部発振信号生成部 3 1 0、受信アンテナ 2 1 0、スイッチ 2 2 0、直交復調部 2 3 0、A D C (Analog to Digital Converter) 2 4 1, 2 4 2、受信直交誤差補正部 2 5 0、直交誤差検出部 3 2 0、及び、利得制御部 3 3 0 を有する。

【 0 0 2 8 】

I / Q マッピング部 1 1 0、送信直交誤差補正部 1 2 0、D A C 1 3 1, 1 3 2、及び、直交変調部 1 4 0 は、通信装置 3 0 0 の送信回路 1 0 0 を構成する。また、直交復調部 2 3 0、A D C 2 4 1, 2 4 2、及び、受信直交誤差補正部 (Rx IQ Imbalance Correction) 2 5 0 は、通信装置 3 0 0 の受信回路 2 0 0 を構成する。

【 0 0 2 9 】

I / Q マッピング部 1 1 0 は、入力データ  $D_{tx}$  を所定のデジタル変調方式に従って I Q 平面上に配置し、I チャネルの直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  及び Q チャネルの直交ベースバンド信号  $D_{tx\_q0}$  として出力する。本実施の形態では、I / Q マッピング部 1 1 0 は、デジタル変調方式として  $\pi/2$  シフト B P S K を用いるものとする。 $\pi/2$  シフト B P S K では、変調信号が 1 シンボルおきに I 軸上、Q 軸上と交互に配置される。本実施の形態では、I / Q マッピング部 1 1 0 は、図 1 4 に示すように、偶数番目の変調信号を I 軸上にマッピングし、奇数番目の変調信号を Q 軸上にマッピングするものとする。I / Q マッピング部 1 1 0 は、上記のように I Q 平面上にマッピングした直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  及び  $D_{tx\_q0}$  を、送信直交誤差補正部 1 2 0 に出力する。

【 0 0 3 0 】

送信直交誤差補正部 1 2 0 は、可変利得増幅部 1 2 1, 1 2 2, 1 2 3, 1 2 4、及び、加算器 1 2 5, 1 2 6 を有し、後述の直交変調部 1 4 0 で発生する直交誤差を補正する。

【 0 0 3 1 】

可変利得増幅部 1 2 1, 1 2 2 は、直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  を増幅する。可変利得増幅部 1 2 1 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  を信号  $D_{tx\_i1}$  として加算器 1 2 5 に出力する。可変利得増幅部 1 2 2 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  を信号  $D_{tx\_i12}$  として加算器 1 2 6 に出力する。

【 0 0 3 2 】

可変利得増幅部 1 2 3, 1 2 4 は、直交ベースバンド信号  $D_{tx\_q0}$  を増幅する。可変利得増幅部 1 2 3 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{tx\_q0}$  を信号  $D_{tx\_q1}$  として加算器 1 2 5 に出力する。可変利得増幅部 1 2 4 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{tx\_q0}$  を信号  $D_{tx\_q11}$  として加算器 1 2 6 に出力する。

【 0 0 3 3 】

なお、可変利得増幅部 1 2 1, 1 2 2, 1 2 3, 1 2 4 の利得は、後述の利得制御部 3 3 0 により制御される。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

加算器 125 は、信号  $D_{tx\_i11}$  と信号  $D_{tx\_q12}$  とを加算し、加算後の信号を信号  $D_{tx\_i2}$  として、DAC131 に出力する。

【0035】

加算器 126 は、信号  $D_{tx\_i12}$  と信号  $D_{tx\_q11}$  とを加算し、加算後の信号を信号  $D_{tx\_q2}$  として、DAC132 に出力する。

【0036】

このようにして、送信直交誤差補正部 120 は、直交ベースバンド信号  $D_{tx\_i0}$  及び  $D_{tx\_q0}$  を増幅し、増幅した信号を加算することにより、送信直交誤差補正部 120 は、直交変調部 140 で発生する直交誤差を補正する。なお、送信直交誤差補正部 120 における具体的な直交誤差補正方法については後述する。

【0037】

DAC131, 132 は、信号  $D_{tx\_i2}$ ,  $D_{tx\_q2}$  をアナログ信号  $D_{tx\_i3}$ ,  $D_{tx\_q3}$  に変換する。DAC131, 132 は、アナログ信号  $D_{tx\_i3}$ ,  $D_{tx\_q3}$  を、直交変調部 140 に出力する。

【0038】

局部発振信号生成部 310 は、局部発振器 311 及び周波数オフセット部 312 を有する。

【0039】

局部発振器 311 は、局部発振信号  $C_{tx}$ ,  $C_{rx}$  を生成し、局部発振信号  $C_{tx}$  を直交変調部 140 の移相器 143 に出力し、局部発振信号  $C_{rx}$  を周波数オフセット部 312 に出力する。

【0040】

周波数オフセット部 312 は、局部発振器 311 により生成される局部発振信号  $C_{tx}$  又は  $C_{rx}$  のうち、いずれか一方の周波数を調整する。図 13 には、周波数オフセット部 312 が、局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数を調整する構成例が示されている。

【0041】

具体的には、周波数オフセット部 312 は、補正モード信号が示す補正モードに応じて、局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数を調整する。ここで、補正モード信号は、[1] 直交復調部 230 の利得誤差を補正するモード、[2] 直交復調部の位相誤差を補正するモード、[3] 直交変調部 140 の利得誤差を補正するモード、又は、[4] 直交変調部 140 の位相誤差を補正するモードを示す信号である。

【0042】

周波数オフセット部 312 は、補正モード信号が、上記 [1]、[2] 又は [3] を示す場合、局部発振信号  $C_{rx}$  に周波数誤差を与え、局部発振信号  $C_{tx}$ 、 $C_{rx}$  の周波数をずらす。一方、周波数オフセット部 312 は、補正モード信号が、上記 [4] を示す場合、局部発振信号  $C_{rx}$  に周波数誤差を与えず、周波数が同一の局部発振信号  $C_{tx}$ 、 $C_{rx}$  を生成する。

【0043】

このようにして、周波数オフセット部 312 は、補正モード信号に応じて、局部発振信号  $C_{tx}$ ,  $C_{rx}$  を生成し、局部発振信号  $C_{tx}$  を直交変調部 140 の移相器 143 に出力し、局部発振信号  $C_{rx}$  を直交復調部 230 の移相器 233 に出力する。

【0044】

直交変調部 140 は、ミキサ 141, 142、移相器 143、及び、加算器 144 を備え、直交変調を行う。

【0045】

移相器 143 は、局部発振信号  $C_{tx}$  を入力とし、局部発振信号  $C_{tx}$  を局部発振信号  $C_{tx\_i}$  としてミキサ 141 に出力する。また、移相器 143 は、局部発振信号  $C_{tx}$  と位相が  $90^\circ$  ( $/2$ ) 異なる局部発振信号  $C_{tx\_q}$  を生成し、局部発振信号  $C_{tx\_q}$  をミキサ 142 に出力する。

【0046】

10

20

30

40

50

ミキサ141は、直交ベースバンド信号 $D_{tx\_i3}$ と局部発振信号 $C_{tx\_i}$ とを乗算し、乗算後の信号 $D_{tx\_i4}$ を加算器144に出力する。

【0047】

ミキサ142は、直交ベースバンド信号 $D_{tx\_q3}$ と局部発振信号 $C_{tx\_q}$ とを乗算し、乗算後の信号 $D_{tx\_q4}$ を加算器144に出力する。

【0048】

加算器144は、ミキサ141, 142の出力である信号 $D_{tx\_i4}$ と $D_{tx\_q4}$ とを加算して、直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ を生成する。

【0049】

このようにして、直交変調部140は、直交変調を行う。このとき、移相器143の不完全性、ミキサ141, 142の個体ばらつき、IチャネルとQチャネルの経路長が異なる等の理由により、直交変調部140において直交誤差が生じる。本実施の形態では、この直交誤差が送信直交誤差補正部120により補正される。

【0050】

直交変調部140で生成された直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ は、送信アンテナ160を介して図示せぬ通信相手の通信装置に送信される。

【0051】

カプラ150は、直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ を抜き取り、通信装置300のスイッチ220に出力する。

【0052】

スイッチ220は、受信アンテナ210を介して受信した受信信号 $D_{rx\_RF}$ 、又は、カプラ150から抜き取った直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ のうち、動作モード指示信号に応じて、いずれか一方を直交復調部230に出力する信号として選択する。動作モード指示信号は、動作モードが通信モード又はフィードバックモードであることを示す信号である。通信モードは、通信装置300が図示せぬ通信装置と通信を行うモードであり、フィードバックモードは、通信装置300が直交誤差補正を行うモードである。

【0053】

具体的には、スイッチ220は、動作モードが通信モードの場合、受信アンテナ210から得られる受信信号 $D_{rx\_RF}$ を選択し、動作モードがフィードバックモードの場合、カプラ150から抜き取った直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ を選択する。このように、スイッチ220は、動作モードが通信モード又はフィードバックモードを示す動作モード指示信号に応じて、受信回路200で復調する対象となる信号を切り替える。以後スイッチ220の出力信号を受信信号 $D_{rx}$ と表記する。

【0054】

直交復調部230は、ミキサ231, 232、及び、移相器233を備え、直交復調を行う。

【0055】

移相器233は、局部発振信号 $C_{rx}$ を入力とし、局部発振信号 $C_{rx\_i}$ としてミキサ231に出力する。また、移相器233は、局部発振信号 $C_{rx\_i}$ と位相が $90^\circ$  ( $/2$ )異なる局部発振信号 $C_{rx\_q}$ を生成し、局部発振信号 $C_{rx\_q}$ をミキサ232に出力する。

【0056】

ミキサ231, 232は、スイッチ220から出力される受信信号 $D_{rx}$ と局部発振信号 $C_{rx\_i}$ ,  $C_{rx\_q}$ とを掛け合わせることで直交復調を行う。ここで、受信信号 $D_{rx}$ は、アンテナ210を介して受信した受信信号 $D_{rx\_RF}$ 、又は、カプラ150から抜き取った直交変調信号 $D_{tx\_RF}$ である。受信信号 $D_{rx}$ は、スイッチ220により選択される。

【0057】

このようにして、直交復調部230は、直交復調を行い、復調信号として受信信号 $D_{rx}$ からIチャネルの直交ベースバンド信号 $D_{rx\_i0}$ 及びQチャネルの直交ベースバン

10

20

30

40

50

ド信号  $D_{rx\_q0}$  を得る。局部発振信号  $C_{rx\_i}$  と  $C_{rx\_q}$  の位相は互いに  $90^\circ$  異っており、それは移相器 233 で実現される。このとき、移相器 233 の不完全性、ミキサ 231, 232 の個体ばらつき、IチャネルとQチャネルの経路長が異なる等の理由により、直交復調部 230 でも直交誤差が生じる。本実施の形態では、この直交誤差が後述する受信直交誤差補正部 250 により補正される。

【0058】

ADC 241, 242 は、それぞれ直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i0}$  及び  $D_{rx\_q0}$  を所定のサンプリングレートでサンプリングし、デジタル信号  $D_{rx\_i1}$  及び  $D_{rx\_q1}$  へ変換する。本実施の形態では、サンプリングレートは入力信号のシンボルレートに等しいものとする。

10

【0059】

受信直交誤差補正部 250 は、可変利得増幅部 251, 252, 253, 254、及び、加算器 255, 256 を有し、直交復調部 230 の直交誤差を補正する。

【0060】

可変利得増幅部 251, 252 は、直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i1}$  を増幅する。可変利得増幅部 251 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i1}$  を信号  $D_{rx\_i2_1}$  として加算器 255 に出力する。可変利得増幅部 252 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i1}$  を信号  $D_{rx\_i2_2}$  として加算器 256 に出力する。

【0061】

可変利得増幅部 253, 254 は、直交ベースバンド信号  $D_{rx\_q1}$  を増幅する。可変利得増幅部 253 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{rx\_q1}$  を信号  $D_{rx\_q2_2}$  として加算器 255 に出力する。可変利得増幅部 254 は、増幅後の直交ベースバンド信号  $D_{rx\_q1}$  を信号  $D_{rx\_q2_1}$  として加算器 256 に出力する。

20

【0062】

なお、可変利得増幅部 251, 252, 253, 254 の利得は、後述の利得制御部 330 により制御される。

【0063】

加算器 255 は、信号  $D_{rx\_i2_1}$  と信号  $D_{rx\_q2_2}$  とを加算し、加算後の信号を信号  $D_{rx\_i3}$  として、直交誤差検出部 320 に出力する。

【0064】

加算器 256 は、信号  $D_{rx\_i2_2}$  と信号  $D_{rx\_q2_1}$  とを加算し、加算後の信号を信号  $D_{rx\_q3}$  として、直交誤差検出部 320 に出力する。

30

【0065】

このようにして、受信直交誤差補正部 250 は、直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i1}$ 、 $D_{rx\_q1}$  を増幅し、増幅した信号を加算することにより、直交復調部 230 で発生する直交誤差を補正する。なお、受信直交誤差補正部 250 における具体的な直交誤差補正方法については後述する。

【0066】

直交誤差検出部 320 は、デマルチプレクサ 321, 322、移相器 323, 324、ゼロクロス検出部 325, 326、及び、比較部 327 を備え、直交変調部 140 及び直交復調部 230 で発生する直交誤差を検出する。

40

【0067】

デマルチプレクサ 321 は、直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i3}$  を偶数番目の信号  $D_{rx\_i4_e}$  と、奇数番目の信号  $D_{rx\_i4_o}$  に振り分ける。そして、デマルチプレクサ 321 は、偶数番目の信号  $D_{rx\_i4_e}$  を移相器 323 に出力し、奇数番目の信号  $D_{rx\_i4_o}$  を移相器 324 に出力する。

【0068】

デマルチプレクサ 322 は、直交ベースバンド信号  $D_{rx\_q3}$  を偶数番目の信号  $D_{rx\_q4_e}$  と、奇数番目の信号  $D_{rx\_q4_o}$  に振り分ける。そして、デマルチプレクサ 322 は、偶数番目の信号  $D_{rx\_q4_e}$  を移相器 323 に出力し、奇数番目の信号  $D_{rx\_q4_o}$  を移相器 324 に出力する。

50

$x\_q4_o$  を移相器 324 に出力する。

【0069】

図15Aは、デマルチプレクサ321, 322に入力される直交ベースバンド信号  $D_{rx\_i3}$ ,  $D_{rx\_q3}$  が描く軌跡を示す。また、図15Bは、デマルチプレクサ321, 322により振り分けられた偶数番目の信号  $D_{rx\_i4_e}$ ,  $D_{rx\_q4_e}$  が描く軌跡を示す。また、図15Cは、デマルチプレクサ321, 322により振り分けられた奇数番目の信号  $D_{rx\_i4_o}$ ,  $D_{rx\_q4_o}$  が描く軌跡を示す。

【0070】

本実施の形態では、送信回路100のI/Qマッピング部110において、偶数番目の信号はI軸上にマッピングされ、奇数番目の信号はQ軸上にマッピングされている。すなわち、デマルチプレクサ321, 322における処理は、送信時にI軸上にマッピングされた信号に対する受信信号と、送信時にQ軸上にマッピングされた信号に対する受信信号とを振り分けることと等価である。このような処理によって、デマルチプレクサ321, 322は、図15に示すように、2重楕円状の受信信号点を2つの楕円に分離することができる。

【0071】

移相器323, 324は、デマルチプレクサ321, 322により分離された2つの直交ベースバンド信号の位相を、補正モード信号が示す補正モードに応じて調整する。本実施の形態では、一例として、移相器323, 324の移相量は、補正モードに応じて、0度又は45度に制御されるとする。ここで、45度は、位相誤差の影響で受信信号点が描く楕円の長軸及び短軸が、I軸及びQ軸に対して傾く角度である。補正モードと制御される移相量との対応関係については、後述する。

【0072】

移相器323は、信号  $D_{rx\_i4_e}$ ,  $D_{rx\_q4_e}$  の位相を制御し、信号  $D_{rx\_i5_e}$ ,  $D_{rx\_q5_e}$  としてゼロクロス検出部325に出力する。

【0073】

移相器324は、信号  $D_{rx\_i4_o}$ ,  $D_{rx\_q4_o}$  の位相を制御し、信号  $D_{rx\_i5_o}$ ,  $D_{rx\_q5_o}$  としてゼロクロス検出部326に出力する。

【0074】

ゼロクロス検出部325は、信号  $D_{rx\_i5_e}$ ,  $D_{rx\_q5_e}$  が描く軌跡とI軸が交わる交点であるゼロクロス点の振幅  $A_{even}$  と、信号  $D_{rx\_i5_e}$ ,  $D_{rx\_q5_e}$  が描く軌跡とQ軸が交わる交点であるゼロクロス点の振幅  $B_{even}$  を検出する。

【0075】

同様に、ゼロクロス検出部326は、信号  $D_{rx\_i5_o}$ ,  $D_{rx\_q5_o}$  が描く軌跡とI軸が交わる交点であるゼロクロス点の振幅  $A_{odd}$  と、信号  $D_{rx\_i5_o}$ ,  $D_{rx\_q5_o}$  が描く軌跡とQ軸が交わる交点であるゼロクロス点の振幅  $B_{odd}$  を検出する。

【0076】

図16は、信号  $D_{rx\_i5_e}$ ,  $D_{rx\_q5_e}$  (又は、信号  $D_{rx\_i5_o}$ ,  $D_{rx\_q5_o}$ ) が描く軌跡、及び、振幅  $A_{even}$ ,  $B_{even}$  (又は、振幅  $A_{odd}$ ,  $B_{odd}$ ) の一例を示す。

【0077】

ゼロクロス検出部325は、検出した振幅  $A_{even}$ ,  $B_{even}$  を比較部327に出力する。また、ゼロクロス検出部326は、検出した振幅  $A_{odd}$ ,  $B_{odd}$  を比較部327に出力する。

【0078】

比較部327は、振幅  $A_{even}$ ,  $A_{odd}$ ,  $B_{even}$ ,  $B_{odd}$ 、及び0のうち、2つの振幅を比較する。具体的には、比較部327は、補正モードを示す補正モード信号に応じて、比較対象となる振幅のペアを選択する。各補正モードにおける比較対象については、後述する。比較部327は、選択したペアに含まれる振幅の比較結果  $Comp$  を利得制御部330に出力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

利得制御部 3 3 0 は、比較部 3 2 7 の比較結果  $Comp$  に応じて、送信直交誤差補正部 1 2 0 の可変利得増幅部 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 , 1 2 4 の利得、及び、受信直交誤差補正部 2 5 0 の可変利得増幅部 2 5 1 , 2 5 2 , 2 5 3 , 2 5 4 の利得を制御する。利得制御部 3 3 0 における制御方法については、後述する。

## 【 0 0 8 0 】

次に、上述のように構成された通信装置 3 0 0 の直交誤差を補正する動作の詳細について説明する。本実施の形態に係る通信装置 3 0 0 は、直交変調部 1 4 0 で発生する直交誤差と、直交復調部 2 3 0 で発生する直交誤差とを分離して個別に補正する。

## 【 0 0 8 1 】

図 1 8 は、直交誤差の補正処理を示すフローチャートである。図において、 $ST$  はフローの各ステップを示す。

## 【 0 0 8 2 】

$ST 1 1 0$  :

まず、周波数オフセット部 3 1 2 は、局部発振信号  $C_{rx}$  に周波数誤差を与える。すなわち、局部発振信号生成部 3 1 0 は、局部発振信号  $C_{tx}$  の周波数と局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数とを互いに異なる周波数に設定する。このとき、与える周波数誤差量は、 $0 Hz$  以外であればよい。また、スイッチ 2 2 0 は、カプラ 1 5 0 で抜き取った直交変調信号  $D_{tx\_RF}$  が通信装置 3 0 0 の受信回路 2 0 0 に流れるように、経路を切り替える。

## 【 0 0 8 3 】

[ 1 ] 直交復調部 2 3 0 の利得誤差補正

$ST 1 2 0$  :

移相器 3 2 3 , 3 2 4 は、移相量を 0 度に設定する。ゼロクロス検出部 3 2 5 , 3 2 6 は、受信信号点の軌跡と  $I$  軸及び  $Q$  軸との交点であるゼロクロス点の振幅  $A_{even}$  ,  $A_{odd}$  及び  $B_{even}$  ,  $B_{odd}$  を検出する。なお、交点の検出方法は特に限定されず、ゼロクロス検出部 3 2 5 は、例えば、 $D_{rx\_qse} = 0$  となる信号点を検出し、信号点の  $I$  成分を振幅  $A_{even}$  として検出してもよい。もしくは、ゼロクロス検出部 3 2 5 , 3 2 6 は、図 1 7 に示す網掛け領域のように、 $IQ$  領域に予めゼロクロス領域を設けておき、各ゼロクロス領域に含まれる受信信号点の軌跡の平均振幅を、ゼロクロス点振幅として検出してもよい。

## 【 0 0 8 4 】

$ST 1 3 0$  :

比較部 3 2 7 は、 $A_{even}$  と  $B_{even}$  とを比較する。又は、比較部 3 2 7 は、 $A_{odd}$  と  $B_{odd}$  とを比較する。そして、比較部 3 2 7 の比較結果  $Comp$  が、 $A_{even} = B_{even}$  (又は、 $A_{odd} = B_{odd}$ ) となるように、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 2 5 1 , 2 5 4 の利得を制御する。

## 【 0 0 8 5 】

図 1 9 は、利得制御部 3 3 0 により、可変利得増幅部 2 5 1 , 2 5 4 の利得が、 $A_{even} = B_{even}$  (又は、 $A_{odd} = B_{odd}$ ) となるように制御された場合の受信信号点の軌跡を示す。

## 【 0 0 8 6 】

本実施の形態において、利得制御部 3 3 0 における制御方法は、特に限定されない。例えば、比較結果  $Comp$  が  $A_{even} > B_{even}$  を示す場合、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 2 5 1 の利得制御量を  $-3 dB$  に設定し、可変利得増幅部 2 5 4 の利得制御量を  $+3 dB$  に設定するようにしてもよい。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、 $I$  チャンネルと  $Q$  チャンネルとで反対の利得制御を行ってもよい。もしくは、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 2 5 4 の利得を固定し、可変利得増幅部 2 5 1 の利得だけを制御するようにしてもよい。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、 $I$  ,  $Q$  チャンネルのうち一方のチャンネルの可変利得増幅部の利得を固定し、他方のチャンネルの可変利得増幅部の利得のみを制御するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 7 】

このようにして、利得制御部 3 3 0 は、直交復調部 2 3 0 の利得誤差を補正する。

## 【 0 0 8 8 】

[ 2 ] 直交復調部 2 3 0 の位相誤差補正

ST 1 4 0 :

移相器 3 2 3 , 3 2 4 は、移相量を 4 5 度に設定する。ここで、4 5 度は、位相誤差の影響で受信信号点が描く楕円の長軸及び短軸が、I 軸及び Q 軸に対して傾く角度である。

## 【 0 0 8 9 】

そして、ST 1 2 0 と同様に、ゼロクロス検出部 3 2 5 , 3 2 6 は、受信信号点の軌跡と I 軸及び Q 軸との交点であるゼロクロス点の振幅  $A_{even}$  ,  $A_{odd}$  及び  $B_{even}$  ,  $B_{odd}$  を検出する。

10

## 【 0 0 9 0 】

図 2 0 は、信号  $D_{rx\_ise}$  ,  $D_{rx\_qse}$  (又は、信号  $D_{rx\_iso}$  ,  $D_{rx\_qso}$ ) が描く軌跡、及び、振幅  $A_{even}$  ,  $B_{even}$  (又は、振幅  $A_{odd}$  ,  $B_{odd}$ ) の一例を示す。なお、ST 1 4 0 において、移相器 3 2 3 , 3 2 4 の移相量が 4 5 度に設定されたため、図 2 0 の軌跡は、図 1 9 の軌跡を 4 5 度回転させた関係にある。

## 【 0 0 9 1 】

ST 1 5 0 :

比較部 3 2 7 は、 $A_{even}$  と  $B_{even}$  とを比較する。又は、比較部 3 2 7 は、 $A_{odd}$  と  $B_{odd}$  とを比較する。そして、比較部 3 2 7 の比較結果  $Comp$  が、 $A_{even} = B_{even}$  (又は、 $A_{odd} = B_{odd}$ ) となるように、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 2 5 2 , 2 5 3 の利得を制御する。

20

## 【 0 0 9 2 】

図 2 1 は、利得制御部 3 3 0 により、可変利得増幅部 2 5 2 , 2 5 3 の利得が、 $A_{even} = B_{even}$  (又は、 $A_{odd} = B_{odd}$ ) となるように制御された場合の受信信号点の軌跡を示す。

## 【 0 0 9 3 】

本実施の形態において、利得制御部 3 3 0 における制御方法は、特に限定されるものではない。例えば、比較結果  $Comp$  が  $A_{even} > B_{even}$  を示す場合、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 2 5 2 の利得制御量を + 1 dB に設定し、可変利得増幅部 2 5 3 の利得制御量も + 1 dB に設定するようにするとよい。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、I チャネルと Q チャネルとで同じ利得制御を行ってもよい。

30

## 【 0 0 9 4 】

このようにして、利得制御部 3 3 0 は、直交復調部 2 3 0 の位相誤差を補正する。

## 【 0 0 9 5 】

[ 3 ] 直交変調部 1 4 0 の利得誤差補正

ST 1 6 0 :

移相器 3 2 3 , 3 2 4 は、移相量を再び 0 度に設定する。そして、ステップ 2 と同様に、ゼロクロス検出部 3 2 5 , 3 2 6 は、受信信号点の軌跡と I 軸及び Q 軸との交点であるゼロクロス点の振幅  $A_{even}$  ,  $A_{odd}$  及び  $B_{even}$  ,  $B_{odd}$  を検出する。

40

## 【 0 0 9 6 】

ST 1 7 0 :

比較部 3 2 7 は、 $A_{even}$  と  $A_{odd}$  とを比較する。又は、比較部 3 2 7 は、 $B_{even}$  と  $B_{odd}$  とを比較する。そして、利得制御部 3 3 0 は、比較部 3 2 7 の比較結果  $Comp$  が  $A_{even} = A_{odd}$  (又は、 $B_{even} = B_{odd}$ ) となるように、可変利得増幅部 1 2 1 , 1 2 4 の利得を制御する。

## 【 0 0 9 7 】

図 2 2 A は、可変利得増幅部 1 2 1 , 1 2 4 の利得が制御される前の受信信号点の軌跡を示す。図 2 2 B は、可変利得増幅部 1 2 1 , 1 2 4 の利得が制御された後の受信信号点の軌跡を示す。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、図 2 2 B に示すように、分離した 2 つの

50

円の半径が等しくなるように、可変利得増幅部 1 2 1 , 1 2 4 の利得を制御する。

【 0 0 9 8 】

本実施の形態において、利得制御部 3 3 0 における制御方法は限定されない。例えば、比較結果  $Comp$  が  $A_{even} > A_{odd}$  を示す場合、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 1 2 1 の利得制御量を  $-3\text{ dB}$  に設定し、可変利得増幅部 1 2 4 の利得制御量を  $+3\text{ dB}$  に設定するようにしてもよい。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、IチャネルとQチャネルとで反対の利得制御を行ってもよい。もしくは、利得制御部 3 3 0 は、可変利得増幅部 1 2 4 の利得を固定し、可変利得増幅部 2 5 1 の利得だけを制御するようにしてもよい。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、I, Qチャネルのうち一方のチャネルの可変利得増幅部の利得を固定し、他方のチャネルの可変利得増幅部の利得のみを制御するようにしてもよい。

10

【 0 0 9 9 】

このようにして、利得制御部 3 3 0 は、直交変調部 1 4 0 の利得誤差を補正する。

【 0 1 0 0 】

[ 4 ] 直交変調部 1 4 0 の位相誤差補正

ST 1 8 0 :

周波数オフセット部 3 1 2 は、周波数誤差を  $0\text{ Hz}$  に設定する。すなわち、局部発振信号生成部 3 1 0 は、周波数が等しい局部発振信号  $C_{tx}$ ,  $C_{rx}$  を生成する。周波数オフセット量が  $0\text{ Hz}$  に設定され、直交変調部 1 4 0 に用いられる局部発振信号  $C_{tx}$  と、直交復調部 2 3 0 に用いられる局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数が一致すると、受信信号点の回転が止まる。ただし、この時点では、まだ直交変調部 1 4 0 の直交位相誤差は補正されていない。そのため、受信信号点はI軸及びQ軸からずれた位置に観測される。

20

【 0 1 0 1 】

図 2 3 は、局部発振信号  $C_{tx}$  の周波数と局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数とが等しく設定された場合の受信信号点の様子を示す。図 2 3 において、信号点  $S 1 1$ ,  $S 1 3$  は、送信側でI軸上にマッピングされた偶数番目の変調信号に対する受信信号点である。また、図 2 3 において、信号点  $S 1 2$ ,  $S 1 4$  は、送信側でQ軸上にマッピングされた奇数番目の変調信号に対する受信信号点である。ここで、信号点  $S 1 1$ ,  $S 1 3$  の座標は、 $(D_{rx\_ise}, D_{rx\_qse})$  である。また、信号点  $S 1 2$ ,  $S 1 4$  の座標は、 $(D_{rx\_iso}, D_{rx\_qso})$  である。

30

【 0 1 0 2 】

ST 1 8 0 では、ゼロクロス検出部 3 2 5, 3 2 6 は、特に処理は行わずに、信号  $D_{rx\_ise}$ ,  $D_{rx\_qse}$ ,  $D_{rx\_iso}$ ,  $D_{rx\_qso}$  をそのまま比較部 3 2 7 に出力する。

【 0 1 0 3 】

ST 1 9 0 :

比較部 3 2 7 は、 $D_{rx\_qse}$  と 0 とを比較する。更に、比較部 3 2 7 は、 $D_{rx\_iso}$  と 0 とを比較する。そして、利得制御部 3 3 0 は、比較部 3 2 7 の比較結果  $Comp$  が  $D_{rx\_qse} = 0$ 、かつ、 $D_{rx\_iso} = 0$  となるように、可変利得増幅部 1 2 2, 1 2 3 の利得を制御する。すなわち、利得制御部 3 3 0 は、 $S 1 1$ ,  $S 1 3$  の虚部が 0 ( $D_{rx\_qse} = 0$ ) となるように、かつ、 $S 1 2$ ,  $S 1 4$  の実部が 0 ( $D_{rx\_iso} = 0$ ) となるように、可変利得増幅部 1 2 2, 1 2 3 の利得を制御する。

40

【 0 1 0 4 】

利得制御部 3 3 0 は、 $D_{rx\_qse} = 0$  となるように、可変利得増幅部 1 2 2 の利得を制御することにより、信号点  $S 1 1$ ,  $S 1 3$  は図 2 3 の矢印の方向に補正される。また、利得制御部 3 3 0 は、 $D_{rx\_iso} = 0$  となるように、可変利得増幅部 1 2 3 の利得を制御することにより、信号点  $S 1 2$ ,  $S 1 4$  は図 2 3 の矢印の方向に補正される。

【 0 1 0 5 】

このようにして、利得制御部 3 3 0 は、直交変調部 1 4 0 の位相誤差を補正する。

【 0 1 0 6 】

50

以上のようにして、通信装置 300 は、[ 1 ] 直交復調部 230 の利得誤差補正、[ 2 ] 直交復調部 230 の位相誤差補正、[ 3 ] 直交変調部 140 の利得誤差補正、[ 4 ] 直交変調部 140 の位相誤差補正を行う。

#### 【 0107 】

なお、通信装置 300 は、[ 1 ] ~ [ 4 ] の誤差補正の全てを行わずに、一部の誤差補正のみを行うようにしてもよい。例えば、[ 1 ] 直交復調部 230 の利得誤差補正のみを行う場合には、通信装置 300 は、ST110、ST120 及び ST130 を行えばよい。また、[ 2 ] 直交復調部 230 の位相誤差補正のみを行う場合には、通信装置 300 は、ST110、ST140 及び ST150 を行えばよい。また、[ 3 ] 直交変調部 140 の利得誤差補正のみを行う場合には、通信装置 300 は、ST110、ST160 及び ST170 を行えばよい。また、[ 4 ] 直交変調部 140 の位相誤差補正のみを行う場合には、通信装置 300 は、ST180 及び ST190 を行えばよい。

10

#### 【 0108 】

以上のように、本実施の形態に係る通信装置 300 において、直交誤差検出部 320 は、復調信号の振幅に基づいて、直交変調部 140 の直交誤差及び直交復調部 230 の直交誤差を個別に検出する。これにより、通信装置 300 は、送信回路 100 の直交誤差と受信回路 200 の直交誤差とを分離し個別に補正することができる。このように、通信装置 300 は、受信信号が I 軸、Q 軸と交わるゼロクロス点の振幅値を比較するという簡易な方法により、直交誤差を補正することができる。そのため、小型、低消費電力での実現が可能となる。

20

#### 【 0109 】

なお、以上の説明では、周波数オフセット部 312 が、局部発振信号  $C_{rx}$  に周波数誤差を与えることで、局部発振信号  $C_{tx}$  の周波数と局部発振信号  $C_{rx}$  の周波数とをずらし、受信信号点を回転させる構成とした。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、局部発振信号生成部 310 が、周波数オフセット部 312 に代えて、移相器を備え、移相器が局部発振信号  $C_{rx}$  の位相を絶えず変化させることで受信信号点を回転させる構成としてもよい。

#### 【 0110 】

また、以上の説明では、変調方式に  $\pi/2$  シフト BPSK を用いる場合について説明したが、変調方式はこれに限らない。変調方式が  $\pi/2$  シフト BPSK 以外の場合には、I/Q マッピング部 110 が、送信時の I/Q 平面上での信号点配置、すなわち、変調信号を I 軸上又は Q 軸上に配置したパターンに応じて、デマルチプレクサ 321、322 が、復調信号を振り分ければよい。具体的には、デマルチプレクサ 321、322 が、前記パターンに応じて、送信時に I 軸上に配置された信号（第 1 の分離信号）と、送信時に Q 軸上に配置された信号（第 2 の分離信号）とに分離すればよい。

30

#### 【 0111 】

また、送信直交誤差補正部 120、受信直交誤差補正部 250 の構成は、特に限定されるものではない。本実施の形態では、直交変調部 140 の利得誤差、位相誤差、直交復調部 230 の利得誤差、位相誤差をそれぞれ個別に補正することができる。送信直交誤差補正部 120、受信直交誤差補正部 250 は、これら検出された誤差が補正できる構成であればよい。例えば、直交変調部 140 の利得誤差のみを補正すればよい場合には、送信直交誤差補正部 120 は、可変利得増幅部 121、124 を有していればよい。

40

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0112 】

本発明に係る通信装置及び直交誤差補正方法は、受信信号が I 軸、Q 軸と交わるゼロクロス点の振幅値を比較するという簡易な方法により、直交誤差を補正することができる。そのため小型、低消費電力での実現が可能であり、携帯端末のような回路の実装面積に限りがありバッテリー駆動するような通信機器等において直交誤差補正を行う場合に有用である。

#### 【 符号の説明 】

50

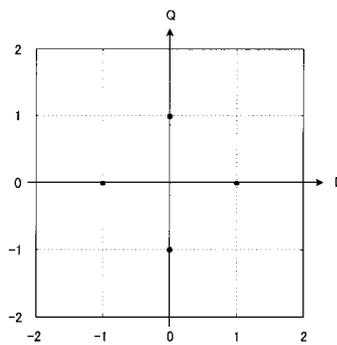
【 0 1 1 3 】

- 1 0 0 送信回路
- 1 1 0 I / Q マッピング部
- 1 2 0 送信直交誤差補正部
- 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 , 1 2 4 , 2 5 1 , 2 5 2 , 2 5 3 , 2 5 4 可変利得増幅部
- 1 2 5 , 1 2 6 , 1 4 4 , 2 5 5 , 2 5 6 加算器
- 1 3 1 , 1 3 2 D A C
- 1 4 0 直交変調部
- 1 4 1 , 1 4 2 , 2 3 1 , 2 3 2 ミキサ
- 1 4 3 , 2 3 3 , 3 2 3 , 3 2 4 移相器
- 1 5 0 カプラ
- 1 6 0 送信アンテナ
- 2 0 0 受信回路
- 2 1 0 受信アンテナ
- 2 2 0 スイッチ
- 2 3 0 直交復調部
- 2 4 1 , 2 4 2 A D C
- 2 5 0 受信直交誤差補正部
- 3 0 0 通信装置
- 3 1 0 局部発振信号生成部
- 3 2 0 直交誤差検出部
- 3 2 1 , 3 2 2 デマルチプレクサ
- 3 2 5 , 3 2 6 ゼロクロス検出部
- 3 2 7 比較部
- 3 3 0 利得制御部

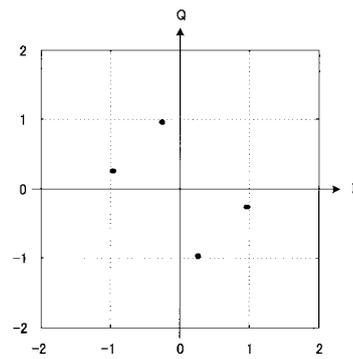
10

20

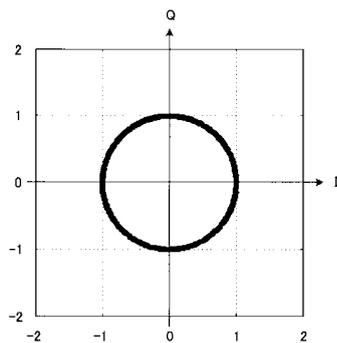
【 図 1 】



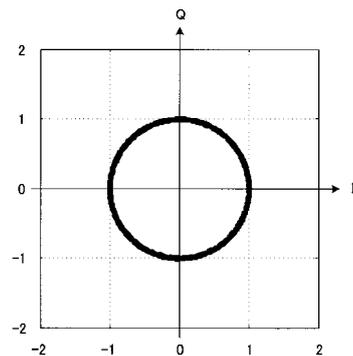
【 図 3 】



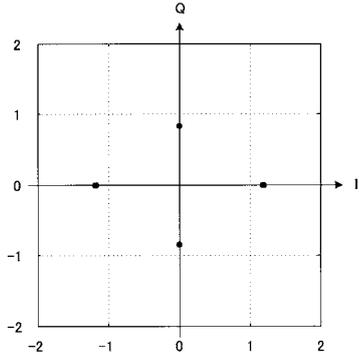
【 図 2 】



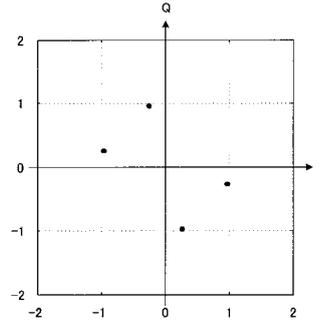
【 図 4 】



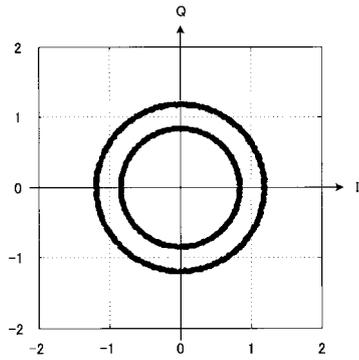
【 図 5 】



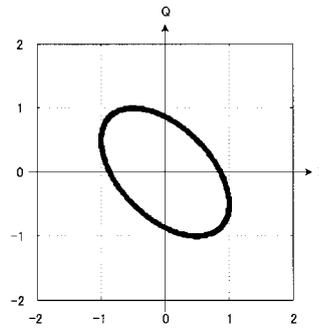
【 図 7 】



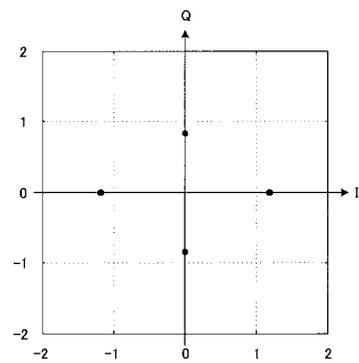
【 図 6 】



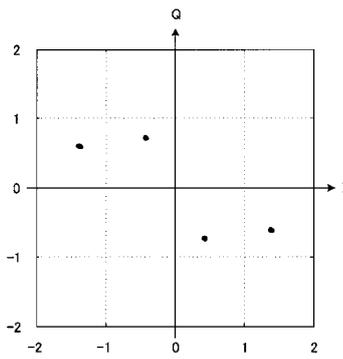
【 図 8 】



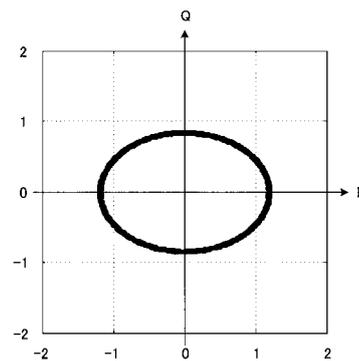
【 図 9 】



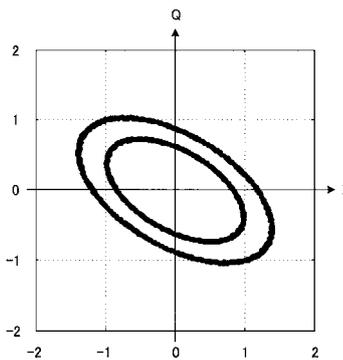
【 図 1 1 】



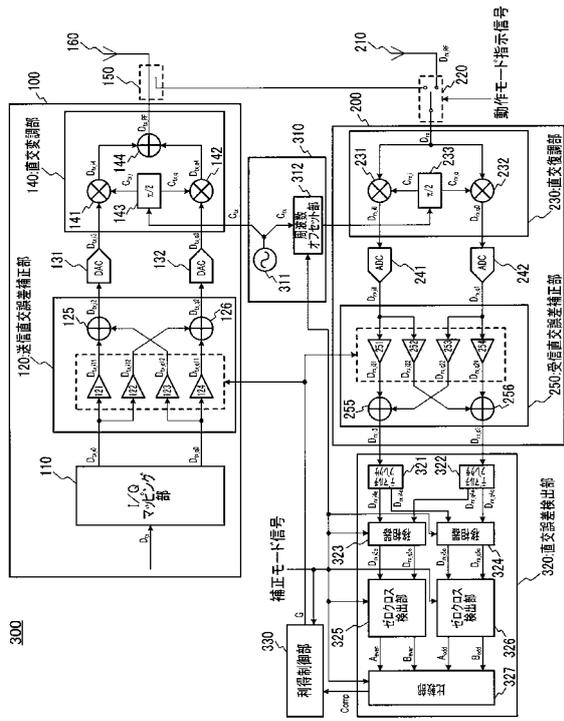
【 図 1 0 】



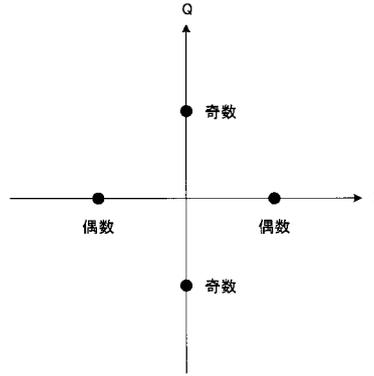
【 図 1 2 】



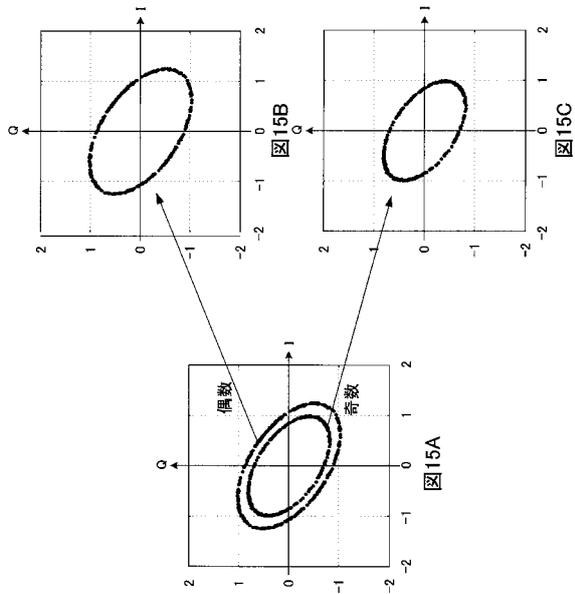
【図13】



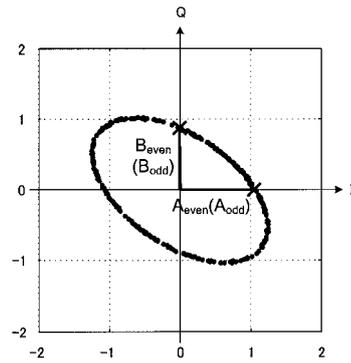
【図14】



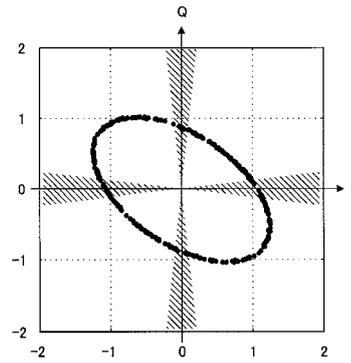
【図15】



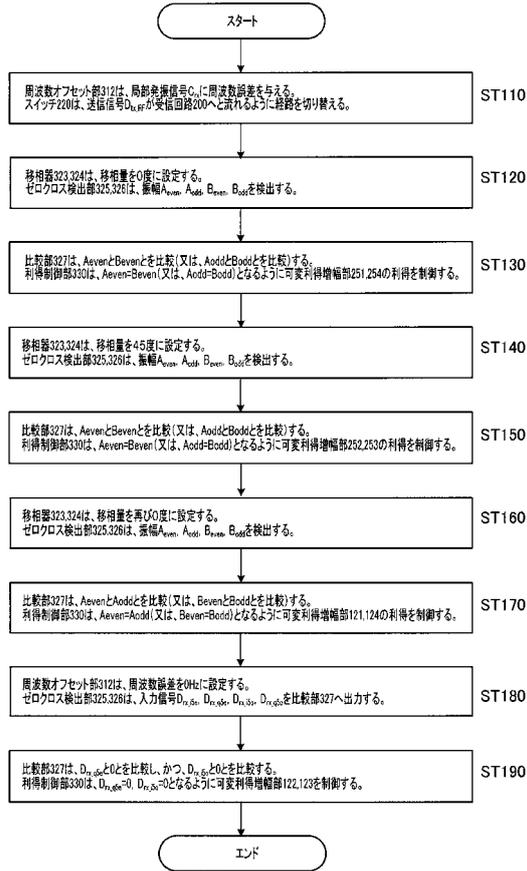
【図16】



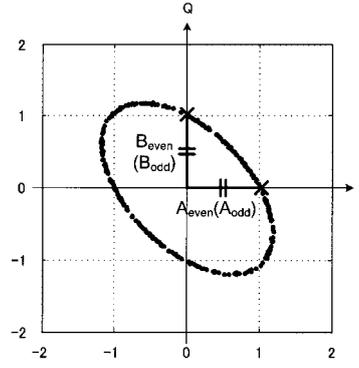
【図17】



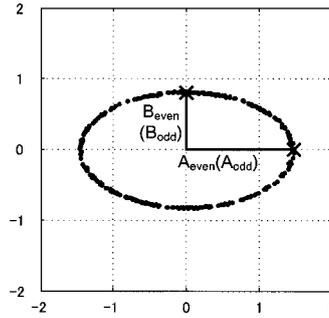
【図18】



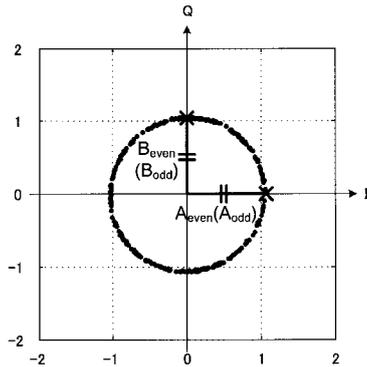
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

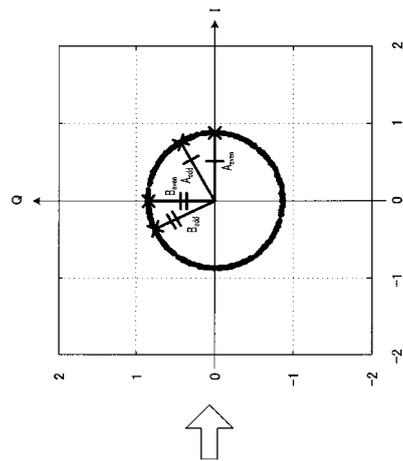


図22B

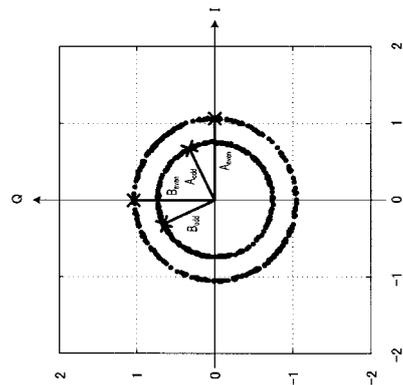
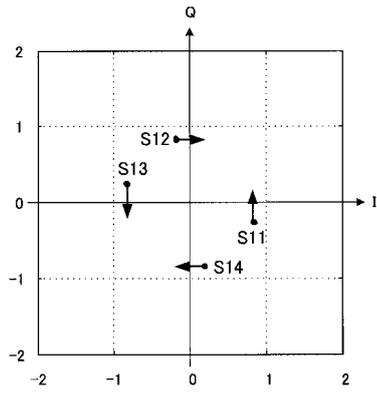


図22A

【 図 2 3 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H04L 27/20

H04L 27/22