

(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2017-28362
(P2017-28362A)

(43) 公開日 平成29年2月2日(2017.2.2)

(51) Int.Cl.
H04B 1/408 (2015.01)

F I
H04B 1/408

テーマコード(参考)
5K011

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-142058 (P2015-142058)
(22) 出願日 平成27年7月16日 (2015.7.16)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(74) 代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100116001
弁理士 森 俊秀
(72) 発明者 山田 貴之
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 加保 貴奈
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
本電信電話株式会社内

最終頁に続く

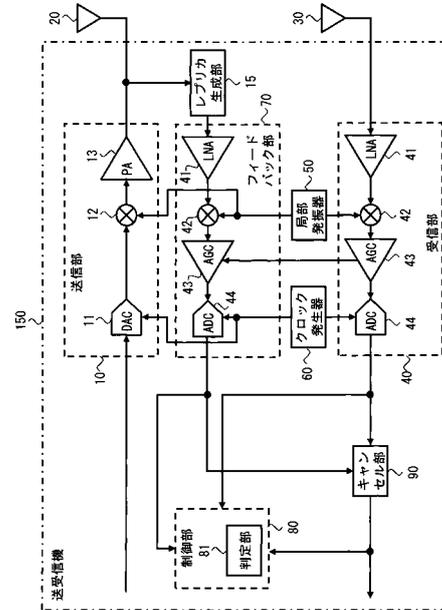
(54) 【発明の名称】 送受信機

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 回り込み自干渉信号がランダム性のある時変動を受ける場合でも、自干渉信号の除去性能が向上できる送受信機を提供する。

【解決手段】 同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機150であって、送受信機が送信する送信信号を用いて送信信号のレプリカ信号を生成するレプリカ生成部15と、フィードバック信号を生成するフィードバック部70と、回り込み自干渉信号の到来した時刻を、受信信号を用いて検出する検出部と、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の差分情報を求め、求めた差分情報と検出された時刻とを用いてレプリカ生成部を制御する制御部80と、検出された時刻に基づいて、フィードバック信号を用い受信信号から回り込み自干渉信号を除去するキャンセル部90と、受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残留成分と閾値とを比較し、受信信号から回り込み自干渉信号が除去されたかを判定する判定部81とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機であって、

前記送受信機が送信する送信信号を用いて前記送信信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第 1 生成部と、

前記送受信機が受信する受信信号に対して実行する受信処理を、前記送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成するフィードバック部と、

前記受信信号に含まれる信号のうち自装置の前記送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を、前記受信信号を用いて検出する検出部と、

前記フィードバック信号と前記回り込み自干渉信号とを比較し、前記フィードバック信号と前記回り込み自干渉信号との間の振幅および位相の差を示す差分情報を求め、求めた差分情報と検出された前記時刻とを用いて前記第 1 生成部を制御する制御部と、

検出された前記時刻に基づいて、前記フィードバック信号を前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号として用いて前記受信信号から前記回り込み自干渉信号を除去するキャンセル部と、

前記回り込み自干渉信号が除去された前記受信信号に残留する前記回り込み自干渉信号の残留成分と閾値とを比較し、前記キャンセル部から出力される前記受信信号から前記回り込み自干渉信号が除去されたか否かを判定する判定部と

を備えることを特徴とする送受信機。

【請求項 2】

前記第 1 生成部は、検出された前記時刻に基づくタイミングで、前記差分情報を用いて前記送信信号のレプリカ信号から前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成し、

前記キャンセル部は、前記第 1 生成部により生成された前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて前記受信信号から前記回り込み自干渉信号を除去する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の送受信機。

【請求項 3】

前記差分情報を用いて前記送信信号のレプリカ信号から前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する少なくとも 1 以上の第 2 生成部を備え、

前記検出部は、前記受信信号に含まれる前記回り込み自干渉信号の到来した前記時刻を前記第 2 生成部の数に応じて検出し、

前記制御部は、検出された前記時刻に基づくタイミングで、前記第 2 生成部に前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成させ、

前記キャンセル部は、前記第 2 生成部により生成された前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて前記受信信号から前記回り込み自干渉信号を除去する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の送受信機。

【請求項 4】

前記送信信号の時変動成分を抽出する抽出部を備え、

前記第 1 生成部は、抽出した前記時変動成分を用いて前記送信信号のレプリカ信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の送受信機。

【請求項 5】

同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機であって、

前記送受信機が送信する送信信号を用いて前記送信信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第 1 生成部と、

前記送受信機が受信する受信信号に対して実行する受信処理のうち一部の処理が除外された処理を、前記送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成するフィードバック部と、

前記送受信機が受信する受信信号の時変動成分のうち、除外された前記一部の処理に対応する時変動成分を抽出する抽出部と、

前記受信信号に含まれる信号のうち自装置の前記送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を、前記受信信号を用いて検出する検出部と、

10

20

30

40

50

前記フィードバック信号と抽出した前記時変動成分と検出した前記時刻とを用いて、参照信号を生成する第2生成部と、

前記参照信号と前記回り込み自干渉信号とを比較し、前記参照信号と前記回り込み自干渉信号との間の振幅および位相の差を示す差分情報を求め、求めた前記差分情報を用いて前記参照信号から前記回り込み自干渉信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第3生成部と、

検出された前記時刻に基づいて、前記回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて前記受信信号から前記回り込み自干渉信号を除去するキャンセル部と、

前記回り込み自干渉信号が除去された前記受信信号に残留する前記回り込み自干渉信号の残留成分と閾値とを比較し、前記キャンセル部から出力される前記受信信号から前記回り込み自干渉信号が除去されたか否かを判定する判定部と

を備えることを特徴とする送受信機。

【請求項6】

前記送信信号の時変動成分を抽出する抽出部を備え、

前記第1生成部は、抽出した前記時変動成分を用いて前記送信信号のレプリカ信号を生成することを特徴とする請求項5に記載の送受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話や無線LANなどの無線通信システムの発展に伴い、周波数需要が増大しており、周波数利用効率の向上を図るため、同一周波数を用いて同時送受信を行う技術が提案されている。

【0003】

当該技術では、受信アンテナが、非常に電力が高く回り込んだ送信信号（以下、回り込み自干渉信号とも称される）を受信するため、回り込み自干渉信号を高い精度で除去する必要がある。例えば、既知の送信信号を用いて、回り込み自干渉信号のタイミング、振幅、位相を推定し、送信信号を送受信機内で分岐させ、回り込み自干渉信号とタイミングを合わせる遅延器と、同一レベルに調整する減衰器と、位相を合わせる移相器と、合波器とを用いて逆相合成し、回り込み自干渉信号を除去する技術が提案されている（例えば、非特許文献1、2参照）。

【0004】

また、既知の送信信号を用いて、回り込み自干渉信号のタイミングやチャネル特性を推定し、同一構成の送信処理部を別途用意してプリディストーション技術により回り込み自干渉信号を生成し、逆相合成することで回り込み自干渉信号を除去する技術が提案されている（例えば、非特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】D. Korpi, et. al., "Widely Linear Digital Self-Interference Cancellation in Direct-Conversion Full-Duplex Transceiver", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.32, no.9, pp.1674-1687, Sept. 2014

【非特許文献2】V. Syrjala, et. al., "Analysis of oscillator phase-noise effects on self-interference cancellation in full-duplex OFDM radio transceivers", IEEE Transactions on Wireless Communications, vol.13, no.6, pp.2977-2990, June 2014

【非特許文献3】R. Askar, et. al., "Active self-interference cancellation mechanism for full-duplex wireless transceivers", 9th International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM) 2014. pp.53

10

20

30

40

50

9-544, June 2014

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、非特許文献1、2では、タイミング、振幅および位相を高精度に設定する必要があるが、回り込み自干渉信号が送受信回路内でランダム性のある時変動を受けた場合、推定誤差が大きくなり回り込み自干渉信号の残留成分が重畳されたままとなるという問題がある。

【0007】

また、非特許文献3では、プリディストーション技術を用いて回り込み自干渉信号を生成するため、パラメータ推定した時刻とキャンセル処理を行う時刻の間に時間差があり、推定後に時変動を受けると誤差が大きくなるという問題がある。

【0008】

本発明は、回り込み自干渉信号が送受信機内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成でき、除去性能の向上を図ることができる送受信機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の発明は、同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機であって、送受信機が送信する送信信号を用いて送信信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第1生成部と、送受信機が受信する受信信号に対して実行する受信処理を、送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成するフィードバック部と、受信信号に含まれる信号のうち自装置の送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を、受信信号を用いて検出する検出部と、フィードバック信号と回り込み自干渉信号とを比較し、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の振幅および位相の差を示す差分情報を求め、求めた差分情報と検出された時刻とを用いて第1生成部を制御する制御部と、検出された時刻に基づいて、フィードバック信号を回り込み自干渉信号のレプリカ信号として用いて受信信号から回り込み自干渉信号を除去するキャンセル部と、回り込み自干渉信号が除去された受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残留成分と閾値とを比較し、キャンセル部から出力される受信信号から回り込み自干渉信号が除去されたか否かを判定する判定部とを備えることを特徴とする。

【0010】

第2の発明は、第1生成部は、検出された時刻に基づくタイミングで、差分情報を用いて送信信号のレプリカ信号から回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成し、キャンセル部は、第1生成部により生成された回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて受信信号から回り込み自干渉信号を除去することを特徴とする。

【0011】

第3の発明は、差分情報を用いて送信信号のレプリカ信号から回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する少なくとも1以上の第2生成部を備え、検出部は、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号の到来した時刻を第2生成部の数に応じて検出し、制御部は、検出された時刻に基づくタイミングで、第2生成部に回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成させ、キャンセル部は、第2生成部により生成された回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて受信信号から回り込み自干渉信号を除去することを特徴とする。

【0012】

第4の発明は、送信信号の時変動成分を抽出する抽出部を備え、第1生成部は、抽出した時変動成分を用いて送信信号のレプリカ信号を生成することを特徴とする。

【0013】

第5の発明は、同一周波数帯域で電波の同時送受信を行う送受信機であって、送受信機が送信する送信信号を用いて送信信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第1生成部と、送受信機が受信する受信信号に対して実行する受信処理のうち一部の処理が除外さ

10

20

30

40

50

れた処理を、送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成するフィードバック部と、送受信機が受信する受信信号の時変動成分のうち、除外された一部の処理に対応する時変動成分を抽出する抽出部と、受信信号に含まれる信号のうち自装置の送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を、受信信号を用いて検出する検出部と、フィードバック信号と抽出した時変動成分と検出した時刻とを用いて、参照信号を生成する第2生成部と、参照信号と回り込み自干渉信号とを比較し、参照信号と回り込み自干渉信号との間の振幅および位相の差を示す差分情報を求め、求めた差分情報を用いて参照信号から回り込み自干渉信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する第3生成部と、検出された時刻に基づいて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて受信信号から回り込み自干渉信号を除去するキャンセル部と、回り込み自干渉信号が除去された受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残留成分と閾値とを比較し、キャンセル部から出力される受信信号から回り込み自干渉信号が除去されたか否かを判定する判定部とを備えることを特徴とする。

10

【0014】

第6の発明は、送信信号の時変動成分を抽出する抽出部を備え、第1生成部は、抽出した時変動成分を用いて送信信号のレプリカ信号を生成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明は、回り込み自干渉信号が送受信機内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成でき、除去性能の向上を図ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】送受信機の一実施形態を示す図である。

【図2】図1に示した送受信機における送受信処理の一例を示す図である。

【図3】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図4】図3に示した送受信機における送受信処理の一例を示す図である。

【図5】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図6】図5に示した送受信機における送受信処理の一例を示す図である。

【図7】送受信機の別の実施形態を示す図である。

30

【図8】図7に示した送受信機における送受信処理の一例を示す図である。

【図9】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図10】図9に示した送受信機における送受信処理の一例を示す図である。

【図11】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図12】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図13】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を用いて実施形態について説明する。

【0018】

図1は、送受信機の一実施形態を示す。

40

【0019】

図1に示した送受信機150は、送信部10、レプリカ生成部15、受信部40、局部発振器50、クロック発生器60、フィードバック部70、制御部80およびキャンセル部90を有する。

【0020】

送信部10は、DAC (Digital to Analog Converter) 11、ミキサ12およびPA (Power Amplifier) 13を有する。また、送信部10は、送信アンテナ20に接続され、送信アンテナ20を介して送信信号を送信する。

【0021】

50

D A C 1 1 は、送信部 1 0 に含まれる変調器により Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying) 等の変調方式で変調されたデータを含むデジタルの送信信号を、クロック発生器 6 0 が出力するクロック信号に基づきアナログの送信信号に変換する。

【 0 0 2 2 】

ミキサ 1 2 は、データを含むアナログの送信信号 (すなわち、ベースバンド信号) を、局部発振器 5 0 が出力する L O (Local) 信号の R F (Radio Frequency) 帯の周波数にアップコンバートする。

【 0 0 2 3 】

P A 1 3 は、生成された送信信号の電力を増幅する。そして、送信部 1 0 は、送信信号を送信アンテナ 2 0 およびレプリカ生成部 1 5 にそれぞれ出力する。

【 0 0 2 4 】

レプリカ生成部 1 5 は、送信部 1 0 から受けた送信信号を用いて送信信号のレプリカであるレプリカ信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部 1 5 は、送信部 1 0 から受けた送信信号を送信信号のレプリカ信号とする。レプリカ生成部 1 5 は、送信信号のレプリカ信号をフィードバック部 7 0 に出力する。

【 0 0 2 5 】

受信部 4 0 は、受信アンテナ 3 0 に接続され、受信アンテナ 3 0 を介して他の送受信機から送信された送信信号を受信する。また、送受信機 1 5 0 が同一周波数帯同時送受信を行うため、受信部 4 0 は、自装置の送信部 1 0 により送信された送信信号を、受信アンテナ 3 0 を介して受信する。以下、受信信号のうち、受信アンテナ 3 0 に回り込んだ自装置の送信信号は、回り込み自干渉信号とも称される。受信部 4 0 は、L N A (Low Noise Amplifier) 4 1、ミキサ 4 2、A G C (Automatic Gain Control) 4 3 および A D C (Analog to Digital Converter) 4 4 を有する。

【 0 0 2 6 】

L N A 4 1 は、低雑音の増幅器であり、受信アンテナ 3 0 を介して受信した受信信号を増幅する。

【 0 0 2 7 】

ミキサ 4 2 は、局部発振器 5 0 が出力する L O 信号を用いて、R F 帯域の周波数からベースバンド信号の周波数にダウンコンバートする。ミキサ 4 2 は、ベースバンドの受信信号を A G C 4 3 に出力する。

【 0 0 2 8 】

A G C 4 3 は、受信したベースバンドの受信信号の電力が所定の範囲内となるように、受信信号の電力レベルを制御し、制御された受信信号を A D C 4 4 に出力する。また、A G C 4 3 は、受信信号に対して実行した利得制御の内容を示す利得情報を含む信号を、後述するフィードバック部 7 0 に含まれる A G C 4 3 に出力する。

【 0 0 2 9 】

A D C 4 4 は、クロック発生器 6 0 が出力するクロック信号に基づきベースバンドの受信信号をデジタル信号に変換する。そして、受信部 4 0 は、デジタル信号に変換された受信信号を制御部 8 0 およびキャンセル部 9 0 にそれぞれ出力する。

【 0 0 3 0 】

なお、上述のベースバンドの各信号は、I F (Intermediate Frequency) 帯の信号としてもよい (以降のベースバンドに対しても同様である)。

【 0 0 3 1 】

局部発振器 5 0 は、V C O (Voltage-Controlled Oscillator) 等の発振器であり、印加される電圧に応じて発振周波数を制御することで、所定の周波数の L O 信号を生成する。局部発振器 5 0 は、送信部 1 0 のミキサ 1 2、受信部 4 0 のミキサ 4 2 およびフィードバック部 7 0 に含まれるミキサ 4 2 の各々に生成した L O 信号を出力する。

【 0 0 3 2 】

クロック発生器 6 0 は、送信部 1 0 の D A C 1 1、受信部 4 0 の A D C 4 4 およびフィードバック部 7 0 に含まれる A D C 4 4 を動作させるクロック信号を生成する。そして、

10

20

30

40

50

クロック発生器 60 は、送信部 10 の DAC 11、受信部 40 の ADC 44 およびフィードバック部 70 の DAC 44 の各々に生成したクロック信号を出力する。

【0033】

フィードバック部 70 は、受信部 40 と同様に、LNA 41、ミキサ 42、AGC 43 および ADC 44 を有する。すなわち、フィードバック部 70 は、受信部 40 が受信する受信信号に対して実行するのと同じ受信処理を、レプリカ生成部 15 から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行する。フィードバック部 70 は、同じ受信処理が実行されたフィードバック信号（すなわち、回り込み自干渉信号のレプリカ信号）を生成する。フィードバック部 70 は、生成したフィードバック信号を制御部 80 およびキャンセル部 90 に出力する。

10

【0034】

制御部 80 は、プロセッサ等であり、送受信機 150 に含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機 150 の各要素を制御する。

【0035】

制御部 80 は、受信部 40 から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して自装置の送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。例えば、制御部 80 は、受信部 40 から受信した受信信号の電力と所定値とを比較し、所定値以上となった時刻を回り込み自干渉信号が到来した時刻として検出する。あるいは、制御部 80 は、フィードバック部 70 から受信したフィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号との相関処理を実行し、相関値がピークを示す時刻を回り込み自干渉信号が到来した時刻として検出してもよい。そして、制御部 80 は、例えば、送信部 10 が送信信号を送信してから受信部 40 が回り込み自干渉信号を受信するまでの送信信号の伝播時間を求める。伝播時間は、例えば、使用する RF に応じて予め測定した送信部 10 および受信部 40 の各入出力間の通過時間の合計を、送信部 10 への入力時点から受信部 40 の出力時点の間の時間から差し引いた時間として算出される。

20

【0036】

また、制御部 80 は、検出した時刻のタイミングで、フィードバック部 70 が生成したフィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較する。制御部 80 は、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、制御部 80 は、求めた差分情報と検出した時刻とを用いてレプリカ生成部 15 を制御する。例えば、制御部 80 は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミングで、レプリカ生成部 15 に対し、差分情報を用いて振幅および位相を変化させた送信信号のレプリカ信号を生成させ、フィードバック部 70 に出力させる。これにより、フィードバック部 70 は、受信部 40 から出力される受信信号と同じ時変動を示すフィードバック信号を生成できる。

30

【0037】

なお、フィードバック部 70 の LNA 41 を省略して、LNA 41 による振幅および位相の変化量をレプリカ生成部 15 における振幅および位相の変化量に合算してもよい。

【0038】

また、制御部 80 は、プログラムを実行することで、判定部 81 として動作する。判定部 81 は、キャンセル部 90 により回り込み自干渉信号が除去された受信信号において、受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残量を、受信信号の電力から測定する。例えば、制御部 80 が回り込み自干渉信号の到来した時刻および差分情報を求めるトレーニング期間では、送受信機 150 は、所定のデータを含む送信信号（トレーニング信号）を送信する。すなわち、トレーニング期間では、送受信機 150 は、送信されたトレーニング信号の回り込み自干渉信号以外の信号を受信しない。このため、判定部 81 は、キャンセル部 90 から受信した受信信号、すなわち残留する回り込み自干渉信号の電力を残留誤差として測定できる。そして、判定部 81 は、測定した残留誤差の値がトレーニング期間の閾値以下か否かを判定する。なお、トレーニング期間の閾値は、制御部 80 がトレーニング期間に判定部 81 に設定する閾値であり、ノイズレベルと許容される残留する回り込み自

40

50

干渉信号の電力とに基づいて設定される。

【 0 0 3 9 】

判定部 8 1 は、残留誤差の値がトレーニング期間の閾値以下の場合、回り込み自干渉信号がキャンセル部 9 0 で除去されたと判定する。この場合、制御部 8 0 は、検出された回り込み自干渉信号の到来した時刻、および到来した時刻から求めた伝播時間と差分情報とを、送受信機 1 5 0 の記憶装置に記憶する。一方、判定部 8 1 は、残留誤差の値がトレーニング期間の閾値より大きい場合、回り込み自干渉信号が受信信号から十分に除去されていないと判定する。この場合、制御部 8 0 は、回り込み自干渉信号が到来する時刻を、残留誤差の値が最小となるように L M S (Least Mean Squares) アルゴリズム等の最適化アルゴリズムを実行して調整する。そして、制御部 8 0 は、残留誤差の値がトレーニング期間の閾値以下となる（すなわち、回り込み自干渉信号がキャンセル部 9 0 により除去される）まで繰り返し調整する。

10

【 0 0 4 0 】

そして、制御部 8 0 は、トレーニング期間が終了した後、同時送受信の通常運用に移行する。制御部 8 0 は、トレーニング期間で求めた伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミングで、送受信機 1 5 0 の記憶装置に保持した差分情報を用いてレプリカ生成部 1 5 の動作を随時制御する。

【 0 0 4 1 】

なお、制御部 8 0 は、通常運用の期間でも、判定部 8 1 に回り込み自干渉信号の残留誤差を測定させ、測定した残留誤差の値と通常運用の閾値とを比較し、残留誤差の値が通常運用の閾値より大きい場合、再度トレーニング期間に戻ってもよい。なお、通常運用の閾値は、制御部 8 0 が通常運用の期間に判定部 8 1 に設定する閾値であり、他の送受信機から受信する電力と許容される残留する回り込み自干渉信号の電力とに基づいて設定される。また、制御部 8 0 は、判定部 8 1 に残留誤差による判定の代わりに、他の送受信機から受信した受信信号のビット誤り率やパケット誤り率等の誤り率を測定させ、測定した誤り率が所定値より劣化した場合、トレーニング期間に戻るようにしてもよい。また、制御部 8 0 は、送受信機 1 5 0 が起動される度にトレーニング期間から開始するようにしてもよい。また、所定の周期でトレーニング期間に戻るようにしてもよい。

20

【 0 0 4 2 】

キャンセル部 9 0 は、フィードバック部 7 0 により生成されたフィードバック信号を回り込み自干渉信号のレプリカ信号として用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。例えば、キャンセル部 9 0 は、回り込み自干渉信号が到来した時刻のタイミングで、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を受信信号に逆位相で合成し、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。キャンセル部 9 0 は、回り込み自干渉信号が除去された受信信号を判定部 8 1 に出力する。また、送受信機 1 5 0 は、キャンセル部 9 0 により回り込み自干渉信号が除去された受信信号に対して復調処理を実行する。

30

【 0 0 4 3 】

図 2 は、図 1 に示した送受信機 1 5 0 における送受信処理の一例を示す。図 2 に示した処理は、例えば、送受信機 1 5 0 に含まれるプロセッサ等の制御部 8 0 が記憶装置に記憶されるプログラムを実行することにより実現される。なお、図 2 に示した処理は、送受信機 1 5 0 に設けられるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 1 に示した判定部 8 1 は、送受信機 1 5 0 内に配置される回路により実現される。

40

【 0 0 4 4 】

ステップ S 1 0 0 では、送信部 1 0 は、トレーニング期間の場合、制御部 8 0 からの指示に基づいて、所定のデータを含んだトレーニング信号を、送信アンテナ 2 0 を介して送信する。また、送信部 1 0 は、トレーニング信号をレプリカ生成部 1 5 に出力する。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 1 1 0 では、レプリカ生成部 1 5 は、送信部 1 0 から受けた送信信号（トレーニング信号）を用いて送信信号のレプリカ信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部 1 5 は、送信部 1 0 から受けた送信信号を送信信号のレプリカ信号とし、送信信号のレプ

50

リカ信号をフィードバック部 70 に出力する。

【0046】

ステップ S 120 では、フィードバック部 70 は、ステップ S 110 で生成された送信信号のレプリカ信号に対して受信部 40 と同じ受信処理を実行し、フィードバック信号（すなわち、回り込み自干渉信号のレプリカ信号）を生成する。

【0047】

ステップ S 130 では、制御部 80 は、受信部 40 が受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して送信信号が回り込んだ回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。

【0048】

ステップ S 140 では、制御部 80 は、ステップ S 130 で生成されたフィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較し、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、制御部 80 は、ステップ S 130 で検出した時刻と求めた差分情報とを用いて、レプリカ生成部 15 を制御する。

【0049】

ステップ S 150 では、キャンセル部 90 は、ステップ S 120 で生成されたフィードバック信号を回り込み自干渉信号のレプリカ信号として用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。

【0050】

ステップ S 160 では、判定部 81 は、ステップ S 150 で回り込み自干渉信号が除去された受信信号の電力を残留誤差として測定する。

【0051】

ステップ S 170 では、判定部 81 は、ステップ S 160 で測定した残留誤差の値がトレーニング期間の閾値以下か否かを判定する。判定部 81 は、測定した残留誤差の値がトレーニング期間の閾値以下の場合、回り込み自干渉信号が受信信号から除去されたと判定する。そして、制御部 80 は、回り込み自干渉信号が到来した時刻、および到来した時刻から求めた伝播時間と差分情報とを、送受信機 150 の記憶装置に記憶する。この場合、送受信機 150 の処理は、トレーニング期間（すなわち、図 2 に示した処理）を終了し、通常運用に移る。

【0052】

一方、判定部 81 は、残留誤差の値がトレーニング期間の閾値より大きい場合、回り込み自干渉信号が受信信号から十分に除去されていないと判定する。そして、制御部 80 は、回り込み自干渉信号が到来する時刻を、残留誤差の値が最小となるように LMS アルゴリズム等の最適化アルゴリズムを実行して調整する。この場合、送受信機 150 の処理は、ステップ S 100 に移る。

【0053】

以上、図 1 および図 2 に示した実施形態では、フィードバック部 70 は、受信部 40 が受信する受信信号に対して実行するのと同じ受信処理をレプリカ生成部 15 から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号（すなわち、回り込み自干渉信号のレプリカ信号）を生成する。これにより、送受信機 150 は、回り込み自干渉信号が送受信機 150 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150 は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【0054】

図 3 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 1 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

【0055】

図 3 に示した送受信機 150 A は、送信部 10、レプリカ生成部 15 a、受信部 40、局部発振器 50、クロック発生器 60、フィードバック部 70、制御部 80 a およびキャ

10

20

30

40

50

ンセル部 90 a を有する。

【0056】

レプリカ生成部 15 a は、図 1 に示したレプリカ生成部 15 と同様に、送信部 10 から受けた送信信号を送信信号のレプリカ信号とする。レプリカ生成部 15 a は、送信信号のレプリカ信号をフィードバック部 70 に出力する。また、レプリカ生成部 15 a は、制御部 80 a から指示を受けた時刻（すなわち、回り込み自干渉信号が到来する時刻）のタイミングで、送受信機 150 の記憶装置に保持された差分情報を用いて送信部 10 から受けた送信信号から回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 15 a は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 90 a に出力する。

【0057】

制御部 80 a は、プロセッサ等であり、送受信機 150 A に含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機 150 A の各要素を制御する。また、制御部 80 a は、プログラムを実行することで、判定部 81 として動作する。

【0058】

例えば、制御部 80 a は、図 1 に示した制御部 80 と同様に、受信部 40 から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。そして、制御部 80 a は、例えば、送信部 10 が送信信号を送信してから受信部 40 が回り込み自干渉信号を受信するまでの送信信号の伝播時間を求める。なお、回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する場合、制御部 80 a は、キャンセル部 90 a の動作を一時的に停止させる（すなわち、受信アンテナ 30 を介して受信した受信信号をそのまま通過させる）のが好ましい。そして、制御部 80 a は、回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出した後、キャンセル部 90 a の動作を再開させる。

【0059】

また、送信アンテナ 20 と受信アンテナ 30 との配置に関連して送信アンテナ 20 と受信アンテナ 30 との間の距離や周辺環境（周辺の反射物として壁、天井、床、筐体の形状や材質など）のトレーニング開始時点で既知である情報から、回り込み自干渉信号の到来時刻や振幅および位相の変化量を予測し、それらの予測値に基づいて制御部 80 a がレプリカ生成部 15 a に指示し、トレーニング開始時点からキャンセル部 90 a を動作させてもよい。

【0060】

また、制御部 80 a は、図 1 に示した制御部 80 と同様に、フィードバック部 70 が生成したフィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較する。制御部 80 a は、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、制御部 80 a は、求めた差分情報と検出した時刻とを用いてレプリカ生成部 15 a を制御する。例えば、制御部 80 a は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミングで、レプリカ生成部 15 a に対して、差分情報を用いて送信部 10 から受けた送信信号の振幅および位相を変化させ、送信信号のアナログのレプリカ信号を生成させる。そして、レプリカ生成部 15 a は、生成した送信信号のレプリカ信号をフィードバック部 70 に出力する。これにより、フィードバック部 70 は、受信部 40 から出力される受信信号と同じ時変動を示すフィードバック信号を生成できる。

【0061】

また、制御部 80 a は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミング（すなわち、制御部 80 a から指示を受けたタイミング）で、レプリカ生成部 15 a に対し、差分情報を用いて送信部 10 からの送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のアナログのレプリカ信号を生成させる。

【0062】

キャンセル部 90 a は、レプリカ生成部 15 a により生成された回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。例えば、キャンセル部 90 a は、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を、受信アンテナ 30 を介して

10

20

30

40

50

受信された受信信号に逆位相で合成し、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。そして、キャンセル部 90 a は、回り込み自干渉信号が除去された受信信号を、受信部 40 に出力する。

【0063】

なお、受信信号が回り込み自干渉信号を含むことで、受信信号の電力が受信部 40 の LNA 41 や AGC 43 等における電力の許容レベルを超える場合がある。そこで、図 3 に示すように、送受信機 150 A では、キャンセル部 90 a を受信アンテナ 30 と受信部 40 との間に配置する。これにより、キャンセル部 90 a が、受信部 40 の前で回り込み自干渉信号を受信信号から除去することで、受信信号の電力を受信部 40 の LNA 41 等の許容レベル内に抑えることができる。

10

【0064】

また、受信信号の電力が受信部 40 の LNA 41 の許容レベル内である場合は、受信部 40 の LNA 41 の出力後にキャンセル部 90 a を設置することも可能である。この場合、フィードバック部 70 の LNA 41 を省略し、フィードバック部 70 の LNA 41 による振幅および位相の変化量をレプリカ生成部 15 a における振幅および位相の変化量に合算し、受信部 40 の LNA 41 の出力後の回り込み自干渉信号のレプリカ信号として生成してもよい。

【0065】

図 4 は、図 3 に示した送受信機 150 A における送受信処理の一例を示す。図 4 に示した処理は、例えば、送受信機 150 A に含まれるプロセッサ等の制御部 80 a が記憶装置に記憶されるプログラムを実行することにより実現される。なお、図 4 に示した処理は、送受信機 150 A に設けられるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 3 に示した判定部 81 は、送受信機 150 A 内に配置される回路により実現される。

20

【0066】

なお、図 4 に示したステップの動作のうち、図 2 に示したステップと同一または同様の処理を示すものについては、同一のステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【0067】

送受信機 150 A は、図 4 に示したステップ S 100 からステップ S 140 の処理を実行した後、ステップ S 145 の処理を実行する。

【0068】

30

ステップ S 145 では、レプリカ生成部 15 a は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミング（すなわち、制御部 80 a から指示を受けたタイミング）で、差分情報を用いて送信部 10 からの送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 15 a は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 90 a に出力する。

【0069】

ステップ S 155 では、キャンセル部 90 a は、ステップ S 145 で生成された回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。

【0070】

40

送受信機 150 A は、ステップ S 155 の処理を実行した後、ステップ S 160 およびステップ S 170 の処理を実行する。

【0071】

以上、図 3 および図 4 に示した実施形態では、フィードバック部 70 は、受信部 40 が受信する受信信号に対して実行するのと同じ受信処理を、レプリカ生成部 15 a から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成する。制御部 80 a は、フィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較し、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の差分情報を求める。そして、レプリカ生成部 15 a は、制御部 80 a から受けた差分情報を用いて、送信部 10 から受けた送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のレプリカ信

50

号を生成する。

【0072】

これにより、送受信機150Aは、回り込み自干渉信号が送受信機150A内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機150Aは、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【0073】

また、キャンセル部90aが、受信アンテナ30と受信部40との間に配置され受信部40の前で回り込み自干渉信号を受信信号から除去することで、受信信号の電力を受信部40のLNA41等の電力の許容レベル内に抑えることができる。

【0074】

図5は、送受信機の別の実施形態を示す。図1で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

【0075】

図5に示した送受信機150Bは、送信部10、レプリカ生成部15、35(1)-35(N)、受信部40、局部発振器50、クロック発生器60、フィードバック部70、制御部80b、キャンセル部90bおよび残留成分除去部100を有する(Nは1以上の整数)。

【0076】

レプリカ生成部35(35(1)-35(N))の各々は、伝播における遅延等により制御部80bが検出した回り込み自干渉信号の互いに異なるN個の到来した時刻の各々のタイミングで、差分情報を用いて送信部10から受けた送信信号から回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。各レプリカ生成部35は、生成した各回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部90bにそれぞれ出力する。

【0077】

制御部80bは、プロセッサ等であり、送受信機150Bに含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機150Bの各要素を制御する。また、制御部80bは、プログラムを実行することで、判定部81として動作する。

【0078】

例えば、制御部80bは、図1に示した制御部80と同様に、受信部40から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ30を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。なお、回り込み自干渉信号は、伝播において遅延等の影響を受けた場合、互いに異なる複数の時刻に受信アンテナ30を介して受信される。この場合、制御部80bは、例えば、N個の到来した時刻を検出する。そして、制御部80bは、送信部10が送信信号を送信してから受信部40が回り込み自干渉信号を受信するまでの伝播時間をそれぞれ求める。

【0079】

なお、回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する場合、制御部80bは、キャンセル部90bの動作を一時的に停止させる(すなわち、受信アンテナ30を介して受信した受信信号をそのまま通過させる)のが好ましい。そして、制御部80bは、回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出した後、キャンセル部90bの動作を再開させる。

【0080】

また、送信アンテナ20と受信アンテナ30との配置に関連して送信アンテナ20と受信アンテナ30との間の距離や周辺環境(周辺の反射物として壁、天井、床、筐体の形状や材質など)のトレーニング開始時点で既知である情報から、回り込み自干渉信号の到来時刻や振幅および位相の変化量を予測し、それらの予測値に基づいて制御部80bがレプリカ生成部35(1)-35(N)に指示し、トレーニング開始時点からキャンセル部90bを動作させてもよい。

【0081】

また、遅延等の影響を受けて到来時刻が複数検出されるとき、検出する到来時刻の数は

10

20

30

40

50

N個より少なくてもよく、多い場合はN個で打ち切るようにしてもよい。そして、レプリカ生成部35(1) - 35(N)もその検出した到来時刻の数に合わせて動作させればよい。さらに、1回目のトレーニングで全N個の回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する必要はなく、複数回のトレーニングやトレーニング後の運用時に更新してもよい。すなわち、一度のトレーニングで検出して生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いてキャンセルした後の受信信号から、さらに検出された回り込み自干渉信号の到来波を追加してレプリカ信号を生成してもよい。

【0082】

そして、制御部80bは、図1に示した制御部80と同様に、フィードバック部70が生成したフィードバック信号と受信部40から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較する。なお、フィードバック信号と比較する回り込み自干渉信号は、例えば、到来した時刻が最も早い(すなわち、遅延を受けずに受信された)回り込み自干渉信号とする。制御部80bは、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、制御部80bは、求めた差分情報と検出した時刻とを用いてレプリカ生成部15を制御する。これにより、フィードバック部70は、受信部40から出力される受信信号と同じ時変動を示すフィードバック信号を生成できる。

10

【0083】

また、制御部80bは、求めた差分情報と検出したN個の時刻とを用いて各レプリカ生成部35を制御する。例えば、制御部80bは、各伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻の各々のタイミングで、各レプリカ生成部35に対して、差分情報を用いて送信部10からの送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のアナログのレプリカ信号を生成させる。

20

【0084】

キャンセル部90bは、各レプリカ生成部35により生成された各回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。例えば、キャンセル部90bは、各レプリカ生成部35からの回り込み自干渉信号のレプリカ信号を、受信アンテナ30を介して受信された受信信号に逆位相で合成し、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。そして、キャンセル部90bは、回り込み自干渉信号が除去された受信信号を、受信部40に出力する。

30

【0085】

なお、受信信号が回り込み自干渉信号を含むことで、受信信号の電力が受信部40のLNA41やAGC43等における電力の許容レベルを超える場合がある。そこで、図5に示すように、送受信機150Bでは、キャンセル部90bを受信アンテナ30と受信部40との間に配置する。これにより、キャンセル部90bが、受信部40の前で回り込み自干渉信号を受信信号から除去することで、受信信号の電力を受信部40のLNA41等の許容レベル内に抑えることができる。

【0086】

残留成分除去部100は、フィードバック部70から受信した回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を用いて、受信部40から受信した受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残留成分を除去する。すなわち、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号は、伝播において歪みや遅延等を受けるため、キャンセル部90bにより除去されず残留成分として残る。そこで、制御部80bは、例えば、差分情報における回り込み自干渉信号の到来する時刻、振幅および位相を調整し、レプリカ生成部15に調整した送信信号のレプリカ信号を生成させる。フィードバック部70は、回り込み自干渉信号の残留成分が到来する時刻のタイミングで、レプリカ生成部15により調整された送信信号のレプリカ信号に対して受信処理を実行し、回り込み自干渉信号の残留成分を示すフィードバック信号を生成する。フィードバック部70は、生成したフィードバック信号を回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号として残留成分除去部100に出力する。

40

【0087】

50

残留成分除去部 100 は、フィードバック部 70 から受信した回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を用いて、受信部 40 から受信した受信信号に残留する回り込み自干渉信号の残留成分を除去する。例えば、残留成分除去部 100 は、回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を、受信部 40 から受信した受信信号に逆位相で合成し、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号の残留成分を除去する。

【0088】

図 6 は、図 5 に示した送受信機 150 B における送受信処理の一例を示す。図 6 に示した処理は、例えば、送受信機 150 B に含まれるプロセッサ等の制御部 80 b が記憶装置に記憶されるプログラムを実行することにより実現される。なお、図 6 に示した処理は、送受信機 150 B に設けられるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 5 に示した判定部 81 は、送受信機 150 B 内に配置される回路により実現される。

10

【0089】

なお、図 6 に示したステップの動作のうち、図 2 に示したステップと同一または同様の処理を示すものについては、同一のステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【0090】

送受信機 150 B は、図 6 に示したステップ S 100 からステップ S 140 の処理を実行した後、ステップ S 145 a の処理を実行する。

【0091】

ステップ S 145 a では、各レプリカ生成部 35 は、各伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミング（すなわち、制御部 80 a から互いに異なる時刻に指示を受けたタイミング）で、差分情報を用いて送信部 10 からの送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。各レプリカ生成部 35 は、生成した各回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 90 b にそれぞれ出力する。

20

【0092】

ステップ S 155 a では、キャンセル部 90 b は、ステップ S 145 a で各レプリカ生成部 35 により生成された回り込み自干渉信号のレプリカ信号を用いて、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号を除去する。

【0093】

ステップ S 156 では、制御部 80 b は、差分情報における回り込み自干渉信号の到来する時刻、振幅および位相を調整し、調整した差分情報を用いてレプリカ生成部 15 およびフィードバック部 70 に回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を生成させる。すなわち、レプリカ生成部 15 は、調整された差分情報を用いて振幅および位相を調整した送信信号のレプリカ信号を生成する。フィードバック部 70 は、回り込み自干渉信号の残留成分が到来する時刻のタイミングで、レプリカ生成部 15 により調整された送信信号のレプリカ信号に対して受信処理を実行し、回り込み自干渉信号の残留成分を示すフィードバック信号を生成する。そして、フィードバック部 70 は、生成したフィードバック信号を回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号として残留成分除去部 100 に出力する。

30

【0094】

ステップ S 157 では、残留成分除去部 100 は、ステップ S 156 で生成された回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を用いて、受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号の残留成分を除去する。

40

【0095】

送受信機 150 B は、ステップ S 157 の処理を実行した後、ステップ S 160 およびステップ S 170 の処理を実行する。

【0096】

以上、図 5 および図 6 に示した実施形態では、フィードバック部 70 は、受信部 40 が受信する受信信号に対して実行するのと同じ受信処理をレプリカ生成部 15 から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成する。制御部 80 b

50

は、フィードバック信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号との比較から、遅延等により回り込み自干渉信号の到来した時刻を複数検出するとともに、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の差分情報を求める。そして、制御部 80b は、検出した各時刻のタイミングで、レプリカ生成部 35 のそれぞれに、求めた差分情報を用いて送信部 10 から受けた送信信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成させる。

【0097】

これにより、送受信機 150B は、回り込み自干渉信号が送受信機 150B 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150B は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

10

【0098】

また、制御部 80b は、差分情報における回り込み自干渉信号の到来する時刻、振幅および位相を調整し、調整した差分情報を用いてレプリカ生成部 15 およびフィードバック部 70 に回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を生成させる。そして、残留成分除去部 100 は、生成された回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を用いて、受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号の残留成分を除去する。これにより、送受信機 150B は、受信する回り込み自干渉信号を受信信号から高い精度で除去できる。

【0099】

20

また、キャンセル部 90b が、受信アンテナ 30 と受信部 40 との間に配置され、受信部 40 の前で回り込み自干渉信号を受信信号から除去することで、受信信号の電力を受信部 40 の LNA 41 等の電力の許容レベル内に抑えることができる。

【0100】

図 7 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 1 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

【0101】

図 7 に示した送受信機 150C は、送信部 10、受信部 40、局部発振器 50、クロック発生器 60、フィードバック部 70、制御部 80c、キャンセル部 90 および時変動成分抽出部 110 を有する。

30

【0102】

制御部 80c は、プロセッサ等であり、送受信機 150C に含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機 150C の各要素を制御する。また、制御部 80c は、プログラムを実行することで、判定部 81 およびレプリカ生成部 82 として動作する。

【0103】

レプリカ生成部 82 は、データを含むデジタルの送信信号を受信する。また、レプリカ生成部 82 は、後述する時変動成分抽出部 110 が抽出した送信信号の振幅および位相の時変動成分（すなわち、局部発振器 50 の LO 信号およびクロック発生器 60 のクロック信号等）を取得する。レプリカ生成部 82 は、取得した時変動成分を用いて受信したデジタルの送信信号の振幅および位相を変化させて、送信部 10 の DAC 11 およびミキサ 12 の処理を擬似的に受けた送信信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 82 は、制御部 80c に含まれる DAC 等を介して、生成した送信信号のレプリカ信号をフィードバック部 70 へ出力する。これにより、フィードバック部 70 は、フィードバック信号を生成できる。

40

【0104】

また、制御部 80c は、図 1 に示した制御部 80 と同様に、受信部 40 から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。そして、制御部 80c は、例えば、送信部 10 が送信信号を送信してから受信部 40 が回り込み自干渉信号を受信するまでの送信信号の伝播時間を求める。

50

【 0 1 0 5 】

また、制御部 8 0 c は、図 1 に示した制御部 8 0 と同様に、フィードバック部 7 0 が生成したフィードバック信号と受信部 4 0 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較する。制御部 8 0 c は、フィードバック信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、制御部 8 0 c は、求めた差分情報と検出した時刻とを用いてレプリカ生成部 8 2 を制御する。例えば、制御部 8 0 a は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミングで、レプリカ生成部 8 2 に対して、差分情報を用いて送信信号の振幅および位相を変化させ、送信信号のレプリカ信号を生成させる。そして、レプリカ生成部 8 2 は、生成した送信信号のレプリカ信号をフィードバック部 7 0 に出力する。これにより、フィードバック部 7 0 は、受信部 4 0 から出力される受信信号と同じ時変動を示すフィードバック信号を生成できる。

10

【 0 1 0 6 】

時変動成分抽出部 1 1 0 は、送受信機 1 5 0 C が送信する送信信号における振幅および位相等の時変動成分を抽出する。例えば、時変動成分抽出部 1 1 0 は、送信信号における振幅および位相等の時変動成分として、局部発振器 5 0 の L O 信号およびクロック発生器 6 0 のクロック信号をそれぞれ受信する。そして、時変動成分抽出部 1 1 0 は、局部発振器 5 0 およびクロック発生器 6 0 の各々から受信した信号を、時変動成分抽出部 1 1 0 に含まれる A D C を用いてサンプリングし、サンプリングした各信号を制御部 8 0 c に出力する。なお、時変動成分抽出部 1 1 0 は、局部発振器 5 0 の L O 信号あるいは L O 信号の位相雑音をサンプリングし、送信信号における振幅あるいは位相の時変動成分として抽出する。また、時変動成分抽出部 1 1 0 は、クロック発生器 6 0 のクロック信号あるいはクロックジッタをサンプリングし、送信信号における振幅および位相の時変動成分として抽出する。

20

【 0 1 0 7 】

図 8 は、図 7 に示した送受信機 1 5 0 C における送受信処理の一例を示す。図 8 に示した処理は、例えば、送受信機 1 5 0 C に含まれるプロセッサ等の制御部 8 0 c が記憶装置に記憶されるプログラムを実行することにより実現される。なお、図 8 に示した処理は、送受信機 1 5 0 C に設けられるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 7 に示した判定部 8 1 およびレプリカ生成部 8 2 は、送受信機 1 5 0 C 内に配置される回路により実現される。

30

【 0 1 0 8 】

なお、図 8 に示したステップの動作のうち、図 2 に示したステップと同一または同様の処理を示すものについては、同一のステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 1 0 9 】

送受信機 1 5 0 C は、図 8 に示したステップ S 1 0 0 の処理を実行した後、ステップ S 1 0 5 の処理を実行する。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 1 0 5 では、時変動成分抽出部 1 1 0 は、送受信機 1 5 0 C が送信する送信信号（すなわちトレーニング信号）における振幅および位相等の時変動成分を抽出する。例えば、時変動成分抽出部 1 1 0 は、送信信号における振幅および位相の時変動成分として、局部発振器 5 0 の L O 信号およびクロック発生器 6 0 のクロック信号をそれぞれ受信する。そして、時変動成分抽出部 1 1 0 は、局部発振器 5 0 およびクロック発生器 6 0 の各々から受信した信号を、時変動成分抽出部 1 1 0 に含まれる A D C を用いてサンプリングし制御部 8 0 c に出力する。

40

【 0 1 1 1 】

ステップ S 1 1 5 では、レプリカ生成部 8 2 は、デジタルの送信信号（トレーニング信号）と、ステップ S 1 0 5 で抽出された送信信号の振幅および位相の時変動成分（すなわち、局部発振器 5 0 の L O 信号およびクロック発生器 6 0 のクロックジッタ）とを用いて、送信部 1 0 が送信する送信信号のレプリカ信号を生成する。さらに、送信信号がミキサ 1 2 あるいは P A 1 3 による非線形特性の影響を受ける場合は、デジタル信号処理等によ

50

り送信信号のレプリカ信号に上記非線形特性を付加してもよい。また、送信部 10 に入力するトレーニング信号にプリディストーション処理等を施し、非線形特性の影響をキャンセルするようにしてもよい。

【0112】

送受信機 150C は、ステップ S 115 の処理を実行した後、ステップ S 120 からステップ S 170 の処理を実行する。

【0113】

以上、図 7 および図 8 に示した実施形態では、レプリカ生成部 82 は、時変動成分抽出部 110 により抽出された送信信号における振幅および位相の時変動成分を用いて、デジタルの送信信号のレプリカ信号を生成する。フィードバック部 70 は、受信部 40 が受信する受信信号に対して実行するのと同じ受信処理を、レプリカ生成部 82 により生成された送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号（すなわち、回り込み自干渉信号のレプリカ信号）を生成する。これにより、送受信機 150C は、回り込み自干渉信号が送受信機 150C 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150C は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【0114】

図 9 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 1 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

【0115】

図 9 に示した送受信機 150D は、送信部 10、レプリカ生成部 15、受信部 40、局部発振器 50、クロック発生器 60、フィードバック部 70a、制御部 80d、キャンセル部 90 および時変動成分抽出部 110a を有する。

【0116】

フィードバック部 70a は、LNA 41、AGC 43 および ADC 44 を有する。すなわち、フィードバック部 70a は、例えば、図 1 に示したフィードバック部 70 のミキサ 42 が省略される。そして、フィードバック部 70a は、ミキサ 42 による処理が除外された受信処理を、レプリカ生成部 15 から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成する。フィードバック部 70a は、生成したフィードバック信号を制御部 80d に出力する。なお、フィードバック部 70a は、ミキサ 42 の代わりに、AGC 43 や ADC 44 が省略されてもよい。

【0117】

時変動成分抽出部 110a は、送受信機 150D が受信する受信信号の時変動成分のうち、フィードバック部 70a で除外されたミキサ 42 による処理に対応する時変動成分を抽出する。例えば、時変動成分抽出部 110a は、ミキサ 42 による処理に対応する時変動成分として、局部発振器 50 の LO 信号を受信する。すなわち、時変動成分抽出部 110a は、局部発振器 50 から受信した LO 信号を、時変動成分抽出部 110a に含まれる ADC を用いてサンプリングし、サンプリングした信号を制御部 80d に出力する。すなわち、時変動成分抽出部 110a は、局部発振器 50 の LO 信号あるいは LO 信号の位相雑音を、ミキサ 42 による処理に対応する時変動成分として抽出する。なお、時変動成分抽出部 110a は、フィードバック部 70a において AGC 43 や ADC 44 が省略される場合、AGC 43 からの信号あるいはクロック発生器 60 からの信号を時変動成分として抽出してもよい。

【0118】

制御部 80d は、プロセッサ等であり、送受信機 150D に含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機 150D の各要素を制御する。また、制御部 80d は、図 1 に示した制御部 80 と同様に、受信部 40 から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。さらに、制御部 80d は、プログラムを実行することで、判定部 81 およびレプリカ生成部 82a として動作する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

レプリカ生成部 8 2 a は、フィードバック部 7 0 a により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 1 1 0 a により抽出された受信信号の時変動成分（すなわち、局部発振器 5 0 の L O 信号または位相雑音）と、検出された時刻とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。例えば、レプリカ生成部 8 2 a は、検出された時刻のタイミングで、抽出された局部発振器 5 0 の L O 信号の時変動成分を用いて、演算等によりフィードバック部 7 0 a から受信したフィードバック信号の振幅および位相を変化させ、参照信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部 8 2 a は、フィードバック信号に対して、除外されたミキサ 4 2 による時変動を擬似的に付加する。

【 0 1 2 0 】

なお、図 9 に示すように、フィードバック部 7 0 a からミキサ 4 2 が省略されることから、A D C 4 4 に入力される信号の周波数は、R F 帯である。そこで、フィードバック部 7 0 a の A D C 4 4 はダウンコンバートされた後の低い周波数の信号を対象としており低いレートでサンプリングを行うため、アンダーサンプリングの効果によりフィードバック信号が低い周波数帯域にダウンコンバートされる。アンダーサンプリングにより元のトレーニング信号とは異なる周波数に変換された場合や信号帯域外に不要波が存在する場合もあるので、レプリカ生成部 8 2 a は、ダウンコンバートしたフィードバック信号にバンドパスフィルタの処理を実行し、必要に応じてさらに周波数変換処理を実行することで、回り込み自干渉信号の成分を抽出する。なお、アンダーサンプリング後の信号とトレーニング信号の中心周波数の差は、トレーニング信号の中心周波数と A D C 4 4 のサンプリングレートの関係によって求まる。

【 0 1 2 1 】

レプリカ生成部 8 2 a は、生成した参照信号と受信部 4 0 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較し、参照信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、レプリカ生成部 8 2 a は、求めた差分情報を用いて参照信号の振幅および位相を変化させて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 8 2 a は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 9 0 へ出力する。

【 0 1 2 2 】

図 1 0 は、図 9 に示した送受信機 1 5 0 D における送受信処理の一例を示す。図 1 0 に示した処理は、例えば、送受信機 1 5 0 D に含まれるプロセッサ等の制御部 8 0 d が記憶装置に記憶されるプログラムを実行することにより実現される。なお、図 1 0 に示した処理は、送受信機 1 5 0 D に設けられるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 9 に示した判定部 8 1 およびレプリカ生成部 8 2 a は、送受信機 1 5 0 D 内に配置される回路により実現される。

【 0 1 2 3 】

なお、図 1 0 に示したステップの動作のうち、図 8 に示したステップと同一または同様の処理を示すものについては、同一のステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 1 2 4 】

送受信機 1 5 0 D は、図 1 0 に示したステップ S 1 0 0 からステップ S 1 3 0 の処理を実行した後、ステップ S 1 3 5 の処理を実行する。

【 0 1 2 5 】

ステップ S 1 3 5 では、レプリカ生成部 8 2 a は、ステップ S 1 3 0 で検出された時刻のタイミングで、時変動成分抽出部 1 1 0 a が抽出した時変動成分を用いて、フィードバック信号の振幅および位相を変化させ参照信号を生成する。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 1 4 0 b では、レプリカ生成部 8 2 a は、ステップ S 1 3 5 で生成された参照信号と受信部 4 0 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較し、参照信号と回り込み自干渉信号との間の差分情報を求める。

【 0 1 2 7 】

10

20

30

40

50

ステップ S 1 4 5 b では、レプリカ生成部 8 2 a は、伝播時間から求まる回り込み自干渉信号が到来する時刻のタイミングで、差分情報を用いて参照信号の振幅および位相を変化させ、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 8 2 a は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 9 0 に出力する。

【 0 1 2 8 】

送受信機 1 5 0 D は、ステップ S 1 4 5 b の処理を実行した後、ステップ S 1 5 0 からステップ S 1 7 0 の処理を実行する。

【 0 1 2 9 】

以上、図 9 および図 1 0 に示した実施形態では、レプリカ生成部 8 2 a は、フィードバック部 7 0 a により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 1 1 0 a により抽出された（すなわち、フィードバック部 7 0 a から除外された受信処理を示す）時変動成分とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。換言すれば、レプリカ生成部 8 2 a は、フィードバック部 7 0 a において除外された受信処理について、時変動成分抽出部 1 1 0 a により抽出された時変動成分を用いてフィードバック信号を補正し、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。これにより、送受信機 1 5 0 D は、回り込み自干渉信号が送受信機 1 5 0 D 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 1 5 0 D は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【 0 1 3 0 】

図 1 1 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 1 0 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 1 】

図 1 1 に示した送受信機 1 5 0 E は、送信部 1 0、レプリカ生成部 1 5、受信部 4 0、局部発振器 5 0、クロック発生器 6 0、フィードバック部 7 0 b、制御部 8 0 d、キャンセル部 9 0 および時変動成分抽出部 1 1 0 b を有する。

【 0 1 3 2 】

フィードバック部 7 0 b は、L N A 4 1、ミキサ 4 2 および A D C 4 4 を有する。すなわち、フィードバック部 7 0 b は、例えば、図 1 に示したフィードバック部 7 0 の A G C 4 3 が省略される。そして、フィードバック部 7 0 b は、A G C 4 3 による処理が除外された受信処理を、レプリカ生成部 1 5 から受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成する。フィードバック部 7 0 b は、生成したフィードバック信号を制御部 8 0 d に出力する。

【 0 1 3 3 】

時変動成分抽出部 1 1 0 b は、送受信機 1 5 0 E が受信する受信信号の時変動成分のうち、フィードバック部 7 0 b で除外された A G C 4 3 による処理に対応する時変動成分を抽出する。例えば、時変動成分抽出部 1 1 0 a は、A G C 4 3 による処理に対応する時変動成分として、A G C 4 3 が受信信号に対して実行した利得制御の内容を示す利得情報を含む信号を受信する。そして、時変動成分抽出部 1 1 0 b は、A G C 4 3 から受信した利得情報の信号を、時変動成分抽出部 1 1 0 b に含まれる A D C を用いてサンプリングし、サンプリングした利得情報を制御部 8 0 d に出力する。すなわち、時変動成分抽出部 1 1 0 b は、A G C 4 3 の利得情報を、受信信号における振幅の時変動成分として抽出する。

【 0 1 3 4 】

なお、図 1 1 に示した送受信機 1 5 0 E における送受信処理は、図 1 0 に示した処理と同一または同様であり、詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 5 】

以上、図 1 1 に示した実施形態では、レプリカ生成部 8 2 a は、フィードバック部 7 0 b により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 1 1 0 b により抽出された（すなわち、フィードバック部 7 0 b で除外された受信処理を示す）時変動成分とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。換言すれば、レプリカ生成部 8 2 a

は、フィードバック部 70 b において除外された受信処理について、時変動成分抽出部 110 b により抽出された時変動成分を用いてフィードバック信号を補正し、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。これにより、送受信機 150 E は、回り込み自干渉信号が送受信機 150 E 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150 E は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【0136】

図 12 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 10 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する。

10

【0137】

図 12 に示した送受信機 150 F は、送信部 10、レプリカ生成部 15、受信部 40、局部発振器 50 a、50 b、クロック発生器 60、フィードバック部 70、制御部 80 e、キャンセル部 90 および時変動成分抽出部 110 c を有する。

【0138】

局部発振器 50 a、50 b は、VCO 等の発振器であり、印加される電圧に応じて発振周波数を制御することで、所定の周波数の LO 信号を生成する。局部発振器 50 a は、送信部 10 のミキサ 12、受信部 40 のミキサ 42 および時変動成分抽出部 110 c の各々に生成した LO 信号を出力する。局部発振器 50 b は、フィードバック部 70 のミキサ 42 および時変動成分抽出部 110 c の各々に生成した LO 信号を出力する。なお、局部発振器 50 a、50 b の LO 信号は、同じ周波数に設定されてもよく、異なる周波数に設定されてもよい。

20

【0139】

例えば、局部発振器 50 a、50 b の LO 信号の周波数が同じ周波数に設定される場合、受信部 40 とフィードバック部 70 とは、同じ受信処理を実行する。しかしながら、局部発振器 50 a、50 b 間の LO 信号が互いに同期していない場合、受信部 40 とフィードバック部 70 とにおいて受信処理の時変動の差が生じる。一方、局部発振器 50 a、50 b の LO 信号の周波数が互いに異なる周波数に設定される場合、受信部 40 とフィードバック部 70 とは、ミキサ 42 において異なる処理を実行する。そこで、時変動成分抽出部 110 c は、局部発振器 50 a、50 b の LO 信号あるいは位相雑音を受信することで、受信部 40 とフィードバック部 70 とにおける受信処理の差異を、時変動成分として抽出する。なお、局部発振器 50 a、50 b の LO 信号の周波数が互いに同じ場合、送受信機 150 のミキサ 12 または受信部 40 のミキサ 42 は、局部発振器 50 b の LO 信号を受信してもよい。

30

【0140】

なお、送受信機 150 F は、2つの局部発振器 50 a、50 b は設けられたが、2つのクロック発生器 60 が設けられてもよい。すなわち、一方のクロック発生器 60 は、送信部 10 の DAC 11 および受信部 40 の ADC 44 にクロック信号を供給する。他方のクロック発生器 60 は、フィードバック部 70 の ADC 44 にクロック信号を供給する。この場合、時変動成分抽出部 110 c は、2つのクロック発生器 60 のクロック信号あるいはクロックジッタを受信し、2つのクロック発生器 60 間の時変動の差を、受信部 40 とフィードバック部 70 とにおける受信処理の差異（すなわち、時変動成分）として抽出する。なお、2つのクロック発生器 60 のクロック信号の周波数は、同じでも異なってもよい。クロック信号の周波数が異なる場合の一例として、図 9 に示すようなミキサ 42 が省略され、RF 帯の信号として ADC 44 により高いレートでサンプリングされたフィードバック信号が、制御部 80 e に入力されてもよい。この場合、レプリカ生成部 82 b は、例えば、フィードバック信号の周波数をデジタルダウンコンバートさせる等して、受信部 40 が受信する受信信号の周波数に合わせる。

40

【0141】

また、受信部 40 とフィードバック部 70 との AGC 43 がそれぞれ独立に動作するよ

50

うにしてもよい。この場合、時変動成分抽出部 110c は、各 AGC 43 の利得情報を含む信号を受信し、2つの AGC 43 間の時変動の差を、受信部 40 とフィードバック部 70 とにおける受信処理の差異（すなわち、時変動成分）として抽出する。

【0142】

制御部 80e は、プロセッサ等であり、送受信機 150F に含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機 150F の各要素を制御する。また、制御部 80e は、図 1 に示した制御部 80 と同様に、受信部 40 から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。さらに、制御部 80e は、プログラムを実行することで、判定部 81 およびレプリカ生成部 82b として動作する。

10

【0143】

レプリカ生成部 82b は、フィードバック部 70 により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 110c により抽出された受信信号の時変動成分（すなわち、局部発振器 50a、50b の各々の LO 信号または LO 信号の位相雑音）と、検出された時刻とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。例えば、局部発振器 50a、50b の LO 信号の周波数が互いに同じ場合、レプリカ生成部 82b は、検出された時刻のタイミングで、局部発振器 50a、50b の LO 信号間の位相差（すなわち時間差）を検出する。そして、レプリカ生成部 82b は、検出した位相差と抽出された局部発振器 50a、50b の LO 信号の時変動成分とを用いて、四則演算等によりフィードバック信号の振幅および位相を変化させ参照信号を生成する。

20

【0144】

一方、局部発振器 50a、50b の LO 信号の周波数が互いに異なる場合、レプリカ生成部 82b は、例えば、フィードバック信号の周波数をデジタルダウンコンバートさせる等して、受信部 40 が受信する受信信号の周波数に合わせる。そして、レプリカ生成部 82b は、抽出された局部発振器 50a、50b の LO 信号の時変動成分を用いて、演算等によりフィードバック信号の振幅および位相を変化させ参照信号を生成する。

【0145】

レプリカ生成部 82b は、生成した参照信号と受信部 40 から受信した受信信号に含まれる回り込み自干渉信号とを比較し、参照信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、レプリカ生成部 82b は、求めた差分情報を用いて参照信号の振幅および位相を変化させて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 82b は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 90 に出力する。

30

【0146】

なお、図 12 に示した送受信機 150F における送受信処理は、図 10 に示した処理と同一または同様であり、詳細な説明を省略する。

【0147】

以上、図 12 に示した実施形態では、レプリカ生成部 82b は、フィードバック部 70 により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 110c により抽出された受信部 40 とフィードバック部 70 とにおける受信処理の差異を示す時変動成分とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部 82b は、受信部 40 とフィードバック部 70 とにおける受信処理の差異について、時変動成分抽出部 110c により抽出された時変動成分を用いてフィードバック信号を補正し、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。これにより、送受信機 150F は、回り込み自干渉信号が送受信機 150F 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150F は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

40

【0148】

図 13 は、送受信機の別の実施形態を示す。図 7 で説明した要素と同一または同様の要素については、同一または同様の符号を付し、これ等については、詳細な説明を省略する

50

。

【0149】

図13に示した送受信機150Gは、送信部10、受信部40、局部発振器50、クロック発生器60、フィードバック部70c、制御部80f、キャンセル部90および時変動成分抽出部110を有する。

【0150】

フィードバック部70cは、図9に示したフィードバック部70aと同様に、LNA41、AGC43およびADC44を有する。すなわち、フィードバック部70cは、ミキサ42が省略される。これにより、フィードバック部70cは、ミキサ42による処理が除外された受信処理を、制御部80fから受信した送信信号のレプリカ信号に対して実行し、フィードバック信号を生成する。フィードバック部70cは、生成したフィードバック信号を制御部80fに出力する。

10

【0151】

制御部80fは、プロセッサ等であり、送受信機150Gに含まれるメモリ等の記憶装置に記憶されたプログラムを実行することで、送受信機150Gの各要素を制御する。また、制御部80fは、図7に示した制御部80cと同様に、受信部40から受信した受信信号を用いて、受信アンテナ30を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。さらに、制御部80fは、プログラムを実行することで、判定部81およびレプリカ生成部82cとして動作する。

【0152】

レプリカ生成部82cは、図7に示したレプリカ生成部82と同様に、デジタルの送信信号を受信する。また、レプリカ生成部82cは、時変動成分抽出部110が抽出した送信信号の振幅および位相の時変動成分(すなわち、局部発振器50のLO信号およびクロック発生器60のクロックジッタ等)を取得する。レプリカ生成部82cは、取得した時変動成分を用いて受信したデジタルの送信信号の振幅および位相を変化させて、送信部10のDAC11およびミキサ12の処理を擬似的に受けた送信信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部82cは、制御部80fに含まれるDAC等を介して、生成した送信信号のレプリカ信号をフィードバック部70cに出力する。これにより、フィードバック部70cは、フィードバック信号を生成できる。

20

【0153】

また、レプリカ生成部82cは、フィードバック部70cにより生成されたフィードバック信号と検出された時刻とともに、時変動成分抽出部110により抽出された局部発振器50のLO信号または位相雑音を受信信号の時変動成分として用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。例えば、レプリカ生成部82cは、検出された時刻のタイミングで、抽出された局部発振器50のLO信号の時変動成分を用いて、四則演算等によりフィードバック部70aから受信したフィードバック信号の振幅および位相を変化させ、参照信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部82cは、フィードバック信号に対して、除外されたミキサ42による時変動を擬似的に付加する。

30

【0154】

なお、フィードバック部70cからミキサ42が省略されることから、ADC44に入力される信号の周波数は、RF帯である。そこで、フィードバック部70cのADC44はダウンコンバートされた後の低い周波数の信号を対象としており低いレートでサンプリングを行うため、アンダーサンプリングの効果によりフィードバック信号が低い周波数帯域にダウンコンバートされる。アンダーサンプリングにより元のトレーニング信号とは異なる周波数に変換される場合や信号帯域外に不要波が存在する場合もあるので、レプリカ生成部82cは、ダウンコンバートしたフィードバック信号にバンドパスフィルタの処理を実行し、必要に応じてさらに周波数変換処理を実行することで、回り込み自干渉信号の成分を抽出する。

40

【0155】

レプリカ生成部82cは、生成した参照信号と受信部40から受信した受信信号に含ま

50

れる回り込み自干渉信号とを比較し、参照信号と回り込み自干渉信号との間の相対的な振幅および位相の差を示す差分情報を求める。そして、レプリカ生成部 82c は、求めた差分情報を用いて参照信号の振幅および位相を変化させて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 82c は、生成した回り込み自干渉信号のレプリカ信号をキャンセル部 90 に出力する。

【0156】

なお、図 13 に示した送受信機 150G における送受信処理は、図 10 に示した処理と同一または同様であり、詳細な説明を省略する。

【0157】

以上、図 13 に示した実施形態では、レプリカ生成部 82c は、フィードバック部 70c により生成されたフィードバック信号と、時変動成分抽出部 110 により抽出されたフィードバック部 70c から除外された受信処理に対応する時変動成分とを用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。すなわち、レプリカ生成部 82c は、フィードバック部 70c において除外された受信処理について、時変動成分抽出部 110 により抽出された時変動成分を用いてフィードバック信号を補正し、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。これにより、送受信機 150G は、回り込み自干渉信号が送受信機 150G 内でランダム性のある時変動を受ける場合でも、受信信号から回り込み自干渉信号を除去する信号を高い精度で生成できる。そして、送受信機 150G は、回り込み自干渉信号を除去する性能の向上を図ることができる。

【0158】

以上の詳細な説明により、実施形態の特徴点および利点は明らかになるであろう。これは、特許請求の範囲がその精神および権利範囲を逸脱しない範囲で前述のような実施形態の特徴点および利点にまで及ぶことを意図するものである。また、当該技術分野において通常の知識を有する者であれば、あらゆる改良および変更に容易に想到できるはずである。したがって、発明性を有する実施形態の範囲を前述したものに限定する意図はなく、実施形態に開示された範囲に含まれる適当な改良物および均等物に拠ることも可能である。

【符号の説明】

【0159】

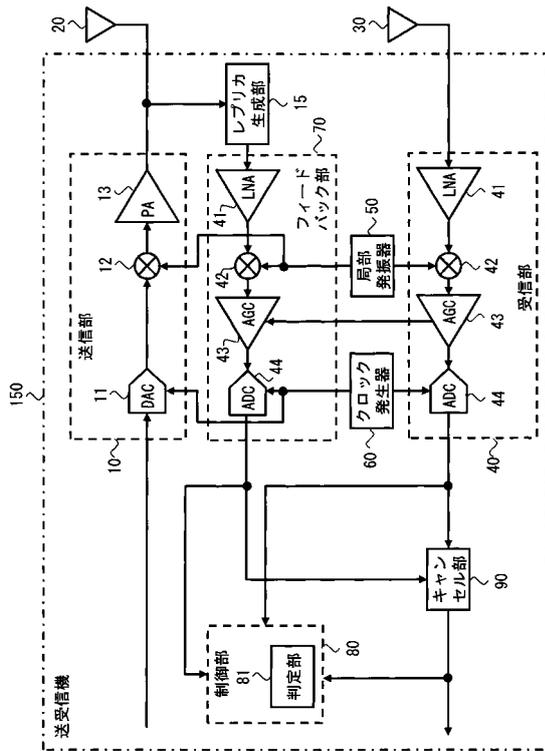
10 ... 送信部 ; 11 ... DAC ; 12 , 42 ... ミキサ ; 13 ... PA ; 15 , 15a , 35 (1) - 35 (N) , 82 , 82a , 82b , 82c ... レプリカ生成部 ; 20 ... 送信アンテナ ; 30 ... 受信アンテナ ; 40 ... 受信部 ; 41 ... LNA ; 43 ... AGC ; 44 ... ADC ; 50 , 50a , 50b ... 局部発振器 ; 60 ... クロック発生器 ; 70 , 70a , 70b , 70c ... フィードバック部 ; 80 , 80a , 80b , 80c , 80d , 80e , 80f ... 制御部 ; 81 ... 判定部 ; 90 , 90a ... キャンセル部 ; 100 ... 残留成分除去部 ; 110 ... 時変動成分抽出部 ; 150 , 150A , 150B , 150C , 150D , 150E , 150F , 150G ... 送受信機

10

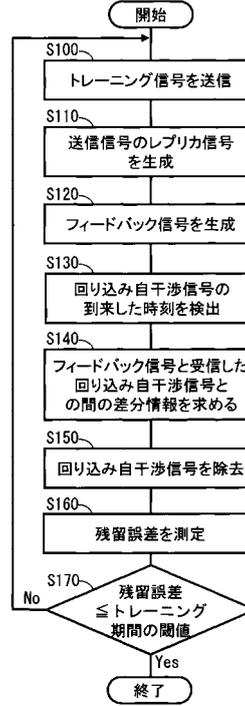
20

30

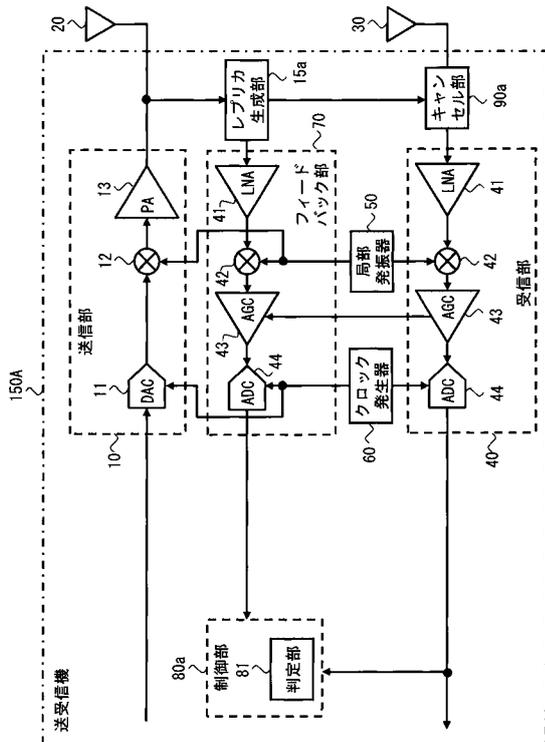
【図1】



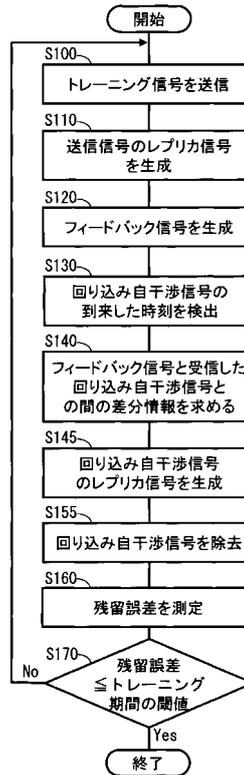
【図2】



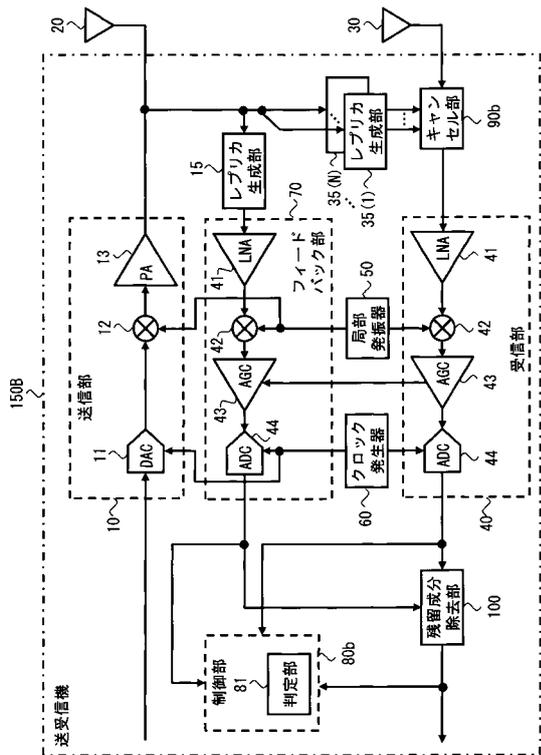
【図3】



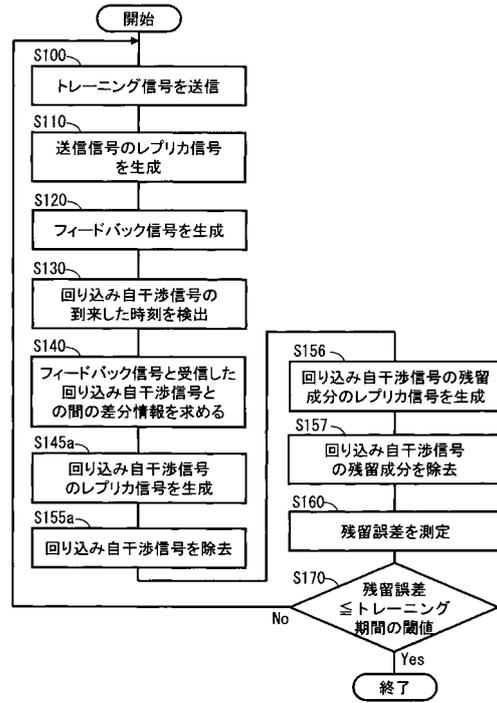
【図4】



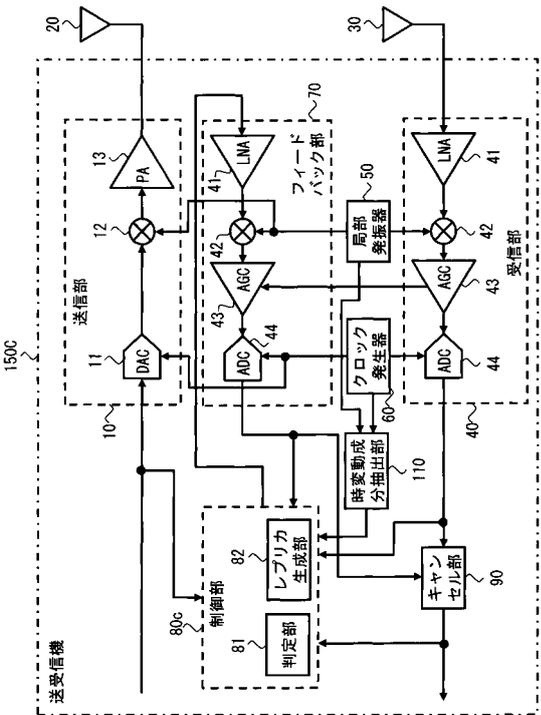
【図5】



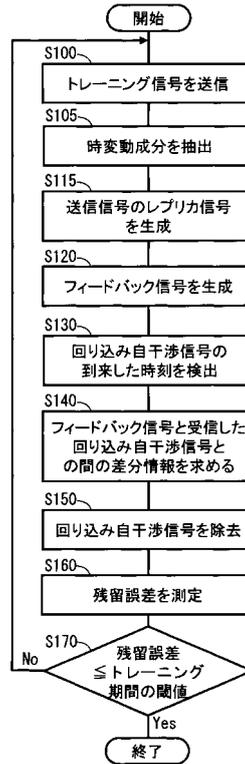
【図6】



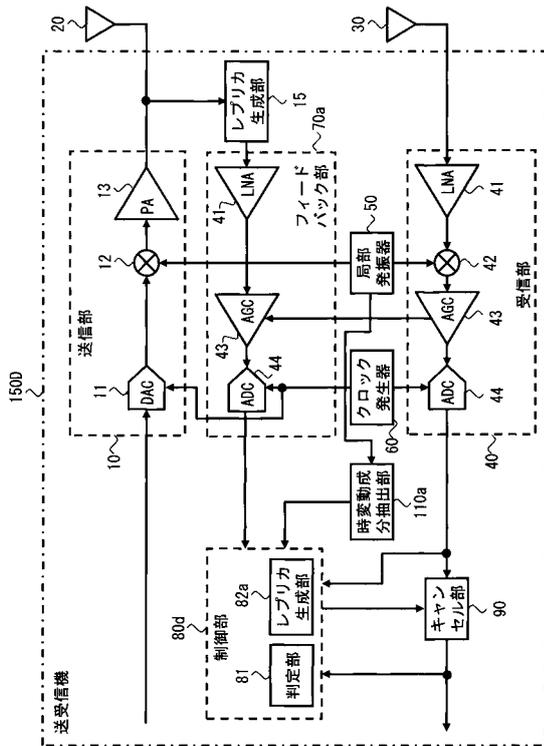
【図7】



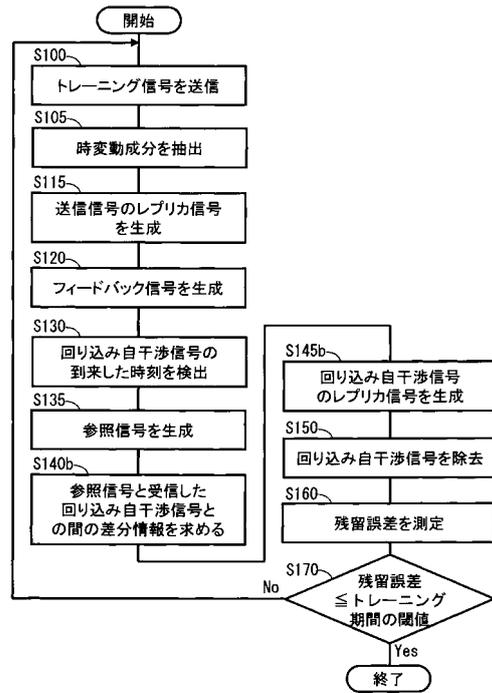
【図8】



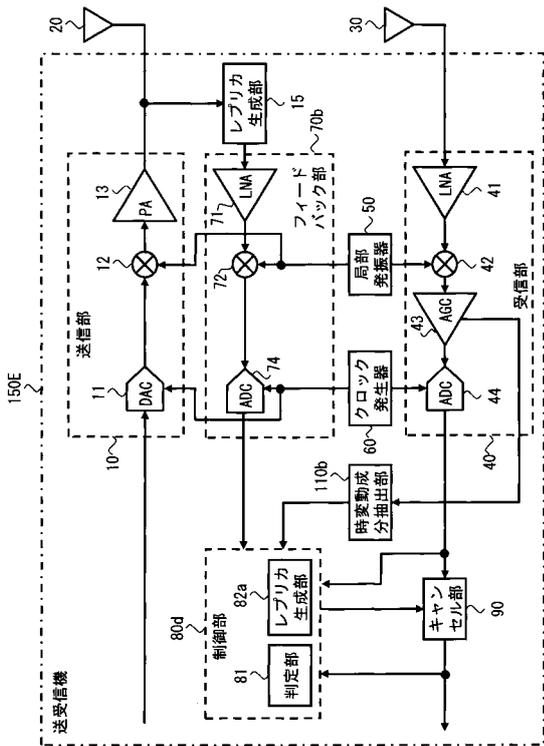
【図 9】



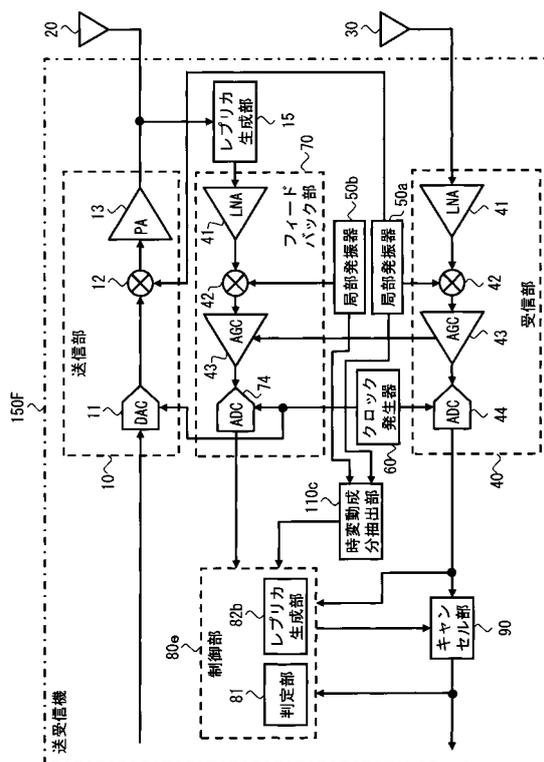
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 山口 陽
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 中川 匡夫
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 杉山 隆利
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- Fターム(参考) 5K011 BA01 DA06 DA12 JA01 KA05