

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6367160号
(P6367160)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 B 1/56 (2006.01) HO 4 B 1/56
HO 4 B 1/10 (2006.01) HO 4 B 1/10 L

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-142059 (P2015-142059)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成27年7月16日 (2015.7.16)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2017-28363 (P2017-28363A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成29年2月2日 (2017.2.2)	(74) 代理人	100072718
審査請求日	平成29年9月4日 (2017.9.4)		弁理士 古谷 史旺
		(74) 代理人	100151002
			弁理士 大橋 剛之
		(74) 代理人	100201673
			弁理士 河田 良夫
		(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) 【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、
 前記送受信機が送受信する送信信号および受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、
 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であるレプリカ信号を生成する第1生成部と、
 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、
 前記送信信号のレプリカ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、
 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。

10

20

【請求項 2】

前記抽出部は、前記送信信号の周波数の変換あるいは変調に用いられる第 1 局部発振信号あるいは前記第 1 局部発振信号の位相雑音と、前記送信信号のデジタル - アナログ変換に用いられる第 1 クロック信号あるいは前記第 1 クロック信号のクロックジッタと、前記受信信号の周波数の変換あるいは復調に用いられる第 2 局部発振信号あるいは前記第 2 局部発振信号の位相雑音と、前記受信信号のアナログ - デジタル変換に用いられる第 2 クロック信号あるいは前記第 2 クロック信号のクロックジッタとの前記時変動成分のうち、1 つ以上を抽出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】

前記受信信号に対する利得を自動的に調整する自動利得制御部を備え、

10

前記抽出部は、前記自動利得制御部で制御される利得の利得情報を前記時変動成分として抽出する

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の送受信機。

【請求項 4】

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、

前記送受信機が送受信する送信信号および受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、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であるレプリカ信号を生成する第 1 生成部と、

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、

20

前記送信信号のレプリカ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る比較部と、

前記差分情報を用いて、前記送信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、

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

30

を備えることを特徴とする送受信機。

【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、

前記送受信機が受信する受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、

抽出した前記時変動成分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、

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、

前記送信信号のレプリカ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、

40

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、

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

50

を備えることを特徴とする送受信機。

【請求項 6】

前記抽出部は、前記受信信号の周波数の変換あるいは復調に用いられる局部発振信号あるいは前記局部発振信号の位相雑音と、前記受信信号のアナログ - デジタル変換に用いられるクロック信号あるいは前記クロック信号のクロックジッタとの前記時変動成分の少なくとも 1 つを抽出することを特徴とする請求項 5 に記載の送受信機。

【請求項 7】

前記受信信号に対する利得を自動的に調整する自動利得制御部を備え、

前記抽出部は、前記自動利得制御部で制御される利得の利得情報を前記時変動成分として抽出する

10

ことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 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。

20

【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できた送信信号（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）。

30

【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

40

【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.539-544, 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

50

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、送受信機が送受信する送信信号および受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、抽出した時変動成分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、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、送信信号のレプリカ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、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。

【0010】

第2の発明は、抽出部は、送信信号の周波数の変換あるいは変調に用いられる第1局部発振信号あるいは第1局部発振信号の位相雑音と、送信信号のデジタル-アナログ変換に用いられる第1クロック信号あるいは第1クロック信号のクロックジッタと、受信信号の周波数の変換あるいは復調に用いられる第2局部発振信号あるいは第2局部発振信号の位相雑音と、受信信号のアナログ-デジタル変換に用いられる第2クロック信号あるいは第2クロック信号のクロックジッタとの時変動成分のうち、1つ以上を抽出することを特徴とする。

【0011】

第3の発明は、受信信号に対する利得を自動的に調整する自動利得制御部を備え、抽出部は、自動利得制御部で制御される利得の利得情報を時変動成分として抽出することを特徴とする。

【0012】

第4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、送受信機が送受信する送信信号および受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、抽出した時変動成分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、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、送信信号のレプリカ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る比較部と、差分情報を用いて、送信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、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

10

20

30

40

50

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。

【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、送受信機が受信する受信信号の時変動成分を抽出する抽出部と、抽出した時変動成分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、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、送信信号のレプリカ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、生成し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、抽出部は、受信信号の周波数の変換あるいは復調に用いられる局部発振信号あるいは局部発振信号の位相雑音と、受信信号のアナログ-デジタル変換に用いられるクロック信号あるいはクロック信号のクロックジッタとの時変動成分の少なくとも1つを抽出することを特徴とする。

20

【0015】

第7の発明は、受信信号に対する利得を自動的に調整する自動利得制御部を備え、抽出部は、自動利得制御部で制御される利得の利得情報を時変動成分として抽出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

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。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】送受信機の一実施形態を示す図である。

【図2】図1に示した時変動成分抽出部の一例を示す図である。

【図3】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4】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図5】図4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6】送受信機の別の実施形態を示す図である。

【図7】図6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8】送受信機の別の実施形態を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を用いて実施形態について説明する。

【0019】

図1は、送受信機の一実施形態を示す。

【0020】

図1に示した送受信機150は、送信部10、受信部40、局部発振器50、クロック発生器60、時変動成分抽出部70、制御部80およびキャンセル部90を有する。

【0021】

送信部10は、DAC(Digital to Analog Converter)11、ミキサ12およびPA

50

(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。

【0022】

DAC11は、送信部10に含まれる変調器によりQPSK (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60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。

【0023】

ミキサ12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50が出力するLO (Local) 信号のRF (Radio Frequency) 帯の周波数にアップコンバートする。

【0024】

PA13は、生成された送信信号の電力を増幅する。

【0025】

受信部40は、受信アンテナ30に接続され、受信アンテナ30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、受信部40は、送受信機150が同一周波数帯同時送受信を行うため、送信部10により送信された送信信号を、受信アンテナ30に回り込んだ回り込み自干渉信号として受信する。受信部40は、LNA (Low Noise Amplifier) 41、ミキサ42、AGC (Automatic Gain Control) 43およびADC (Analog to Digital Converter) 44を有する。

【0026】

LNA41は、低雑音の増幅器であり、受信アンテナ30を介して受信した受信信号を増幅する。

【0027】

ミキサ42は、局部発振器50が出力するLO信号を用いて、RF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42は、データを含んだベースバンドの受信信号をAGC43に出力する。

【0028】

AGC43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ADC44に出力する。また、AGC43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時変動成分抽出部70に出力する。なお、受信部40は、AGC43がなくてもよい。

【0029】

ADC44は、クロック発生器60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40は、デジタル信号に変換された受信信号を制御部80およびキャンセル部90にそれぞれ出力する。

【0030】

なお、上述のベースバンドの各信号は、IF (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)。

【0031】

局部発振器50は、VCO (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LO信号を生成する。局部発振器50は、生成したLO信号をミキサ12、42および時変動成分抽出部70に出力する。なお、送受信機150には、2つの局部発振器50を設け、一方の局部発振器50は送信部10のミキサ12に、他方の局部発振器50は受信部40のミキサ42にLO信号をそれぞれ出力するようにしてもよい。

【0032】

クロック発生器60は、DAC11およびADC44を動作させるクロック信号を生成する。クロック発生器60は、生成したクロック信号をDAC11、ADC44および時変動成分抽出部70の各々に出力する。

【0033】

10

20

30

40

50

時変動成分抽出部 70 は、送受信機 150 が送受信する送信信号および受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 70 は、送信信号および受信信号における振幅および位相等の時変動成分として、AGC 43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の信号をそれぞれ受信する。そして、時変動成分抽出部 70 は、AGC 43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の各々から受信した信号を、時変動成分抽出部 70 に含まれる ADC を用いてサンプリングし、サンプリングした各信号を制御部 80 に出力する。時変動成分抽出部 70 の動作については、図 2 で説明する。

【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。また、制御部 80 は、プログラムを実行することで、レプリカ生成部 81 および判定部 82 として動作する。

10

【0035】

レプリカ生成部 81 は、デジタル領域において送信信号を参照する。また、レプリカ生成部 81 は、時変動成分抽出部 70 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 81 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。

20

【0036】

また、レプリカ生成部 81 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、レプリカ生成部 81 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、レプリカ生成部 81 は、生成した送信信号のレプリカ信号と受信部 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、レプリカ生成部 81 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。

30

【0037】

レプリカ生成部 81 は、検出した時刻のタイミングで、時変動成分抽出部 70 が抽出した受信信号における振幅および位相の時変動成分（すなわち、AGC 43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の各々の信号）を用い、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 81 は、取得した AGC 43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の各々の信号の時変動成分を用い、演算等により生成した送信信号のレプリカ信号の振幅および位相を変化させた参照信号を生成する。レプリカ生成部 81 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 81 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 81 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。

40

【0038】

判定部 82 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、レプリカ生成部 81 が回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成するのに必要な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

50

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 82 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 82 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 82 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干渉信号の電力とに基づいて設定される。

【0039】

判定部 82 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 90 で除去されたと判定する。この場合、制御部 80 は、検出された回り込み自干渉信号の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。一方、判定部 82 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 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 (Least Mean Squares) アルゴリズム等の最適化アルゴリズムを実行し調整する。そして、制御部 80 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 90 により除去される）まで繰り返し調整する。

【0040】

そして、制御部 80 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。レプリカ生成部 81 は、トレーニング期間で求めた伝播時間を用いて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、時変動成分抽出部 70 が抽出した送信信号および受信信号の時変動成分と、送受信機 150 の記憶装置に保持した差分情報とを用い、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を随時生成する。

【0041】

なお、制御部 80 は、通常運用の期間でも、判定部 82 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 80 が、通常運用の期間に判定部 82 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 80 は、判定部 82 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 80 は、送受信機 150 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。

【0042】

キャンセル部 90 は、レプリカ生成部 81 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 は、回り込み自干渉信号が到来した時刻のタイミングで、レプリカ生成部 81 から受けた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 90 は、回り込み自干渉信号が除去された受信信号を判定部 82 に出力する。また、送受信機 150 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対して復調処理を実行する。

【0043】

図 2 は、図 1 に示した時変動成分抽出部 70 の一例を示す。図 2 (a) に示した時変動成分抽出部 70 は、3 つの ADC 71、72、73 を有する。ADC 71 は、AGC 43 から受信した利得情報を含む信号をサンプリングし、サンプリングした利得情報を制御部 80 に出力する。なお、AGC 43 がデジタルデータとして利得情報を出力可能な場合、ADC 71 は不要である。ADC 72 は、局部発振器 50 が生成した LO 信号をサンプリ

10

20

30

40

50

ングし、サンプリングしたLO信号を制御部80に出力する。ADC73は、クロック発生器60が生成したクロック信号あるいはクロック信号のクロックジッタをサンプリングし、サンプリングしたクロック信号あるいはクロックジッタを制御部80に出力する。なお、ADC71、72、73は、クロック発生器60とは異なるクロック発生器からのクロック信号を用いて駆動される。

【0044】

例えば、AGC43から受信する利得情報には、受信信号における振幅に関わる時変動成分が含まれる。局部発振器50のLO信号には、送信信号および受信信号における振幅および位相に関わる時変動成分が含まれる。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には、送信信号および受信信号における振幅および位相に関わる時変動成分が含まれる。

10

【0045】

図2(b)は、図1に示した時変動成分抽出部70の別例を示す。図2(a)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。

【0046】

図2(b)に示した時変動成分抽出部70は、LO信号の振幅の代わりに、LO信号の位相雑音を抽出する。そのため、時変動成分抽出部70は、遅延器74、90度位相器75、ミキサ76およびLPF(Low-Pass Filter)77をさらに有する。時変動成分抽出部70は、局部発振信号50からのLO信号を、遅延器74および90度位相器75に分配する。遅延器74は、90度位相器75からのLO信号と同じタイミングでミキサ76に入力されるように、受けたLO信号を遅延させる。一方、90度位相器75は、受けたLO信号の位相を90度変化させる。ミキサ76は、遅延器74からのLO信号と90度位相器75からのLO信号とをミキシングする。そして、ミキサ76から出力された信号をLPF77に通すことで、位相雑音の変化量を示す信号がLPF77から出力される。時変動成分抽出部70は、ADC72を用いてLPF77から出力された信号をサンプリングすることで位相雑音を抽出する。なお、局部発振器50のLO信号がミリ波帯等の高い周波数の場合、時変動成分抽出部70は、LO信号をサンプリングするよりも位相雑音をサンプリングする方が低いサンプリングレートのADCを用いることができ、コストを抑制できる。

20

30

【0047】

また、時変動成分抽出部70は、AGC43、局部発振器50およびクロック発生器60の各信号を送受信機150の記憶装置に保持させてもよい。これにより、制御部80は、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号をキャンセル部90で除去する所望のタイミングで、送信信号および受信信号の時変動成分を送受信機150の記憶装置から読み出し、回り込み自干渉信号のレプリカを生成できる。

【0048】

また、時変動成分抽出部70が抽出する送信信号および受信信号の時変動成分には、送受信機150がAGC43を有さない場合、AGC43の利得情報が含まれなくてもよい。

40

【0049】

図3は、図1に示した送受信機150における送受信処理の一例を示す。図3に示した処理は、例えば、送受信機150に含まれるプロセッサ等の制御部80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3に示した処理は、送受信機150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に示したレプリカ生成部81および判定部82は、送受信機150内に配置される回路により実現される。

【0050】

ステップS100では、送信部10は、トレーニング期間の場合、制御部80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20を介して送

50

信する。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 1 1 0 では、時変動成分抽出部 7 0 は、送受信機 1 5 0 が送受信する送信信号（すなわちトレーニング信号）および受信信号（すなわちトレーニング信号の回り込み自干渉信号）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 7 0 は、図 2 に示すように、送信信号および受信信号における振幅および位相の時変動成分として、A G C 4 3、局部発振器 5 0 およびクロック発生器 6 0 の信号をそれぞれ受信する。そして、時変動成分抽出部 7 0 は、A G C 4 3、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 7 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 に出力する。

10

【 0 0 5 2 】

なお、送受信機 1 5 0 が 2 つの局部発振器 5 0 を有する場合、時変動成分抽出部 7 0 は、各局部発振器 5 0 の L O 信号を、送信信号および受信信号における時変動成分として取得してもよい。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 2 0 では、レプリカ生成部 8 1 は、データを含むデジタルの送信信号（トレーニング信号）と、ステップ S 1 1 0 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、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。

20

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 3 0 では、レプリカ生成部 8 1 は、受信部 4 0 が受信した受信信号を用い、受信アンテナ 3 0 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。そして、レプリカ生成部 8 1 は、送信部 1 0 が送信信号を送信してから受信部 4 0 が回り込み自干渉信号を受信するまでの伝播時間を求める。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 4 0 では、レプリカ生成部 8 1 は、ステップ S 1 3 0 で検出された時刻のタイミングで、あるいは後述するステップ S 1 9 0 で調整されたタイミングで、時変動成分抽出部 7 0 が抽出した時変動成分を用い、送信信号のレプリカ信号の振幅および位相を変化させた参照信号を生成する。

30

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 5 0 では、レプリカ生成部 8 1 は、ステップ S 1 4 0 で生成された参照信号と受信部 4 0 が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。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 6 0 では、レプリカ生成部 8 1 は、ステップ S 1 5 0 で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、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。そして、レプリカ生成部 8 1 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 0 5 8 】

ステップ S 1 7 0 では、キャンセル部 9 0 は、ステップ S 1 6 0 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。

40

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 8 0 では、判定部 8 2 は、ステップ S 1 7 0 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。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 9 0 では、判定部 8 2 は、ステップ S 1 8 0 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 8 2 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 8 0 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

50

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 3 に示した処理）を終了し、通常運用に移る。

【0061】

一方、判定部 82 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 S140 に移る。

【0062】

以上、図 1 から図 3 に示した実施形態では、レプリカ生成部 81 は、時変動成分抽出部 70 により抽出された送信信号および受信信号における振幅および位相の時変動成分（すなわち、AGC 43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の各々の信号）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。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。

【0063】

図 4 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。

【0064】

図 4 に示した送受信機 150 A は、送信部 10、受信部 40、局部発振器 50、クロック発生器 60、時変動成分抽出部 70、制御部 80 a、レプリカ生成回路 100 およびキャンセル部 110 を有する。

【0065】

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、レプリカ生成部 81 a および判定部 82 として動作する。

【0066】

レプリカ生成部 81 a は、図 1 に示したレプリカ生成部 81 と同様に、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 81 a は、時変動成分抽出部 70 が抽出した送信信号の振幅および位相に時変動を与える時変動成分（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）を取得する。レプリカ生成部 81 a 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。

【0067】

また、レプリカ生成部 81 a は、図 1 に示したレプリカ生成部 81 と同様に、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。なお、レプリカ生成部 81 a が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、レプリカ生成回路 100 およびキャンセル部 110 の動作を一時的に停止させるのが好ましい。そして、制御部 80 a は、レプリカ生成部 81 a が回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出した後、レプリカ生成回路 100 およびキャンセル部 100 の動作を再開させるのが好ましい。その後、レプリカ生成部 81 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伝播時間を求める。

【0068】

レプリカ生成部 81 a は、図 1 に示したレプリカ生成部 81 と同様に、検出した時刻のタイミングで、時変動成分抽出部 70 が抽出した受信信号における振幅および位相の時変

10

20

30

40

50

動成分を用い、参照信号を生成する。レプリカ生成部 8 1 a は、生成した参照信号と受信部 4 0 が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、制御部 8 0 a は、検出した時刻のタイミングで、レプリカ生成部 8 1 a が求めた伝播時間と差分情報とをレプリカ生成回路 1 0 0 に出力する。

【 0 0 6 9 】

レプリカ生成回路 1 0 0 は、制御部 8 0 a から受信した伝播時間と差分情報とを用い、送信部 1 0 から受けた送信信号を伝播時間分遅延させて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する。レプリカ生成回路 1 0 0 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 1 1 0 に出力する。

10

【 0 0 7 0 】

キャンセル部 1 1 0 は、レプリカ生成回路 1 0 0 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 1 1 0 は、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を、受信アンテナ 3 0 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。キャンセル部 1 1 0 は、回り込み自干渉信号が除去された受信信号を、受信部 4 0 に出力する。

【 0 0 7 1 】

図 5 は、図 4 に示した送受信機 1 5 0 A における送受信処理の一例を示す。図 5 に示した処理は、例えば、送受信機 1 5 0 A に含まれるプロセッサ等の制御部 8 0 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 5 に示した処理は、送受信機 1 5 0 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 4 に示したレプリカ生成部 8 1 a および判定部 8 2 は、送受信機 1 5 0 A 内に配置される回路により実現される。

20

【 0 0 7 2 】

なお、図 5 に示したステップの動作のうち、図 3 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 0 7 3 】

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

30

【 0 0 7 4 】

ステップ S 1 5 5 では、制御部 8 0 a は、ステップ S 1 3 0 で検出された回り込み自干渉信号が到来した時刻のタイミングで、ステップ S 1 3 0 とステップ S 1 5 0 との各々で求められた伝播時間と差分情報とをレプリカ生成回路 1 0 0 に出力する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 1 6 0 a では、レプリカ生成回路 1 0 0 は、制御部 8 0 a から受信した伝播時間と差分情報とを用い、送信部 1 0 から受けた送信信号を伝播時間分遅延させて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する。レプリカ生成回路 1 0 0 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 1 1 0 に出力する。

40

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 7 0 a では、キャンセル部 1 1 0 は、ステップ S 1 6 0 a 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。

【 0 0 7 7 】

送受信機 1 5 0 A は、ステップ S 1 7 0 a の処理を実行した後、ステップ S 1 8 0 およびステップ S 1 9 0 の処理を実行する。

【 0 0 7 8 】

以上、図 4 および図 5 に示した実施形態では、レプリカ生成部 8 1 a は、時変動成分抽出部 7 0 により抽出された送信信号および受信信号における振幅および位相の時変動成分

50

(すなわち、AGC43、局部発振器50およびクロック発生器60の各々の信号)を用いて、参照信号を生成する。レプリカ生成部81aは、生成した参照信号と受信部40が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、レプリカ生成回路100は、制御部80aから受信した伝播時間と差分情報とを用い、送信部10から受けた送信信号を伝播時間分遅延させて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。

【0079】

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。

【0080】

図6は、送受信機の別の実施形態を示す。図4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。

【0081】

図6に示した送受信機150Bは、送信部10、受信部40、局部発振器50、クロック発生器60、時変動成分抽出部70、制御部80b、レプリカ生成回路100、キャンセル部110および残留成分除去部120を有する。

【0082】

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、レプリカ生成部81bおよび判定部82として動作する。

【0083】

レプリカ生成部81bは、図4に示したレプリカ生成部81aと同様に、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81bは、時変動成分抽出部70が抽出した送信信号の振幅および位相に時変動を与える時変動成分(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)を取得する。レプリカ生成部81b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。

【0084】

また、レプリカ生成部81bは、図4に示したレプリカ生成部81aと同様に、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。なお、レプリカ生成部81bが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、レプリカ生成回路100およびキャンセル部110の動作を一時的に停止させるのが好ましい。そして、制御部80bは、レプリカ生成部81bが回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出した後、レプリカ生成回路100およびキャンセル部100の動作を再開させるのが好ましい。

【0085】

また、レプリカ生成部81bは、図4に示したレプリカ生成部81aと同様に、検出した時刻のタイミングで、時変動成分抽出部70が抽出した受信信号における振幅および位相の時変動成分を用い、参照信号を生成する。レプリカ生成部81bは、生成した参照信号と受信部40が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、制御部80bは、検出した時刻のタイミングで、レプリカ生成部81bが求めた伝播時間と差分情報とをレプリカ生成回路100に出力する。

【0086】

なお、受信信号に含まれる回り込み自干渉信号の一部は、伝播において歪みや遅延等を

10

20

30

40

50

受けるため、キャンセル部 110 により除去されず残留成分として残る。そこで、レプリカ生成部 81b 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することで、回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を生成する。レプリカ生成部 81b は、調整した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、生成した回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を残留成分除去部 120 に出力する。

【0087】

残留成分除去部 120 は、レプリカ生成部 81b 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 120 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。

10

【0088】

図 7 は、図 6 に示した送受信機 150B における送受信処理の一例を示す。図 7 に示した処理は、例えば、送受信機 150B に含まれるプロセッサ等の制御部 80b 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 7 に示した処理は、送受信機 150B 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 6 に示したレプリカ生成部 81b および判定部 82 は、送受信機 150B 内に配置される回路により実現される。

【0089】

なお、図 7 に示したステップの動作のうち、図 5 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。

20

【0090】

送受信機 150B は、図 7 に示したステップ S100 からステップ S170a の処理を実行した後、ステップ S172 の処理を実行する。

【0091】

ステップ S172 では、レプリカ生成部 81b 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回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を生成する。そして、レプリカ生成部 81b は、調整した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、生成した回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を残留成分除去部 120 に出力する。

30

【0092】

ステップ S175 では、残留成分除去部 120 は、ステップ S172 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。

【0093】

送受信機 150B は、ステップ S175 の処理を実行した後、ステップ S180 およびステップ S190 の処理を実行する。

【0094】

以上、図 6 および図 7 に示した実施形態では、レプリカ生成部 81b は、時変動成分抽出部 70 により抽出された送信信号および受信信号における振幅および位相の時変動成分（すなわち、AGC43、局部発振器 50 およびクロック発生器 60 の各々の信号）を用いて、参照信号を生成する。レプリカ生成部 81b は、生成した参照信号と受信部 40 が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、レプリカ生成回路 100 は、制御部 80b から受信した伝播時間と差分情報とを用い、送信部 10 から受けた送信信号を伝播時間分遅延させて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。

40

【0095】

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

50

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。

【0096】

また、レプリカ生成部 81b 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回り込み自干渉信号の残留成分のレプリカ信号を生成する。そして、残留成分除去部 120 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。

10

【0097】

図 8 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。

【0098】

図 8 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、時変動成分抽出部 70、制御部 80c およびキャンセル部 90 を有する。

【0099】

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、レプリカ生成部 81c および判定部 82 として動作する。

20

【0100】

レプリカ生成部 81c は、例えば、制御部 80c に含まれる ADC を介して、送信部 10 から出力された送信信号の一部を、送信信号のレプリカ信号として受信する。すなわち、レプリカ生成部 81c は、送信部 10 から出力された送信信号の一部を受信することで、時変動成分抽出部 70 が送信信号の時変動成分（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）を抽出することなく、送信信号のレプリカ信号を取得できる。これにより、制御部 80c の演算量を抑制できる。

【0101】

また、レプリカ生成部 81c は、図 1 に示したレプリカ生成部 81 と同様に、受信部 40 が受信した受信信号を用いて、受信アンテナ 30 を介して回り込み自干渉信号の到来した時刻を検出する。そして、レプリカ生成部 81c 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受信部 40 の入出力間の通過時間の合計を、送信部 10 の出力時点から受信部 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。

30

【0102】

そして、レプリカ生成部 81c は、図 1 に示したレプリカ生成部 81 と同様に、検出した時刻のタイミングで、時変動成分抽出部 70 が抽出した受信信号における振幅および位相の時変動成分を用い、参照信号を生成する。レプリカ生成部 81c は、生成した参照信号と受信部 40 が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。レプリカ生成部 81c 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 81c 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。

40

【0103】

なお、図 8 に示した送受信機 150C における送受信処理は、図 1 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。

【0104】

以上、図 8 に示した実施形態では、レプリカ生成部 81c は、時変動成分抽出部 70 に

50

より抽出された受信信号における振幅および位相の時変動成分を用いて、回り込み自干渉信号のレプリカ信号を生成する。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 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 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。

【0105】

また、レプリカ生成部 81c は、送信部 10 から出力された送信信号の一部を、送信信号のレプリカ信号として受信する。すなわち、レプリカ生成部 81c は、送信部 10 から出力された送信信号の一部を受信することで、時変動成分抽出部 70 が送信信号の時変動成分を抽出することなく、送信信号のレプリカ信号を取得でき、送受信機 150C は、演算量を抑制できる。

10

【0106】

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。

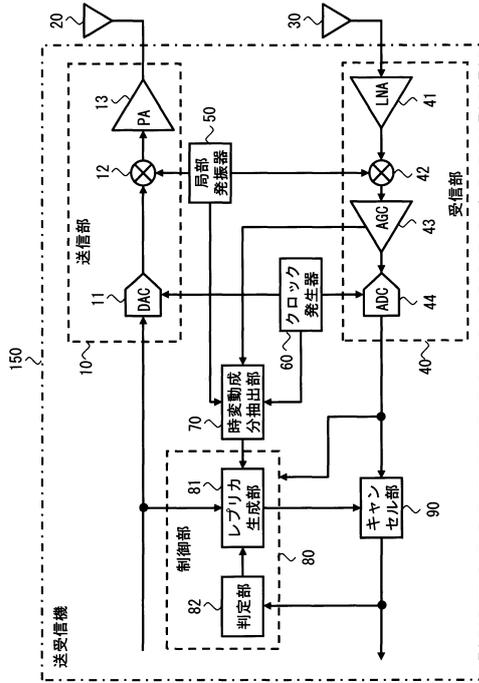
【符号の説明】

【0107】

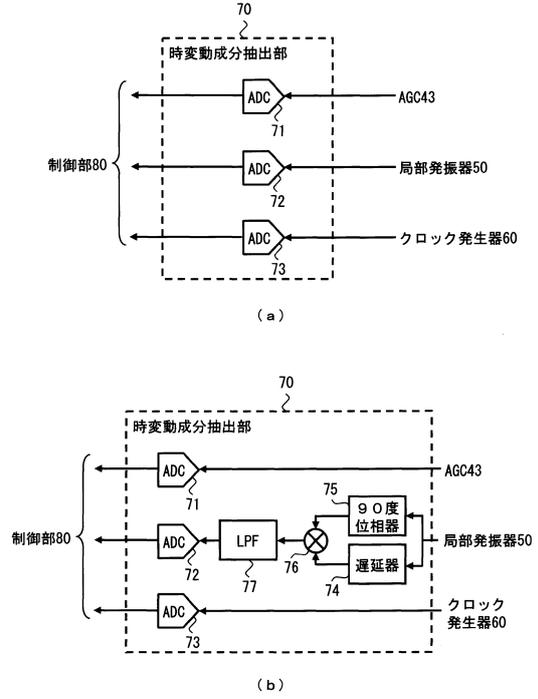
10 ... 送信部 ; 11 ... DAC ; 12 , 42 , 76 ... ミキサ ; 13 ... PA ; 20 ... 送信アンテナ ; 30 ... 受信アンテナ ; 40 ... 受信部 ; 41 ... LNA ; 43 ... AGC ; 44 , 71 , 72 , 73 ... ADC ; 50 ... 局部発振器 ; 60 ... クロック発生器 ; 70 ... 時変動成分抽出部 ; 74 ... 遅延器 ; 75 ... 90度位相器 ; 77 ... LPF ; 80 , 80a , 80b , 80c ... 制御部 ; 81 , 81a , 81b , 81c ... レプリカ生成部 ; 82 ... 判定部 ; 90 , 110 ... キャンセル部 ; 100 ... レプリカ生成回路 ; 120 ... 残留成分除去部 ; 150 , 150A , 150B , 150C ... 送受信機

20

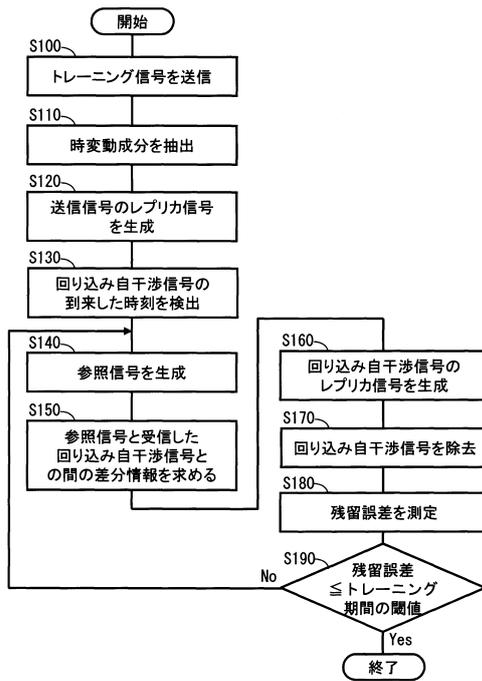
【図1】



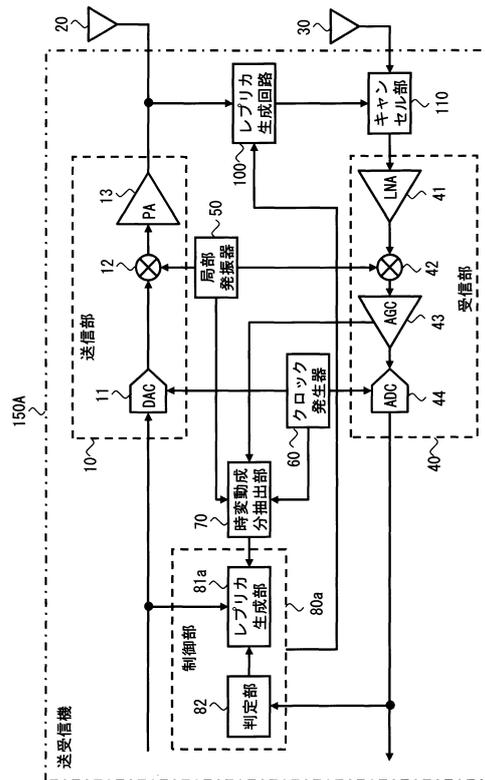
【図2】



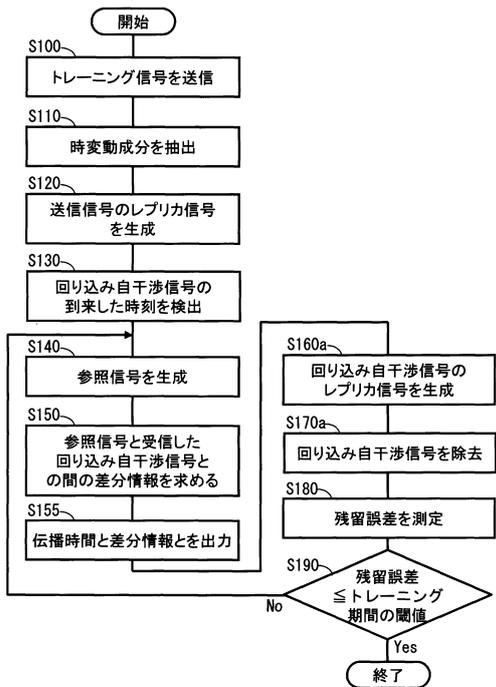
【図3】



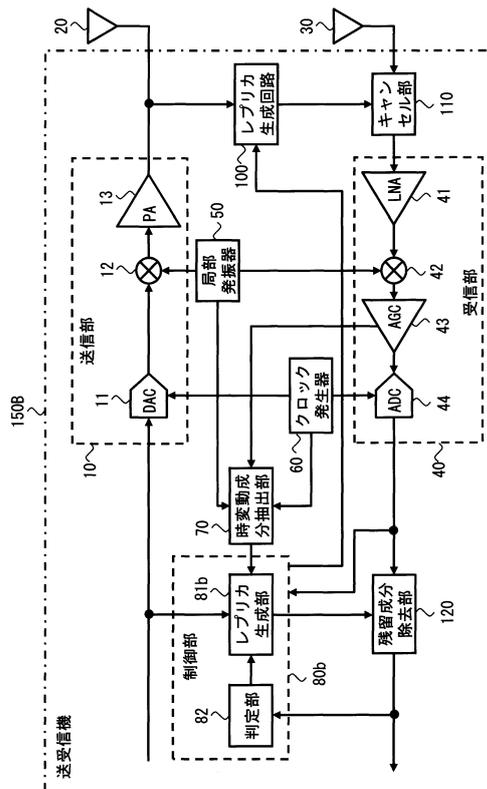
【図4】



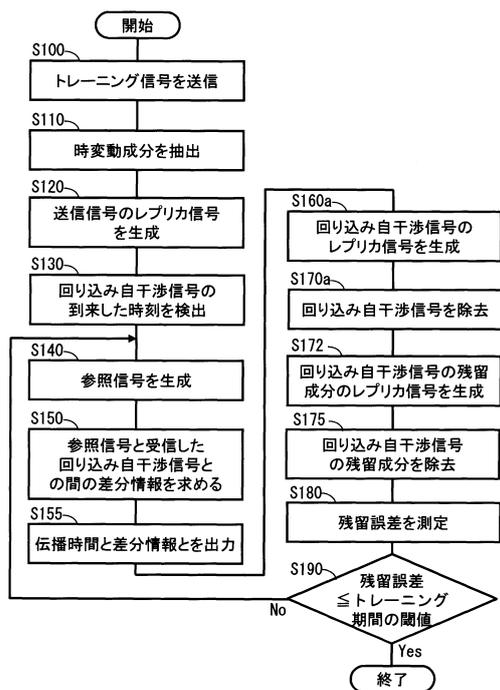
【図5】



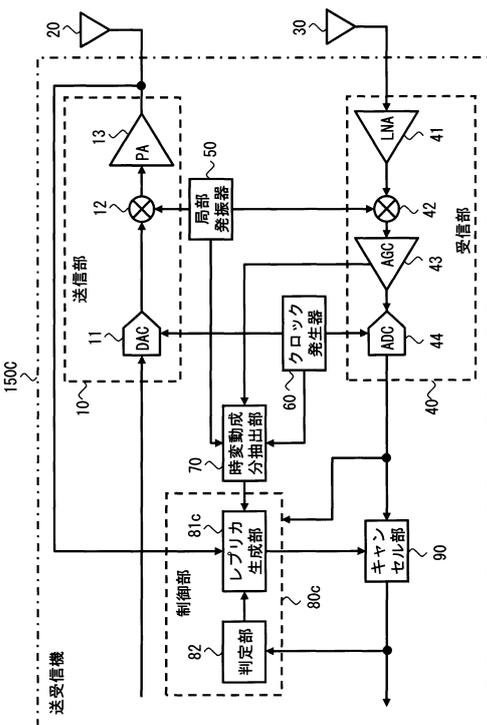
【図6】



【図7】



【図8】



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

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0198691(US, A1)
特開2013-115561(JP, A)
特開昭63-276924(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 1/40 - 1/58
H04B 1/10