

(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2010-10871

(P2010-10871A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO4B	1/04	(2006.01)	HO4B	1/04	A	5K020	
HO4B	1/26	(2006.01)	HO4B	1/04	M	5K060	
HO4B	1/16	(2006.01)	HO4B	1/26	H	5K061	
			HO4B	1/16	R		

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2008-165441 (P2008-165441)
 (22) 出願日 平成20年6月25日 (2008. 6. 25)

(71) 出願人 00005832
 パナソニック電工株式会社
 大阪府門真市大字門真1048番地
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司
 (74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇
 (74) 代理人 100097054
 弁理士 麻野 義夫
 (74) 代理人 100133798
 弁理士 江川 勝
 (74) 代理人 100143373
 弁理士 大西 裕人

最終頁に続く

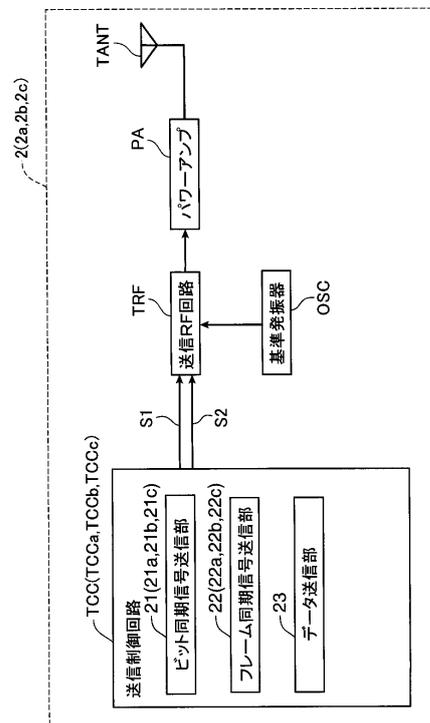
(54) 【発明の名称】 無線送信装置、及びこれを用いた無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】 通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置におけるIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易な無線送信装置、及び無線通信システムを提供する。

【解決手段】 無線信号の周波数を、搬送波周波数から偏移させることによって変調する無線送信装置であって、搬送波周波数からの周波数偏移量が第1偏移量 f_{DEV1} である無線信号を用いて予め設定された規則性を有するビット同期符号列の少なくとも一部を送信するビット同期信号送信部21と、ビット同期信号が送信された後、搬送波周波数からの周波数偏移量が第1偏移量 f_{DEV1} より大きい値に設定された設定偏移量 f_{DEVs} である無線信号を用いてデータを表すデータ符号列を送信するデータ送信部23とを備えた。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

無線信号の周波数を、搬送波周波数から偏移させることによって変調する無線送信装置であって、

前記搬送波周波数からの周波数偏移量が所定の第 1 偏移量である無線信号を用いて予め設定された規則性を有する第 1 設定符号列の少なくとも一部を送信する第 1 偏移信号送信処理を、実行する第 1 送信部と、

前記第 1 送信部により前記第 1 設定符号列が送信された後、前記搬送波周波数からの周波数偏移量が前記第 1 偏移量より大きい値に設定された設定偏移量である無線信号を用いてデータを表すデータ符号列を送信するデータ送信処理を、実行するデータ送信部とを備えることを特徴とする無線送信装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 設定符号列は、ビット同期を取るためのビット同期符号列であることを特徴とする請求項 1 記載の無線送信装置。

【請求項 3】

前記第 1 送信部は、

前記第 1 偏移信号送信処理において、前記第 1 設定符号列の全部を前記周波数偏移量が前記第 1 偏移量である無線信号を用いて送信し、

前記第 1 送信部により前記第 1 設定符号列が送信された後、前記搬送波周波数からの周波数偏移量が前記第 1 偏移量より大きく前記設定偏移量より小さい第 2 偏移量である無線信号を用いてフレーム同期をとるためのフレーム同期符号列の少なくとも一部を送信する第 2 偏移信号送信処理を、実行する第 2 送信部をさらに備え、

20

前記データ送信部は、

前記第 2 送信部により前記フレーム同期符号列が送信された後、前記データ送信処理を実行することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の無線送信装置。

【請求項 4】

前記第 1 送信部によって前記第 1 偏移信号送信処理が開始される前に、無変調の前記無線信号を送信する無変調送信部をさらに備え、

30

前記無変調送信部により前記無変調の無線信号が送信される時間と前記第 1 送信部による前記第 1 偏移信号送信処理の実行時間との合計が、前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上に設定されていること

を特徴とする請求項 1 又は 2 記載の無線送信装置。

【請求項 5】

前記第 1 送信部は、

前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上、前記第 1 偏移信号送信処理を継続すること

40

を特徴とする請求項 1 又は 2 記載の無線送信装置。

【請求項 6】

前記第 1 送信部による前記第 1 偏移信号送信処理の実行時間と前記第 2 送信部による前記第 2 偏移信号送信処理の実行時間との合計が、前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上に設定されていること

を特徴とする請求項 3 記載の無線送信装置。

【請求項 7】

50

前記第 1 送信部は、

前記第 1 偏移信号送信処理において、前記無線信号の周波数偏移量を、前記第 1 偏移量から前記設定偏移量に向かって徐々に増大させることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の無線送信装置。

【請求項 8】

前記第 1 送信部は、

前記第 1 偏移信号送信処理において、前記第 1 偏移量を前記第 2 偏移量に向かって徐々に増大させ、

前記第 2 送信部は、

前記第 2 偏移信号送信処理において、前記第 2 偏移量を前記設定偏移量に向かって徐々に増大させること

を特徴とする請求項 3 又は 6 記載の無線送信装置。

【請求項 9】

温度を検出する温度検出部をさらに備え、

前記無変調送信部は、

前記温度検出部によって検出された温度に応じて、前記無変調の無線信号を送信する時間の長さを設定すること

を特徴とする請求項 4 記載の無線送信装置。

【請求項 10】

温度を検出する温度検出部と、

前記温度検出部によって検出された温度に応じて、前記第 1 偏移量を設定する偏移量設定部をさらに備えること

を特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の無線送信装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の無線送信装置と、

前記無線信号を受信する無線受信装置とを備え、

前記無線受信装置は、

前記無線信号を受信する受信部と、

局部発振周波数の発振信号を生成する局部発振部と、

前記受信部によって取得された受信信号と前記局部発振部によって生成された発振信号とを混合し、前記受信信号を中間周波数に変換して中間周波数信号を生成する混合部と、

前記混合部で生成された中間周波数信号を濾波する中間周波数フィルタと、

前記中間周波数フィルタによって濾波された信号を復調する復調部と、

前記受信部によって受信された前記無線信号に基づいて、前記無線送信装置において前記無線信号を変調するために用いられる基準発振周波数と前記局部発振周波数との差を低減するように前記局部発振周波数を調整する自動周波数調整部とを備え、

前記中間周波数フィルタの通過帯域幅 B_{IF} は、前記無線信号の変調周波数を f_{MOD} 、前記設定偏移量を f_{DEVS} 、前記基準発振周波数の設計値からのずれの最大値である基準発振周波数偏差を f_{TX} 、前記局部発振周波数の設計値からのずれの最大値である局部発振周波数偏差を f_{RX} とすると、下記の式 (1) を満たすように設定されていること

$$B_{IF} < 2 \times (f_{MOD} + f_{DEVS} + f_{TX} + f_{RX}) \quad \dots (1)$$

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 12】

前記無線受信装置は、さらに、

ユーザの操作指示を受け付ける操作ハンドルと、

負荷への給電経路を開閉するスイッチング素子と、

前記復調部により復調された信号、及び前記操作ハンドルにより受け付けられた操作指示に応じて、前記開閉部を開閉させるスイッチ制御部とを備えること

を特徴とする請求項 11 記載の無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、FSK (Frequency Shift Keying)、又はFM (Frequency Modulation) 変調方式の無線送信装置、及びこれを用いた無線通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

高精細な画像や動画など大容量のデータを伝送する無線通信システムにおいて、高速な通信速度が要求されるのは言うまでもないが、機器の制御信号など比較的小容量のデータを伝送する無線通信システムにおいても高速な通信速度が要求される場合がある。その一例は、送信器が電池を電源として駆動している場合である。

10

【0003】

電池駆動の送信器においては、その消費電力を低減することが特に強く求められる。消費電力を低減することにより、小型の電池が使用可能になり機器を小型化できる、電池交換や充電の必要がなくなる(または頻度を少なくすることができる)ためメンテナンス性が向上したり、電池交換や充電が可能な構造をとる必要がなくなり機器の小型化や低コスト化ができたりするなど、様々な利点を得ることができる。

【0004】

送信器の消費電力を低減する方法の1つとして、通信時間を短縮することが挙げられる。ある容量のデータを送信する場合に、通信時間を短縮するほど送信器を駆動させる時間を短くすることができる。その結果、消費電力を低減できる。

20

【0005】

図16は、背景技術に係る無線通信システムの構成を示すブロック図である。図16に示す無線通信システムは、無線送信装置100と、無線受信装置110とを備えている。無線送信装置100は、送信制御回路101、送信RF (Radio Frequency) 回路102、パワーアンプ103、送信アンテナ104、及び基準発振器105から構成される。送信制御回路101は送信トリガを検出すると、送信データを送信RF回路102に送出する。

【0006】

送信RF回路102は、基準発振器105で生成された基準発振周波数の発振信号を用いて、送信データに対して所定のFM変調動作を行い、その変調信号をパワーアンプ103に送出する。基準発振周波数は、例えば搬送波の周波数として用いられる。

30

【0007】

パワーアンプ103は変調信号を増幅し、送信アンテナ104に伝達し、送信アンテナ104より空間に放射する。送信RF回路は、FM変調動作を行うにあたり、周波数偏移を可変な構成とし、周波数偏移は送信制御回路101より制御する。

【0008】

無線受信装置110は、受信アンテナ111、ローノイズアンプ112、RFフィルタ113、ミキサ114、IF (Intermediate Frequency) フィルタ115、IFアンプ116、検波器117、ベースバンド回路部118、自動周波数調整回路119、及び局部発振回路120から構成される。

40

【0009】

受信アンテナ111で受信された高周波信号は、ローノイズアンプ112で増幅されRFフィルタ113で不要周波数成分を除去された後、ミキサ114によって局部発振回路120から出力される基準発振周波数(局部発振周波数)の出力信号とミキシングされ、IF信号に変換される。IF信号はIFフィルタ115にて不要周波数成分を除去された後IFアンプで増幅され、検波器117によって周波数-電圧変換された後ベースバンド回路部118に伝達される。

【0010】

ここで、無線送信装置100の基準発振周波数と無線受信装置110の基準発振周波数

50

とが、温度の影響を受けるなどして互いにずれている場合、IF信号のIF周波数が設計値から外れる。このとき、検波器117によって周波数-電圧変換された信号も、設計値から外れてしまい、受信感度が低下する。

【0011】

そこで、検波器117の出力信号が自動周波数調整回路119に入力されるようになっている。そして、自動周波数調整回路119によって、IF周波数が設計値に収束するように局部発振回路120の局部発振周波数が、無線送信装置100の基準発振周波数に合わせるように調節されて、受信感度の低下が抑制されるようになっている（例えば、特許文献1参照。）。

【0012】

また、一般に、FSK変調方式やFM変調方式の無線通信システムにおいて、高速な通信速度と高い通信信頼性を両立させるためには周波数偏移（Frequency Deviation）を大きくする必要がある。周波数偏移を大きくすると、変調信号の周波数スペクトラムが広がるため、それに応じて無線受信装置110に設けられているIFフィルタ115の通過帯域幅を広く設計する必要がある。変調周波数を f_{MOD} 、周波数偏移を f_{DEV} とすると、IFフィルタ115に要求される通過帯域幅 B_{IF}' は近似的に下記の式（2）で表される（カーソン則）。

【0013】

$$B_{IF}' = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV}) \cdots (2)$$

さらに、無線通信システムの低コスト化を図るために、無線送信装置100側の基準発振器105や無線受信装置110の局部発振回路120に、温度補償機能をもたない低コストの発振器を使用する必要がある。このような場合、送受信器それぞれの基準発振周波数の温度変化をも考慮する必要があるため、IFフィルタ115に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、下記の式（3）で示される。

【0014】

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV} + f_{TX} + f_{RX}) \cdots (3)$$

ここで、 f_{TX} は送信装置側における基準発振周波数の最大の偏差（偏差の絶対値の最大値）、 f_{RX} は受信装置側における基準発振周波数の最大の偏差（偏差の絶対値の最大値）である。

【0015】

一方、無線受信装置110受信器の受信感度SSは、一般に下記の式（4）で表される。

【0016】

$$SS [dBm] = -174 [dBm] + 10 \log F + 10 \log B_{IF} + 10 \log (S/N) \cdots (4)$$

ここで、 $-174 [dBm]$ は、50系における通過帯域幅 $B_{IF} = 1 [Hz]$ 、室温 $290 [K]$ の条件における熱雑音電力、Fは受信器の雑音指数、 $10 \log B_{IF}$ は通過帯域幅 B_{IF} による雑音電力の変化分、 $10 \log (S/N)$ は受信器として必要なSN比（信号対雑音比）である。

【0017】

受信感度SSは、無線受信装置110が無線信号を正常に復調するために最低限必要な受信電力であるから、受信感度SSが小さいほど無線受信装置110の感度がよいことを示している。そうすると、式（4）から、IFフィルタ115の通過帯域幅 B_{IF} が狭い（値が小さい）ほど雑音電力の影響が低減されて、無線受信装置110の受信感度が向上することが明らかである。

【0018】

しかしながら、変調信号を確実に通過させるためにはIFフィルタ115の通過帯域幅 B_{IF} は式（3）を満足する必要があるため、通信速度が高速（従って変調周波数 f_{MOD} の値が大きい）になるほどIFフィルタ115の通過帯域幅 B_{IF} を広く（大きく）せざるを得ない。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

ここで、自動周波数調整回路 1 1 9 は、送受信器間での基準発振周波数のズレを補正するために、検波器 1 1 7 の出力信号から I F 周波数のズレ (= 送信器の基準発振周波数と受信器の基準発振周波数のズレ) を検知し、その検知結果を元に局部発振回路 1 2 0 の基準発振周波数を調整して I F 周波数のズレを補正する。

【 0 0 2 0 】

自動周波数調整回路 1 1 9 による自動周波数調整の完了後は、I F 周波数のズレがほぼゼロになるため、検波器 1 1 7 を最も高感度な周波数において動作させることができる。正常な復調動作を行うためには、自動周波数調整回路 1 1 9 は、当該通信システムにおける通信プロトコルにおいて、同一符号が連続する可能性のある最大の数と、ビット長との積に対して十分大きい時定数を持つ必要がある。

10

【 0 0 2 1 】

そのため、受信を開始してから周波数の調整が完了するまで、時定数に応じた時間がかかってしまうことになる。そして、受信開始から周波数調整完了までの間は、送受信器間における基準発振周波数のズレが無視できない。

【 0 0 2 2 】

図 1 7 は、図 1 6 に示す無線通信システムの動作の一例を示す説明図である。無線送信装置 1 0 0 から送信される無線信号は、図 1 7 (a) に示すように、大別するとビット同期信号、フレーム同期信号およびデータの 3 つに分けられる。ビット同期信号は、受信器との間でビット同期をとるための信号で、1 0 1 0 ・ ・ ・ の繰り返し信号である。フレーム同期信号は、受信器との間でフレーム同期をとるための信号で、通信システムに応じて特定のパターンが設定される。データは、実際に通信したい情報を含むビット列で、通信内容によって異なり、一般にはランダムなパターンとなる。

20

【 0 0 2 3 】

そして、図 1 7 (b) に示すように、I F 周波数の設計値を f_{IF0} 、自動周波数調整回路 1 1 9 による自動周波数調整の開始からの経過時間を t 、時間 t における I F 周波数の設計値からのずれの絶対値の最大値を $f_{IF}(t)$ とすると、自動周波数調整が開始されるとき ($t = 0$) の設計値 f_{IF0} からのずれの絶対値の最大値 $f_{IF}(0)$ は、 $f_{TX} + f_{RX}$ となる。

【 0 0 2 4 】

そして、自動周波数調整回路 1 1 9 による自動周波数調整の実行と共に (時間 t の経過と共に)、局部発振回路 1 2 0 から出力される発振信号の周波数が調整されて、 $f_{IF}(t)$ は略「0」に収束する。

30

【 0 0 2 5 】

このように、自動周波数調整が完了した後は I F 周波数のズレがほぼ「0」になるものの、通信開始直後は、最大で $f_{IF}(0) = f_{TX} + f_{RX}$ だけ送信側と受信側とで I F 周波数がずれる可能性がある。このため、自動周波数調整回路 1 1 9 を備えていても、I F フィルタ 1 1 5 の通過帯域幅 B_{IF} は、式 (3) を満足する必要がある。従って、図 1 7 (c) に示すように、時間 $t = 0$ において、すくなくとも $B_{IF} = 2 \times (f_{MO} + f_{DEV} + f_{TX} + f_{RX})$ となる。

40

【 0 0 2 6 】

すなわち、基準発振周波数の温度変化が大きい場合、それにしたがって I F フィルタ 1 1 5 の通過帯域幅 B_{IF} も広く (大きく) する必要がある。その結果、式 (4) に従い受信感度 SS が劣化 (増大) することになる。

【 0 0 2 7 】

そこで、自動周波数調整が完了するまでの間、無線送信装置 1 0 0 がダミー信号を送信し続けることで、無線受信装置 1 1 0 側の I F フィルタ 1 1 5 の通過帯域幅 B_{IF} を小さくできるようにする通信システムが知られている。

【 0 0 2 8 】

図 1 8 は、このような無線通信システムの動作を説明するための説明図である。無線送

50

信装置 100 は、まず無変調の（搬送波周波数の）ダミー信号を送信し、無線受信装置 110 における自動周波数調整が完了後、本来送りたい信号を送信する。これにより、無線受信装置 110 が受信を開始するときは、無線信号（ダミー信号）には変調周波数 f_{MO} と、周波数偏移 f_{DEV} とが含まれないので、IF フィルタ 115 に必要とされる通過帯域幅 B_{IF} は、図 18 (c) に示すように、 $2 \times (f_{TX} + f_{RX})$ となり、図 17 (c) に示す通過帯域幅 B_{IF} よりも小さくなるので、ダミー信号を用いない場合よりも通過帯域幅 B_{IF} の小さい IF フィルタ 115 を使用可能となる。

【特許文献 1】特開昭 58 - 14618 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0029】

しかしながら、上述のように、ダミー信号を付加すると、その分トータルの通信時間が長くなり、無線送信装置 100 の消費電力が増加してしまうという問題がある。前述のように、特に電池駆動の送信装置においては、消費電力低減が強く求められており、消費電力増加のデメリットは大きい。

【0030】

本発明の目的は、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置における IF フィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易な無線送信装置、及び無線通信システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0031】

本発明に係る無線送信装置は、無線信号の周波数を、搬送波周波数から偏移させることによって変調する無線送信装置であって、前記搬送波周波数からの周波数偏移量が所定の第 1 偏移量である無線信号を用いて予め設定された規則性を有する第 1 設定符号列の少なくとも一部を送信する第 1 偏移信号送信処理を、実行する第 1 送信部と、前記第 1 送信部により前記第 1 設定符号列が送信された後、前記搬送波周波数からの周波数偏移量が前記第 1 偏移量より大きい値に設定された設定偏移量である無線信号を用いてデータを表すデータ符号列を送信するデータ送信処理を、実行するデータ送信部とを備える。

【0032】

この構成によれば、データ送信部によるデータ符号列の送信前に、まず、第 1 送信部によって、規則性を有し、従ってランダムなデータ符号列よりも符号間干渉が少ない第 1 設定符号列の少なくとも一部が、データ符号列の変調に用いられる設定偏移量より偏移の少ない第 1 偏移量で変調されて、送信される。このように第 1 設定符号列が変調された無線信号は、受信装置で受信された場合、周波数偏移量が設定偏移量より小さくされているので、受信装置における自動周波数調整の完了前においても IF フィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易である。さらに、第 1 設定符号列は符号間干渉が少ないので、周波数偏移量をデータ符号列の変調に用いられる設定偏移量より小さくしても、受信装置における第 1 設定符号列の受信感度が低下するおそれが低減される。これにより、背景技術のように符号としての意味を持たないダミー信号を用いなくてもよいので、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、受信装置の IF フィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易となる。

30

40

【0033】

また、前記第 1 設定符号列は、ビット同期を取るためのビット同期符号列であることが好ましい。

【0034】

ビット同期符号列は、データ送信部によるデータ符号列の送信前に送信され、かつ規則性を有して符号間干渉の少ない符号列であるから、第 1 設定符号列として適している。

【0035】

また、前記第 1 送信部は、前記第 1 偏移信号送信処理において、前記第 1 設定符号列の全部を前記周波数偏移量が前記第 1 偏移量である無線信号を用いて送信し、前記第 1 送信

50

部により前記第1設定符号列が送信された後、前記搬送波周波数からの周波数偏移量が前記第1偏移量より大きく前記設定偏移量より小さい第2偏移量である無線信号を用いてフレーム同期をとるためのフレーム同期符号列の少なくとも一部を送信する第2偏移信号送信処理を、実行する第2送信部をさらに備え、前記データ送信部は、前記第2送信部により前記フレーム同期符号列が送信された後、前記データ送信処理を実行することが好ましい。

【0036】

この構成によれば、第1送信部によって、規則性を有し、符号間干渉が少ない第1設定符号列が、データ符号列より偏移の少ない第1偏移量で変調されて送信されるので、受信装置での受信感度の低下が低減された状態で、自動周波数調整が実行可能となる。そして、自動周波数調整が完了する前に第1設定符号列の送信が終了した場合であっても、その後データ符号列のようにランダムでなく、従ってデータ符号列より符号間干渉の少ないフレーム同期符号列の少なくとも一部が、第2送信部によって設定偏移量より小さい第2偏移量で変調されて送信されるので、受信装置のIFフィルタに要求される通過帯域幅を拡げることなく、かつフレーム同期符号列の受信感度を低下させることなく、自動周波数調整に必要な時間よりも第1設定符号列の送信時間を短くすることができる結果、自動周波数調整に必要な時間を確保するために第1設定符号列の送信時間が延びて通信時間が長くなってしまふおそれが低減される。

10

【0037】

また、前記第1送信部によって前記第1偏移信号送信処理が開始される前に、無変調の前記無線信号を送信する無変調送信部をさらに備え、前記無変調送信部により前記無変調の無線信号が送信される時間と前記第1送信部による前記第1偏移信号送信処理の実行時間との合計が、前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上に設定されていることが好ましい。

20

【0038】

この構成によれば、無変調送信部によって、無変調の無線信号が送信された後に、第1送信部によって第1偏移信号送信処理が開始される。そして、無変調の無線信号が送信される時間と第1偏移信号送信処理の実行時間との合計が、無線受信装置において自動周波数調整を実行するために必要な調整時間以上に設定されている。従って、無変調送信部は、無変調の無線信号を送信する時間を、調整時間より短くすることができるので、背景技術のように、調整時間の間、ダミー信号を送信し続ける必要がない。これにより、このような背景技術よりも通信時間が増大するおそれを低減することができる。

30

【0039】

また、前記第1送信部は、前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上、前記第1偏移信号送信処理を継続することが好ましい。

【0040】

この構成によれば、無線受信装置において、自動周波数調整が完了するまで第1偏移信号送信処理が継続するので、自動周波数調整の完了前にデータ信号部により周波数偏移量が設定偏移量に増大されてIFフィルタに要求される通過帯域幅が不足したり、自動周波数調整の完了前に符号間干渉が大きいデータ符号列が受信されることにより受信感度が低下したりするおそれが低減される。

40

【0041】

また、前記第1送信部による前記第1偏移信号送信処理の実行時間と前記第2送信部による前記第2偏移信号送信処理の実行時間との合計が、前記無線信号を受信する無線受信装置において当該受信された無線信号に基づき受信しようとする無線信号の周波数を調整する自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間以上に設定されていることが好ましい。

50

【 0 0 4 2 】

この構成によれば、無線受信装置において、自動周波数調整が完了するまで第2偏移信号送信処理が継続するので、自動周波数調整の完了前にデータ信号部により周波数偏移量が設定偏移量に増大されてIFフィルタに要求される通過帯域幅が不足したり、自動周波数調整の完了前にフレーム同期符号列よりも符号間干渉が大きいデータ符号列が受信されることによって受信感度が低下したりするおそれが低減される。

【 0 0 4 3 】

また、前記第1送信部は、前記第1偏移信号送信処理において、前記無線信号の周波数偏移量を、前記第1偏移量から前記設定偏移量に向かって徐々に増大させることが好ましい。

10

【 0 0 4 4 】

この構成によれば、無線受信装置における自動周波数調整によってIF周波数のズレが減少してIFフィルタの通過帯域幅に余裕が生じるのに従って、第1送信部が通過帯域幅の余裕分を埋めるように徐々に無線信号の周波数偏移量を増大させることができるので、第1偏移信号送信処理中における無線受信装置での受信感度を徐々に増大させることが可能となる。

【 0 0 4 5 】

また、前記第1送信部は、前記第1偏移信号送信処理において、前記第1偏移量を前記第2偏移量に向かって徐々に増大させ、前記第2送信部は、前記第2偏移信号送信処理において、前記第2偏移量を前記設定偏移量に向かって徐々に増大させることが好ましい。

20

【 0 0 4 6 】

この構成によれば、無線受信装置における自動周波数調整によってIF周波数のズレが減少してIFフィルタの通過帯域幅に余裕が生じるのに従って、第1送信部及び第2送信部が通過帯域幅の余裕分を埋めるように徐々に無線信号の周波数偏移量を増大させることができるので、第1偏移信号送信処理中、及び第2偏移信号送信処理中における無線受信装置での受信感度を徐々に増大させることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

また、温度を検出する温度検出部をさらに備え、前記無変調送信部は、前記温度検出部によって検出された温度に応じて、前記無変調の無線信号を送信する時間の長さを設定することが好ましい。

30

【 0 0 4 8 】

無線信号の変調に用いられる発振信号は、発振回路の温度特性のため、温度の影響を受けて変動し、無線信号の周波数にずれが生じてしまう。そして、無線信号の周波数のずれが大きくなるほど、無線受信装置における自動周波数調整にかかる時間が長くなる。ここで、もし無変調の無線信号の送信時間が固定であったとすれば、温度による周波数のずれが最大になったとき、すなわち自動周波数調整にかかる時間が最大になったときでも第1偏移信号送信処理が終了する前に自動周波数調整が終了するように、無変調の無線信号の送信時間を設定する必要がある。そうすると、温度条件がよく、自動周波数調整にかかる時間が短くて済む場合でも、無変調の無線信号の送信時間が本来必要な時間より長くなり、通信時間が増大してしまう。しかし、上記構成によれば、温度に応じて無変調の無線信号を送信する時間の長さを調節することができるので、温度条件がよいときは無変調の無線信号の送信時間を短くすることで、通信時間を短縮することが容易となる。

40

【 0 0 4 9 】

また、温度を検出する温度検出部と、前記温度検出部によって検出された温度に応じて、前記第1偏移量を設定する偏移量設定部をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

無線信号の変調に用いられる発振信号は、発振回路の温度特性のため、温度の影響を受けて変動し、無線信号の周波数にずれが生じてしまう。そして、無線信号の周波数のずれが大きくなるほど、IFフィルタに要求される通過帯域幅が広がる。ここで、もし第1偏移量が固定であったとすれば、温度による周波数のずれが最大になったとき、すなわち

50

要求される可能性のある最大の値に、IFフィルタの通過帯域幅を設定する必要がある。そうすると、温度条件がよく、周波数のずれが小さいときは、IFフィルタの通過帯域幅に余裕が生じる。しかし、上記構成によれば、温度に応じて無変調の無線信号を送信する時間の長さを調節することができるので、温度条件がよく、IFフィルタの通過帯域幅に余裕が生じるときは、第1偏移量を増大させて無線受信装置における受信感度を向上させることが可能となる。

【0051】

また、本発明にかかる無線通信システムは、上述の無線送信装置と、前記無線信号を受信する無線受信装置とを備え、前記無線受信装置は、前記無線信号を受信する受信部と、局部発振周波数の発振信号を生成する局部発振部と、前記受信部によって取得された受信信号と前記局部発振部によって生成された発振信号とを混合し、前記受信信号を中間周波数に変換して中間周波数信号を生成する混合部と、前記混合部で生成された中間周波数信号を濾波する中間周波数フィルタと、前記中間周波数フィルタによって濾波された信号を復調する復調部と、前記受信部によって受信された前記無線信号に基づいて、前記無線送信装置において前記無線信号を変調するために用いられる基準発振周波数と前記局部発振周波数との差を低減するように前記局部発振周波数を調整する自動周波数調整部とを備え、前記中間周波数フィルタの通過帯域幅 B_{IF} は、前記無線信号の変調周波数を f_{MOD} 、前記設定偏移量を f_{DEVS} 、前記基準発振周波数の設計値からのずれの最大値である基準発振周波数偏差を f_{TX} 、前記局部発振周波数の設計値からのずれの最大値である局部発振周波数偏差を f_{RX} とすると、下記の式(1)を満たすように設定されている。

【0052】

$$B_{IF} < 2 \times (f_{MOD} + f_{DEVS} + f_{TX} + f_{RX}) \quad \dots (1)$$

この構成によれば、上述の無線送信装置を用いることで、背景技術のように、周波数偏移量が設定偏移量を f_{DEVS} で固定されていた場合に、式(3)に基づきIFフィルタに要求される通過帯域幅よりも、通過帯域幅 B_{IF} を狭くして受信感度を向上させることができる。また、符号としての意味を持たないダミー信号を用いる必要がないので、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置におけるIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易となる。

【0053】

また、前記無線受信装置は、さらに、ユーザの操作指示を受け付ける操作ハンドルと、負荷への給電経路を開閉するスイッチング素子と、前記復調部により復調された信号、及び前記操作ハンドルにより受け付けられた操作指示に応じて、前記開閉部を開閉させるスイッチ制御部とを備えることが好ましい。

【0054】

この構成によれば、無線信号を用いて負荷をオン、オフするスイッチシステムにおいて、上述の無線送信装置を負荷の制御信号を送信する無線送信装置として用いることで、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置におけるIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易となる。

【発明の効果】

【0055】

このような構成の無線送信装置、及び無線通信システムは、データ送信部によるデータ符号列の送信前に、まず、第1送信部によって、規則性を有し、従ってランダムなデータ符号列よりも符号間干渉が少ない第1設定符号列の少なくとも一部が、データ符号列の変調に用いられる設定偏移量より偏移の少ない第1偏移量で変調されて、送信される。このように第1設定符号列が変調された無線信号は、受信装置で受信された場合、周波数偏移量が設定偏移量より小さくされているので、受信装置における自動周波数調整の完了前においてもIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易である。さらに、第1設定符号列は符号間干渉が少ないので、周波数偏移量をデータ符号列の変調に用いられる設定偏移量より小さくしても、受信装置における第1設定符号列の受信感度が低下するおそれが低

10

20

30

40

50

減される。これにより、背景技術のように符号としての意味を持たないダミー信号を用いなくてもよいので、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、受信装置のIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることが容易となる。

【0056】

また、通信時間が増大するおそれを低減することで、消費電力が増大するおそれを低減することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0057】

以下、本発明に係る実施形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その説明を省略する。

10

【0058】

(第1実施形態)

図1は、本発明の一実施形態に係る無線送信装置と、この無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置とを備えた無線通信システムの一例を示す説明図である。図1に示す無線通信システム1は、無線信号を送信する無線送信装置2と、無線信号に応じて照明負荷LDを点滅するスイッチ装置として機能する無線受信装置3とを備えている。無線受信装置3は、照明負荷LDと直列接続されて、電源(商用交流電源)ACに接続されている。なお、負荷は、蛍光灯及び蛍光灯電子安定器などの照明負荷LDに限られず、他の照明負荷や、照明負荷以外の負荷であってもよい。

20

【0059】

また、無線受信装置3の前面には、操作ハンドル10が設けられている。

【0060】

図2は、図1に示す無線受信装置3の構成の一例を示すブロック図である。無線受信装置3は、無線受信回路31、スイッチング素子11、スイッチ制御部12、及びスイッチ入力部13を備えている。

【0061】

スイッチ入力部13は、例えば操作ハンドル10と連動するように配設されたタクトスイッチを用いて構成されている。スイッチング素子11は、例えばトライアック等のスイッチング素子である。スイッチング素子11は、スイッチ制御部12からの制御信号に応じて照明負荷LDへの給電経路を開閉する。

30

【0062】

スイッチ制御部12は、例えばマイクロコンピュータを用いて構成されている。そして、スイッチ制御部12は、無線送信装置2から送信され、無線受信回路31によって受信された信号、及びスイッチ入力部13から出力されたオン、オフ信号に応じて、スイッチング素子11を開閉させる。

【0063】

図3は、図2に示す無線受信回路31の構成の一例を示すブロック図である。図3に示す無線受信回路31は、受信アンテナRANT、ローノイズアンプLNA、RFフィルタRFF、ミキサMIX(混合部)、IFフィルタIFF(中間周波数フィルタ)、IFアンプIFA、検波器DTC、ベースバンド回路部RBB、自動周波数調整回路AFC(自動周波数調整部)、及び局部発振回路LOを備えている。この場合、受信アンテナRANT、ローノイズアンプLNA、及びRFフィルタRFFが受信部の一例に相当し、検波器DTC及びベースバンド回路部RBBが復調部の一例に相当している。

40

【0064】

そして、スイッチング素子11のオンオフ指示を示す無線信号が、無線送信装置2から送信され、無線受信回路31の受信アンテナRANTで受信される。受信アンテナRANTで受信された高周波の無線信号は、ローノイズアンプLNAで増幅されRFフィルタRFFで不要周波数成分を除去された後、ミキサMIXによって局部発振回路LOから出力される基準発振周波数(局部発振周波数)の出力信号とミキシングされ、IF信号に変換される。

50

【 0 0 6 5 】

I F 信号は I F フィルタ I F F にて不要周波数成分を除去された後 I F アンプ I F A で増幅され、さらに検波器 D T C によって周波数 - 電圧変換された後ベースバンド回路部 R B B に伝達され、さらにベースバンド回路部 R B B でベースバンドに変換された受信データが、スイッチ制御部 1 2 へ出力される。

【 0 0 6 6 】

これにより、スイッチ制御部 1 2 によって、無線送信装置 2 から送信された無線信号に応じて、スイッチング素子 1 1 の開閉が行われる。

【 0 0 6 7 】

ここで、無線送信装置 2 の基準発振周波数と無線受信回路 3 1 の基準発振周波数とが、温度の影響を受けるなどして互いにずれている場合、I F 信号の I F 周波数が設計値からずれる。このとき、検波器 D T C によって周波数 - 電圧変換された信号も、設計値からずれてしまい、受信感度が低下する。

10

【 0 0 6 8 】

そこで、検波器 D T C の出力信号が自動周波数調整回路 A F C に入力される。そして、自動周波数調整回路 A F C は、局部発振回路 L O の局部発振周波数を、無線送信装置 1 0 0 の基準発振周波数に合わせるように調節して、I F 周波数を設計値に収束させる。

【 0 0 6 9 】

図 4 は、図 1 に示す無線送信装置 2 の構成の一例を示すブロック図である。図 4 に示す無線送信装置 2 は、送信制御回路 T C C 、送信 R F 回路 T R F 、基準発振器 O S C 、パワーアンプ P A 、及び送信アンテナ T A N T を備えている。

20

【 0 0 7 0 】

送信制御回路 T C C は、例えば所定の演算処理を実行する C P U (Central Processing Unit) と、所定の制御プログラムが記憶された R O M (Read Only Memory) と、データを一時的に記憶する R A M (Random Access Memory) と、これらの周辺回路等とを備えて構成されている。そして、送信制御回路 T C C は、例えば R O M に記憶された制御プログラムを実行することにより、ビット同期信号送信部 2 1 (第 1 送信部)、フレーム同期信号送信部 2 2、及びデータ送信部 2 3 として機能する。

【 0 0 7 1 】

なお、送信制御回路 T C C は、C P U を用いる例に限られず、例えばステートマシンや論理回路等を用いて構成されていてもよい。

30

【 0 0 7 2 】

ビット同期信号送信部 2 1 は、送信 R F 回路 T R F へ、送信しようとする符号列を示す信号 S 1 と、搬送波周波数からの周波数偏移量を指示する信号 S 2 とを送信 R F 回路 T R F へ送信することにより、送信 R F 回路 T R F によって、搬送波周波数からの周波数偏移量が所定の第 1 偏移量 f_{DEV1} である無線信号を用いてビット同期を取るためのビット同期符号列 (第 1 設定符号列) の少なくとも一部を、送信させる。

【 0 0 7 3 】

フレーム同期信号送信部 2 2 は、ビット同期信号送信部 2 1 によりビット同期符号列が送信された後、信号 S 1 , S 2 を送信 R F 回路 T R F へ送信することにより、送信 R F 回路 T R F によって、フレーム同期をとるためのフレーム同期符号列を送信させる。

40

【 0 0 7 4 】

データ送信部 2 3 は、フレーム同期信号送信部 2 2 によりフレーム同期符号列が送信された後、信号 S 1 , S 2 を送信 R F 回路 T R F へ送信することにより、送信 R F 回路 T R F によって、搬送波周波数からの周波数偏移量が設定偏移量 f_{DEVs} である無線信号を用いてデータを表すデータ符号列を送信させる。

【 0 0 7 5 】

ここで、第 1 偏移量 f_{DEV1} は、データ符号列の送信に用いられる設定偏移量 f_{DEVs} より小さな偏移量に設定されている。

【 0 0 7 6 】

50

基準発振器OSCは、例えば水晶発振器を用いて構成されており、FM変調に用いられる基準発振周波数の発振信号を送信RF回路TRFへ出力する。

【0077】

送信RF回路TRFは、送信制御回路TCCから出力された符号列を示す信号S1を、基準発振器OSCから出力された発振信号に基づいてFSK変調し、その変調信号をパワーアンプPAに送出する。また、送信RF回路TRFは、符号列を変調する際の周波数偏移量を、送信制御回路TCCから出力された信号S2に応じて設定するようになっている。

【0078】

パワーアンプPAは変調信号を増幅し、送信アンテナTANTに伝達する。そうすると、送信アンテナTANTから空間に無線信号が放射される。

10

【0079】

図5は、図1に示す無線通信システム1の動作の一例を説明するための説明図である。図5(a)は無線送信装置2から送信される無線信号を示し、図5(b)はその無線信号が無線受信装置3によって受信された場合にミキサMIXからIFフィルタIFFへ出力されるIF信号の周波数の取り得る範囲(上限と下限)を示し、図5(c)は無線送信装置2におけるFSK変調の周波数偏移量を示し、図5(d)は無線送信装置2におけるIFフィルタIFFで必要となる通過帯域幅 B_{IF} を示している。また、図5(a)~図5(d)の横軸は、自動周波数調整回路AFCによる自動周波数調整の開始からの経過時間 t を示している。

20

【0080】

まず、時間 $t = 0$ において、無線送信装置2で例えば送信制御回路TCCに接続された図略の人体センサによって人が検知される等して送信トリガが発生する。このような送信トリガが発生すると、ビット同期信号送信部21は、信号S1, S2を出力して、送信RF回路TRFから、周波数偏移 f_{DEV} が第1偏移量 f_{DEV1} に設定されたビット同期信号を、無線受信回路31の自動周波数調整回路AFCが自動周波数調整を実行するために必要となる時間として予め設定された調整時間 T_{AFC} の間、送信させる。

【0081】

そして、このビット同期信号が無線受信装置3によって受信されると、自動周波数調整回路AFCによる局部発振回路LOの発振周波数の自動調整が開始される(時間 $t = 0$)。ここで、無線受信装置3におけるIF周波数の設計値を f_{IF0} 、時間 t におけるIF周波数の設計値からのずれの絶対値の最大値を $f_{IF}(t)$ とすると、自動周波数調整が開始されるとき($t = 0$)のずれの絶対値の最大値 $f_{IF}(0)$ は、 $f_{TX} + f_{RX}$ となる。

30

【0082】

すなわち、時間 $t = 0$ において、IF周波数は、 $f_{IF0} - (f_{TX} + f_{RX}) \sim f_{IF0} + (f_{TX} + f_{RX})$ の範囲となる。このとき、IFフィルタIFFは、この周波数範囲を通過させる必要があるから、時間 $t = 0$ において必要な通過帯域幅 B_{IF} は、式(3)から、下記の式(5)で示される(図5(d))。

【0083】

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX}) \quad (t = 0 \text{ の場合}) \cdots (5)$$

40

そして、自動周波数調整回路AFCによる自動周波数調整の実行と共に(時間 t の経過と共に)、局部発振回路LOから出力される発振信号の周波数が調整されて、自動周波数調整を実行するために必要となる時間である調整時間 T_{AFC} の経過後、 $f_{IF}(t)$ は略「0」に収束する。

【0084】

ここで、ビット同期信号の符号長は、ビット同期信号を送信するのにかかる時間であるビット送信時間 T_B が、調整時間 T_{AFC} より長くなるように予め設定されている。

【0085】

50

時間 t が、 $0 < t < T_{AFC}$ の期間において、IF フィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、図 5 (d) に示すように、下記の式 (6) で示される。

【0086】

$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{IF}(t))$ ($0 < t < T_{AFC}$ の場合) \cdots (6)

そして、ビット同期信号の送信開始から調整時間 T_{AFC} が経過すると、ビット同期信号送信部 21 は、図 5 (c) に示すように、周波数偏移 f_{DEV} を設定偏移量 f_{DEVS} に変更する。そうすると、ビット送信時間 T_B までの間、周波数偏移 f_{DEV} が設定偏移量 f_{DEVS} にされたビット同期信号が、無線送信装置 2 から無線受信装置 3 へ送信される。

10

【0087】

その結果、調整時間 T_{AFC} が経過した後は、 $f_{IF}(t) = 0$ 、 $f_{DEV} = f_{DEVS}$ であるから、時間 t が、 $t > T_{AFC}$ の期間において、IF フィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、図 5 (d) に示すように、下記の式 (7) で示される。

【0088】

$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEVS})$ ($t > T_{AFC}$ の場合) \cdots (7)

ビット送信時間 T_B が経過すると、フレーム同期信号送信部 22 は、信号 S_1 , S_2 を出力して、送信 RF 回路 TRF から、周波数偏移 f_{DEV} が設定偏移量 f_{DEVS} に設定されたフレーム同期信号を送信させる。

20

【0089】

そして、フレーム同期信号の送信が終わると、データ送信部 23 は、信号 S_1 , S_2 を出力して、送信 RF 回路 TRF から、周波数偏移 f_{DEV} が設定偏移量 f_{DEVS} に設定されたデータ信号を送信させる。この場合、データ信号は、例えばスイッチ制御部 12 にスイッチング素子 11 のオン、オフを指示する符号列を表しており、一般的にランダムな符号パターンになっている。

【0090】

ここで、上述したように、高速な通信速度と高い通信信頼性を両立させるためには周波数偏移 f_{DEV} を大きくする必要がある。しかしながら、同一の通信速度かつ同一の周波数偏移の場合において、受信されるデータがランダム信号であるデータ信号の場合と 1010 \cdots の繰り返しのビット同期信号の場合を比較すると、後者の方が信号に規則性があることによって符号間干渉 (Intersymbol interference) が少ないために受信感度がよくなる。

30

【0091】

すなわち、規則性のあるビット同期信号の区間において、ランダムなデータ信号の区間より周波数偏移 f_{DEV} を小さい値にしても、データ信号の区間と同程度の受信感度を得ることが可能である。よって、データ信号の区間において所望の受信感度を得られるように決定した周波数偏移 f_{DEV} を設定偏移量 f_{DEVS} とすると、ビット同期信号の区間においてデータ信号の区間と同等の受信感度を得られ、かつ設定偏移量 f_{DEVS} より小さい条件を満たす第 1 偏移量 f_{DEV1} が存在する。第 1 偏移量 f_{DEV1} としては、このような条件を満たす第 1 偏移量 f_{DEV1} が予め設定されている。

40

【0092】

そして、無線信号の全体を通じて、これを受信するために IF フィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、式 (5) 及び式 (6) から、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX})$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEVS})$ とのうちいずれが大きいほうになる (図 5 (d) では前者の方が大きい例を示している)。とくに、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX}) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEVS})$ となるように、第 1 偏移量 f_{DEV1} と設定偏移量 f_{DEVS} とを設定すると、IF フィルタ IFF の通過帯域幅を最も効率的に利用することができる。

【0093】

一方、図 17 に示す背景技術では、周波数偏移 f_{DEV} がデータ送信時と同じ設定偏移

50

量 $f_{DEV S}$ に固定されるため、IFフィルタ 115 に要求される通過帯域幅は、式 (3) から $B_{IF} < 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S} + f_{TX} + f_{RX})$ となる。そうすると、IFフィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV 1} + f_{TX} + f_{RX})$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ とのうちいずれであったとしても、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S} + f_{TX} + f_{RX})$ より小さくなる。

【0094】

従って、IFフィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} を、下記の式 (8) を満たす値に設定することが可能となる。

【0095】

$$B_{IF} < 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S} + f_{TX} + f_{RX}) \quad \dots (8)$$

そして、IFフィルタ IFF に要求される通過帯域幅 B_{IF} を、式 (8) を満たすように設定することで、式 (4) から、図 17 に示す背景技術よりも、通過帯域幅 B_{IF} を狭くして、無線受信回路 31 の受信感度 SS を向上する (小さくする) ことができる。

【0096】

なお、本実施形態では、無線送信装置 2 と無線受信装置 3 とがそれぞれ 1 台の無線通信システムを示したが、無線送信装置 2 と無線受信装置 3 とのいずれか一方もしくは両方が複数台からなる無線通信システムであってもよい。

【0097】

以上のように構成された無線通信システム 1 は、ダミー信号を用いることなく無線受信回路 31 の受信感度 SS を向上する (小さくする) ことができるので、ダミー信号により通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置における IFフィルタの通過帯域幅を狭くすることができる。

【0098】

なお、ビット同期信号送信部 21 は、調整時間 T_{AFC} のタイミングで周波数偏移 f_{DEV} を設定偏移量 $f_{DEV S}$ に変更する例を示したが、ビット同期信号送信部 21 は、図 6 に示すように、ビット送信時間 T_B のタイミングで周波数偏移 f_{DEV} を設定偏移量 $f_{DEV S}$ に変更するようにしてもよい。

【0099】

この場合、ビット同期信号送信部 21 は、調整時間 T_{AFC} を計時して、ビット同期信号の送信途中で周波数偏移量を切り替える必要がないので、ビット同期信号送信部 21 の構成を簡素化することが容易となる。

【0100】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第 2 実施形態に係る無線通信システムは、第 1 実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置 2 の代わりに無線送信装置 2a を備える点で異なる。無線送信装置 2a は、無線送信装置 2 と同様、図 4 で示される。

【0101】

図 4 に示す無線送信装置 2a は、無線送信装置 2 とは、送信制御回路 $TCC a$ におけるビット同期信号送信部 21a、フレーム同期信号送信部 22a (第 2 送信部) の動作が異なる。

【0102】

ビット同期信号送信部 21a は、送信 RF 回路 TRF へ、送信しようとする符号列を示す信号 $S1$ と、搬送波周波数からの周波数偏移量を指示する信号 $S2$ とを送信 RF 回路 TRF へ送信することにより、送信 RF 回路 TRF によって、搬送波周波数からの周波数偏移量が所定の第 1 偏移量 $f_{DEV 1}$ である無線信号を用いてビット同期を取るためのビット同期符号列 (第 1 設定符号列) の全部を送信させる。

【0103】

ここで、ビット同期信号を送信するのにかかるビット送信時間 T_B は、調整時間 T_{AFC} より短い時間に設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 4 】

フレーム同期信号送信部 2 2 a は、ビット同期信号送信部 2 1 によりビット同期符号列が送信された後、信号 S 1 , S 2 を送信 R F 回路 T R F へ送信することにより、送信 R F 回路 T R F によって、搬送波周波数からの周波数偏移量が第 2 偏移量 f_{DEV2} である無線信号を用いてフレーム同期信号を送信させる。

【 0 1 0 5 】

ここで、第 2 偏移量 f_{DEV2} は、第 1 偏移量 f_{DEV1} より大きく、設定偏移量 f_{DEVs} より小さい値に設定されている。

【 0 1 0 6 】

その他の構成は図 4 に示す無線送信装置 2 と同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図 7 は、図 4 に示す第 2 実施形態に係る無線送信装置 2 a と、無線受信装置 3 とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

10

【 0 1 0 7 】

まず、時間 $t = 0$ において、送信トリガが発生すると、ビット同期信号送信部 2 1 a は、信号 S 1 , S 2 を出力して、送信 R F 回路 T R F から、周波数偏移 f_{DEV} が第 1 偏移量 f_{DEV1} に設定されたビット同期信号を送信させる。

【 0 1 0 8 】

そして、ビット送信時間 T_B が経過すると、フレーム同期信号送信部 2 2 a は、信号 S 1 , S 2 を出力して、送信 R F 回路 T R F から、周波数偏移 f_{DEV} が第 2 偏移量 f_{DEV2} に設定されたフレーム同期信号を送信させる。

20

【 0 1 0 9 】

ここで、フレーム同期信号を送信するのにかかる時間であるフレーム送信時間 T_F と、ビット送信時間 T_B との合計は、調整時間 T_{AFC} より長くなるように設定されている。すなわち、 $T_B < T_{AFC}$ $T_B + T_F$ となるように、ビット送信時間 T_B 、フレーム送信時間 T_F 、及び調整時間 T_{AFC} が予め設定されている。

【 0 1 1 0 】

そして、上述のように、ビット同期信号の区間においては符号間干渉がないため、周波数偏移をデータ信号の区間よりも小さい値にしてもデータ信号の区間と同程度の受信感度を得ることが可能である。フレーム同期信号においても、同一符号の最大連続数を制限し、フレーム同期信号の区間で 0 と 1 の出現回数をほぼ同じにすることにより、ランダムなデータ信号の区間と比べて符号間干渉を小さくすることができる。

30

【 0 1 1 1 】

従って、フレーム同期信号の区間においてビット同期信号の区間やデータ信号の区間と同等の受信感度を得られ、かつ第 1 偏移量 f_{DEV1} より大きく、設定偏移量 f_{DEVs} より小さい条件を満たす第 2 偏移量 f_{DEV2} が存在する。第 2 偏移量 f_{DEV2} としては、このような条件を満たす第 2 偏移量 f_{DEV2} が予め設定されている。

【 0 1 1 2 】

これにより、無線送信装置 2 a は、 $0 < t < T_B$ の期間においては周波数偏移 f_{DEV} を第 1 偏移量 f_{DEV1} とし、 $T_B < t < T_B + T_F$ の期間においては周波数偏移 f_{DEV} を第 2 偏移量 f_{DEV2} とし、 $T_B + T_F < t$ の期間においては周波数偏移 f_{DEV} を設定偏移量 f_{DEVs} とする。

40

【 0 1 1 3 】

そうすると、無線受信回路 3 1 の I F フィルタ I F F に要求される通過帯域幅 B_{IF} は、式 (3) に基づき以下の式 (9) ~ (1 2) で与えられる。

【 0 1 1 4 】

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX}) \quad (t = 0 \text{ の場合}) \quad \cdot \cdot \cdot (9)$$

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{IF}(t)) \quad (0 < t < T_B \text{ の場合}) \quad \cdot \cdot \cdot (1 0)$$

50

$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV2} + f_{IF}(t))$ ($T_B \leq t < T_B + T_F$ の場合) \dots (11)

$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ ($t \geq T_B + T_F$ の場合) \dots (12)

【0115】

そして、無線信号の全体を通じて、これを受信するためにIFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} は、式(9)~(12)から、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX})$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV2} + f_{IF}(T_B))$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ とのうちの最大値になる(図7(d)では、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX})$ が最も大きい例を示している)。

10

【0116】

とくに、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX}) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV2} + f_{IF}(T_B)) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ となるように、第1偏移量 f_{DEV1} 、第2偏移量 f_{DEV2} 、及び設定偏移量 $f_{DEV S}$ を設定すると、IFフィルタIFFの通過帯域幅を最も効率的に利用することができる。

【0117】

一方、図17に示す背景技術では、IFフィルタ115に要求される通過帯域幅は、上述したように、 $B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S} + f_{TX} + f_{RX})$ となる。そうすると、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} は、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX})$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV2} + f_{IF}(T_B))$ と、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ とのうちいずれが最大であったとしても、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S} + f_{TX} + f_{RX})$ より小さくなる。

20

【0118】

従って、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} を、上記式(8)を満たす値に設定することが可能となる。そして、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} を、式(8)を満たすように設定することで、式(4)から、図17に示す背景技術よりも、無線受信回路31の受信感度SSを向上する(小さくする)ことができる。

【0119】

なお、フレーム同期信号送信部22aは、フレーム同期信号の区間全体について周波数偏移 f_{DEV} を第2偏移量 f_{DEV2} にする例を示したが、調整時間 T_{AFC} のタイミングで周波数偏移 f_{DEV} を第2偏移量 f_{DEV2} から設定偏移量 $f_{DEV S}$ に変更するようにしてもよい。

30

【0120】

また、本実施形態では、無線送信装置2aと無線受信装置3とがそれぞれ1台の無線通信システムを示したが、無線送信装置2aと無線受信装置3とのいずれか一方もしくは両方が複数台からなる無線通信システムであってもよい。

【0121】

以上のように構成された無線通信システムは、ビット送信時間 T_B を、調整時間 T_{AFC} より短い時間にすることができるので、通信時間短縮のためにビット同期信号の長さを短くすることが容易である。

40

【0122】

また、自動周波数調整回路部AFCの応答が早すぎると、データ区間において同一符号が連続した場合にこの符号部分で周波数調整が実行されてしまい、IF周波数がずれてしまうおそれがある。そこで、通信プロトコル上発生し得る同一符号の最大連続時に、IF周波数がずれてしまわない程度に、自動周波数調整回路部AFCの応答時間が長く(時定数が大きく)する必要がある。ここで、無線送信装置2aは、図7に示すように、調整時間 T_{AFC} をビット送信時間 T_B より長い時間に設定することができるので、自動周波数調整回路部AFCの応答時間を調整するための自由度を大きくすることができる。

【0123】

そして、ダミー信号を用いることなく無線受信回路31の受信感度SSを向上する(小

50

さくする)ことができるので、ダミー信号により通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信装置におけるIFフィルタの通過帯域幅を狭くすることができる。

【0124】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第3実施形態に係る無線通信システムは、第1実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置2の代わりに無線送信装置2bを備える点で異なる。無線送信装置2bは、無線送信装置2と同様、図4で示される。

【0125】

図4に示す無線送信装置2bは、無線送信装置2とは、送信制御回路TCCbにおけるビット同期信号送信部21bの動作が異なる。なお、フレーム同期信号送信部22bは、フレーム同期信号送信部22と同様に動作する。

10

【0126】

ビット同期信号送信部21bは、信号S1, S2を送信RF回路TRFへ送信することにより、送信RF回路TRFによって、周波数偏移 f_{DEV} を、第1偏移量 f_{DEV1} から設定偏移量 f_{DEVs} に向かって徐々に増大させつつビット同期信号を送信させる。このとき、ビット同期信号送信部21bは、例えば、時間 $t=0$ から調整時間 T_{AFC} の経過後に、周波数偏移 f_{DEV} が設定偏移量 f_{DEVs} になるように、周波数偏移 f_{DEV} を増大させるようになっている。

【0127】

20

その他の構成は図4に示す無線送信装置2と同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図8は、図4に示す第3実施形態に係る無線送信装置2bと、無線受信装置3とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【0128】

図8(c)に示すように、時間 t における周波数偏移 f_{DEV} を周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ とすると、時間 $t=0$ のとき $f_{DEV}(0) = f_{DEV1}$ 、時間 $t = T_{AFC}$ のとき $f_{DEV}(T_{AFC}) = f_{DEVs}$ となる。

【0129】

そして、 $0 < t < T_{AFC}$ の区間において、自動周波数調整回路AFCの動作により、 $f_{IF}(t)$ は徐々に減少して0に収束していくため、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} を増加させることなく周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ を増加させていくことができる。

30

【0130】

そこで、ビット同期信号送信部21bは、下記の式(13)を満足するように、周波数偏移 f_{DEV} を徐々に増大させることで、調整時間 T_{AFC} が経過するまで周波数偏移 f_{DEV} が第1偏移量 f_{DEV1} に固定されている場合と比べてビット同期信号の受信感度を高めることが可能となる。

【0131】

$$2 \times (f_{MOD} + f_{DEV}(t) + f_{IF}(t)) \quad 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{TX} + f_{RX}) \quad \dots (13)$$

40

なお、本実施形態では、無線送信装置2bと無線受信装置3とがそれぞれ1台の無線通信システムを示したが、無線送信装置2bと無線受信装置3とのいずれか一方もしくは両方が複数台からなる無線通信システムであってもよい。

【0132】

以上のように構成された無線通信システムは、周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ を連続的に変化させることにより、ビット同期信号の受信感度を高めることができる。

【0133】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第4実施形態

50

に係る無線通信システムは、第2実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置2aの代わりに無線送信装置2cを備える点で異なる。無線送信装置2cは、無線送信装置2aと同様、図4で示される。

【0134】

図4に示す無線送信装置2cは、図7に動作を示す無線送信装置2aとは、送信制御回路TCCcにおけるビット同期信号送信部21c、及びフレーム同期信号送信部22cの動作が異なる。

【0135】

ビット同期信号送信部21cは、信号S1, S2を送信RF回路TRFへ送信することにより、送信RF回路TRFによって、周波数偏移 f_{DEV} を、第1偏移量 f_{DEV1} から第2偏移量 f_{DEV2} に向かって徐々に増大させつつビット同期信号を送信させる。このとき、ビット同期信号送信部21cは、例えば、時間 $t=0$ からビット送信時間 T_B の経過後に、周波数偏移 f_{DEV} が第2偏移量 f_{DEV2} になるように、周波数偏移 f_{DEV} を増大させるようになっている。

10

【0136】

フレーム同期信号送信部22cは、信号S1, S2を送信RF回路TRFへ送信することにより、送信RF回路TRFによって、周波数偏移 f_{DEV} を、第2偏移量 f_{DEV2} から設定偏移量 f_{DEVs} に向かって徐々に増大させつつフレーム同期信号を送信させる。このとき、フレーム同期信号送信部22cは、フレーム同期信号の送信期間内、例えば、時間 $t=0$ から調整時間 T_{AFC} の経過後に、周波数偏移 f_{DEV} が設定偏移量 f_{DEVs} になるように、周波数偏移 f_{DEV} を増大させるようになっている。

20

【0137】

その他の構成は図4に示す無線送信装置2aと同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図9は、図4に示す第4実施形態に係る無線送信装置2cと、無線受信装置3とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【0138】

図9(c)に示すように、時間 t における周波数偏移 f_{DEV} を周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ とすると、時間 $t=0$ のとき $f_{DEV}(0) = f_{DEV1}$ 、時間 $t = T_B$ のとき $f_{DEV}(T_B) = f_{DEV2}$ 、時間 $t = T_{AFC}$ のとき $f_{DEV}(T_{AFC}) = f_{DEVs}$ となる。

30

【0139】

そして、 $0 < t < T_B$ の区間において、自動周波数調整回路AFCの動作により、 $f_{IF}(t)$ は徐々に減少していくため、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} を増加させることなく周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ を増加させていくことができる。

【0140】

そこで、ビット同期信号送信部21cは、上記式(13)を満足するように、周波数偏移 f_{DEV} を徐々に増大させることで、調整時間 T_{AFC} やビット送信時間 T_B が経過するまで周波数偏移 f_{DEV} が第1偏移量 f_{DEV1} に固定されている場合と比べてビット同期信号の受信感度を高めることが可能となる。

40

【0141】

さらに、 $T_B < t < T_{AFC}$ の区間において、自動周波数調整回路AFCの動作により、 $f_{IF}(t)$ は徐々に減少し、0に収束していくため、IFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} を増加させることなく周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ を増加させていくことができる。

【0142】

そこで、フレーム同期信号送信部22cは、下記の式(14)を満足するように、周波数偏移 f_{DEV} を徐々に増大させることで、フレーム同期信号の送信期間において周波数偏移 f_{DEV} が第2偏移量 f_{DEV2} に固定されている場合と比べてフレーム同期信号の受信感度を高めることが可能となる。

50

【0143】

$$2 \times (f_{MOD} + f_{DEV}(t) + f_{IF}(t)) \quad 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV2} + f_{TX} + f_{RX}) \quad \dots (14)$$

なお、本実施形態では、無線送信装置2cと無線受信装置3とがそれぞれ1台の無線通信システムを示したが、無線送信装置2cと無線受信装置3とのいずれか一方もしくは両方が複数台からなる無線通信システムであってもよい。

【0144】

以上のように構成された無線通信システムは、ビット同期信号及びフレーム同期信号の送信期間において、周波数偏移 $f_{DEV}(t)$ を連続的に変化させることにより、ビット同期信号及びフレーム同期信号の受信感度を高めることができる。

10

【0145】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第5実施形態に係る無線通信システムは、第1実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置2の代わりに無線送信装置2dを備える点で異なる。

【0146】

図10は、第5実施形態に係る無線送信装置2dの構成の一例を示すブロック図である。図10に示す無線送信装置2dは、図4に示す無線送信装置2とは、送信制御回路TCdが無変調信号送信部25(無変調送信部)をさらに備える点で異なる。

【0147】

無変調信号送信部25は、ビット同期信号送信部21によるビット同期信号の送信が開始される前に、無変調の信号、すなわち搬送波周波数の信号を、ダミー信号として送信RF回路TRFによって送信させる。

20

【0148】

また、無変調信号送信部25によるダミー信号の送信にかかる時間をダミー送信時間 T_D とすると、ビット同期信号送信部21による第1偏移量 f_{DEV1} でのビット同期信号の送信が実行される時間とダミー送信時間 T_D との合計が、調整時間 T_{AFC} 以上に設定されている。また、ダミー送信時間 T_D は、調整時間 T_{AFC} より短くされている。

【0149】

その他の構成は図4に示す無線送信装置2と同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図11は、図10に示す無線送信装置2dと、無線受信装置3とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。図11においては、無変調信号送信部25によるダミー信号の開始時を時間 $t=0$ としている。

30

【0150】

無変調のダミー信号は、変調によるスペクトラムの拡散がないため、無線受信回路31においてダミー信号を受信するためにIFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} は、 $2 \times (f_{TX} + f_{RX})$ となる。

【0151】

これにより、無線送信装置2dは、 $0 < t < T_D$ の期間においては周波数偏移 f_{DEV} をゼロとする。そして、無線受信回路31によってこのダミー信号が受信されると、自動周波数調整回路AFCの動作により、 $f_{IF}(t)$ は徐々に減少する。

40

【0152】

そして、ダミー送信時間 T_D が経過してダミー信号の送信が終了すると、ビット同期信号送信部21によるビット同期信号の送信が第1偏移量 f_{DEV1} で開始される。

【0153】

そうすると、無線受信回路31のIFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} は、式(3)に基づき以下の式(15)~(18)で与えられる。

【0154】

$$B_{IF} = 2 \times (f_{TX} + f_{RX}) \quad (t=0の場合) \quad \dots (15)$$

50

$$B_{IF} = 2 \times f_{IF}(t) \quad (0 < t < T_D \text{ の場合}) \quad \dots (16)$$

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{IF}(t)) \quad (T_D \leq t < T_D + T_B \text{ の場合}) \quad \dots (17)$$

$$B_{IF} = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S}) \quad (t \geq T_D + T_B \text{ の場合}) \quad \dots (18)$$

【0155】

そして、無線信号の全体を通じて、これを受信するためにIFフィルタIFFに要求される通過帯域幅 B_{IF} は、式(15)~(18)から、 $2 \times (f_{TX} + f_{RX})$ 、 $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{IF}(T_D))$ 、及び $2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ のうちの最大値になる(図11(d)では、 $2 \times (f_{TX} + f_{RX})$ が最も大きい例を示している)。

【0156】

特に、 $2 \times (f_{TX} + f_{RX}) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV1} + f_{IF}(T_D)) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV S})$ となるように、第1偏移量 f_{DEV1} 、設定偏移量 $f_{DEV S}$ 、及びダミー送信時間 T_D を設定すると、IFフィルタIFFの通過帯域幅を最も効率的に利用することができる。

【0157】

これにより、図18に示す背景技術では、少なくとも調整時間 T_{AFC} の間、ダミー信号を送信し続ける必要があったが、図10に示す無線送信装置2dは、ダミー送信時間 T_D を調整時間 T_{AFC} より短くできるので、図18に示す背景技術と比べて、通信時間が増大するおそれを低減しつつ、無線受信回路31におけるIFフィルタIFFの通過帯域幅を狭くすることが容易となる。

【0158】

なお、本実施形態では、無線送信装置2dと無線受信装置3とがそれぞれ1台の無線通信システムを示したが、無線送信装置2dと無線受信装置3とのいずれか一方もしくは両方が複数台からなる無線通信システムであってもよい。

【0159】

また、無線送信装置2a, 2b, 2cにおける送信制御回路TCCa, TCCb, TCCcに、無変調信号送信部25を設けるようにしてもよい。

【0160】

(第6実施形態)

次に、本発明の第6実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第6実施形態に係る無線通信システムは、第5実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置2dの代わりに無線送信装置2eを備える点で異なる。

【0161】

図12は、第6実施形態に係る無線送信装置2eの構成の一例を示すブロック図である。図12に示す無線送信装置2eは、図10に示す無線送信装置2dとは、温度センサTS(温度検出部)をさらに備える点、送信制御回路TCCdがさらに偏移量設定部26を備える点で異なる。また、無変調信号送信部25eの動作が異なる。

【0162】

温度センサTSは、無線送信装置2dの温度、特に基準発振器OSCの温度を検出する温度センサである。

【0163】

無変調信号送信部25eは、温度センサTSによって検出された温度に応じて、ダミー送信時間 T_D の長さを設定する。

【0164】

偏移量設定部26は、温度センサTSによって検出された温度に応じて、第1偏移量 f_{DEV1} 、及び設定偏移量 $f_{DEV S}$ を設定する。なお、設定偏移量 $f_{DEV S}$ は、固定値であってもよい。

【0165】

10

20

30

40

50

その他の構成は図10に示す無線送信装置2dと同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図13は、図12に示す無線送信装置2eと、無線受信装置3とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。図13においては、無変調信号送信部25eによるダミー信号の開始時を時間 $t = 0$ としている。

【0166】

一般に、基準発振器OSCの発振周波数が変動する要因としては、温度の影響が支配的である。したがって、温度センサTSによって検出された基準発振器OSCの温度を X とすると、基準発振周波数偏差 f_{TX} は、温度 X の関数として $f_{TX}(X)$ と表すことができる。

10

【0167】

そこで、偏移量設定部26は、 $f_{TX}(X)$ の絶対値が大きくなるほど(すなわち、基準発振周波数偏差 f_{TX} の絶対値が大きくなる温度ほど)、第1偏移量 f_{DEV1} 、及び設定偏移量 f_{DEV5} を小さくすることで、中間周波数がIFフィルタIFF通過帯域幅 B_{IF} に収まるように調節する。また、無変調信号送信部25eは、 $f_{TX}(X)$ の絶対値が大きくなるほど、ダミー送信時間 T_D を増大することで、自動周波数調整回路AFCによる自動周波数調整に必要な時間を確保するようになっている。

【0168】

また、偏移量設定部26及び無変調信号送信部25eは、 $2 \times (f_{TX}(X) + f_{RX}) = 2 \times (f_{TX} + f_{RX} + f_{MOD} + f_{DEV1}) = 2 \times (f_{MOD} + f_{DEV5})$ となるように、第1偏移量 f_{DEV1} 、設定偏移量 f_{DEV5} 、及びダミー送信時間 T_D を設定すると、IFフィルタIFFの通過帯域幅を最も効率的に利用することができる。この場合、無変調信号送信部25eは、 f_{TX} 又は、予め設定された f_{RX} の予測値と f_{TX} との合計が大きいほど、ダミー送信時間 T_D を大きくする。

20

【0169】

ところで、図10に示す無線送信装置2dでは、偏差 f_{TX} が温度の影響を考慮した場合の最大値となっているため、実際には偏差 f_{TX} が小さい温度であっても、偏差 f_{TX} が最大になったときでも中間周波数が通過帯域幅 B_{IF} に収まるように、第1偏移量 f_{DEV1} が小さな値に設定される。

【0170】

一方、図12に示す無線送信装置2eでは、温度の影響を考慮した $f_{TX}(X)$ に応じて第1偏移量 f_{DEV1} が設定されるので、偏差 f_{TX} が小さくなる温度では、その分第1偏移量 f_{DEV1} を大きくすることで、通過帯域幅 B_{IF} を無駄なく利用することができる。その結果、図10に示す無線送信装置2dよりもビット同期信号の受信感度を向上させることが可能となる。

30

【0171】

また、図10に示す無線送信装置2dでは、偏差 f_{TX} が温度の影響を考慮した場合の最大値であっても、自動周波数調整回路AFCが $f_{IF}(t)$ を略「0」に収束させることができるように、ダミー送信時間 T_D を設定しておく必要があったので、偏差 f_{TX} が小さくなる温度においても、ダミー送信時間 T_D を最悪条件に合わせた時間にする必要がある。

40

【0172】

一方、図12に示す無線送信装置2eでは、温度の影響を考慮した $f_{TX}(X)$ に応じて、 $f_{TX}(X)$ が小さくなるほど、ダミー送信時間 T_D が短くされるので、温度条件がよい場合には、ダミー送信時間 T_D を短くして無線送信装置2dよりも通信時間を短縮することが可能となる。

【0173】

(第7実施形態)

次に、本発明の第7実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第7実施形態に係る無線通信システムは、第1実施形態に係る無線通信システムとは、無線送信装置2

50

の代わりに無線送信装置 2 f を備える点で異なる。

【0174】

図14は、本発明の第7実施形態に係る無線送信装置 2 f の構成の一例を示すブロック図である。図14に示す無線送信装置 2 f は、図4に示す無線送信装置 2 とは、温度センサ T S をさらに備える点、送信制御回路 T C C f がさらに偏移量設定部 2 6 を備える点で異なる。

【0175】

その他の構成は図4に示す無線送信装置 2 と同様であるのでその説明を省略し、以下本実施形態の動作について説明する。図15は、図14に示す無線送信装置 2 f と、無線受信装置 3 とを用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

10

【0176】

一般に、基準発振器 O S C の発振周波数が変動する要因としては、温度の影響が支配的である。したがって、温度センサ T S によって検出された基準発振器 O S C の温度を X とすると、基準発振周波数偏差 $f_{T X}$ は、温度 X の関数として $f_{T X}(X)$ と表すことができる。

【0177】

そこで、偏移量設定部 2 6 は、 $f_{T X}(X)$ が大きくなるほど（すなわち、基準発振周波数偏差 $f_{T X}$ が大きくなる温度ほど）、第1偏移量 $f_{D E V 1}$ を小さくすることで、中間周波数が I F フィルタ I F F 通過帯域幅 $B_{I F}$ に収まるように調節する。

【0178】

ここで、偏移量設定部 2 6 は、 $(f_{T X} + f_{D E V 1}(X))$ が一定となるように、温度 X のときの第1偏移量 $f_{D E V 1}(X)$ を設定することで、温度に応じて最適な第1偏移量 $f_{D E V 1}(X)$ を設定することができる結果、図4に示す無線送信装置 2 よりも、ビット同期信号の受信感度を向上させることができる。

20

【0179】

なお、関数は、例えば関数式で表されていてもよく、例えばデータテーブルを用いて表されていてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0180】

【図1】本発明の一実施形態に係る無線送信装置と、この無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置とを備えた無線通信システムの一例を示す説明図である。

30

【図2】図1に示す無線受信装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】図2に示す無線受信回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図4】図1に示す無線送信装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図5】図1に示す無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図6】図5に示す動作の変形例を説明するための説明図である。

【図7】第2実施形態に係る無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図8】第3実施形態に係る無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

40

【図9】第4実施形態に係る無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図10】第5実施形態に係る無線送信装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図11】図10に示す無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図12】第6実施形態に係る無線送信装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図13】図12に示す無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図14】本発明の第7実施形態に係る無線送信装置の構成の一例を示すブロック図である。

50

【図 1 5】図 1 4 に示す無線送信装置を用いた無線通信システムの動作の一例を説明するための説明図である。

【図 1 6】背景技術に係る無線通信システムの構成を示すブロック図である。

【図 1 7】背景技術に係る無線通信システムの動作の一例を示す説明図である。

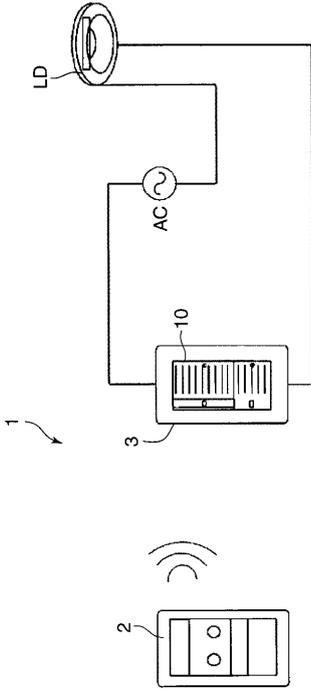
【図 1 8】背景技術に係る無線通信システムの動作の他の一例を示す説明図である。

【符号の説明】

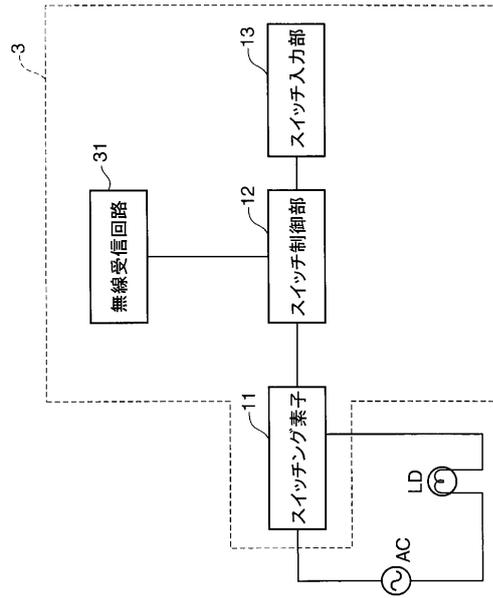
【 0 1 8 1 】

1	無線通信システム	
2, 2 a, 2 b, 2 c, 2 d, 2 e, 2 f	無線送信装置	
3	無線受信装置	10
1 0	操作ハンドル	
1 1	スイッチング素子	
1 2	スイッチ制御部	
1 3	スイッチ入力部	
2 1, 2 1 a, 2 1 b, 2 1 c	ビット同期信号送信部	
2 2, 2 2 a, 2 2 b, 2 2 c	フレーム同期信号送信部	
2 3	データ送信部	
2 5, 2 5 e	無変調信号送信部	
2 6	偏移量設定部	
3 1	無線受信回路	20
B I F	通過帯域幅	
A F C	自動周波数調整回路	
D T C	検波器	
I F A	I F アンプ	
I F F	I F フィルタ	
L N A	ローノイズアンプ	
L O	局部発振回路	
M I X	ミキサ	
O S C	基準発振器	
P A	パワーアンプ	30
R A N T	受信アンテナ	
R B B	ベースバンド回路部	
R F F	R F フィルタ	
S S	受信感度	
T A N T	送信アンテナ	
T A F C	調整時間	
T B	ビット送信時間	
T C C, T C C a, T C C b, T C C c, T C C d, T C C e, T C C f	送信制御回路	40
T D	ダミー送信時間	40
T F	フレーム送信時間	
T R F	送信制御回路	
T S	温度センサ	
f D E V	周波数偏移	
f D E V 1	第 1 偏移量	
f D E V 2	第 2 偏移量	
f D E V S	設定偏移量	
f M O D	変調周波数	
f T X	基準発振周波数偏差	
f R X	局部発振周波数偏差	50

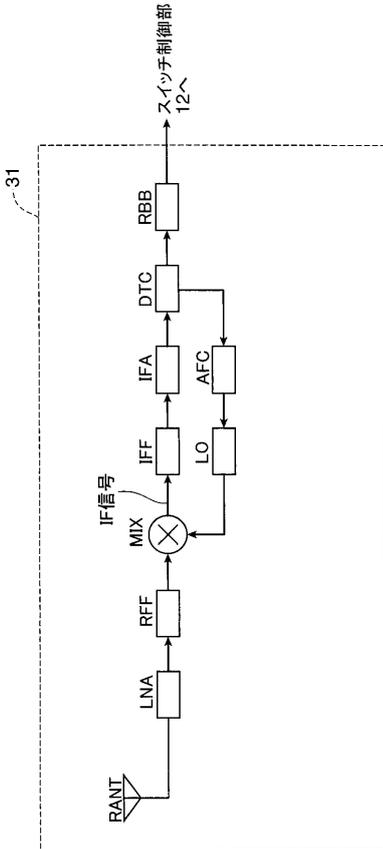
【図 1】



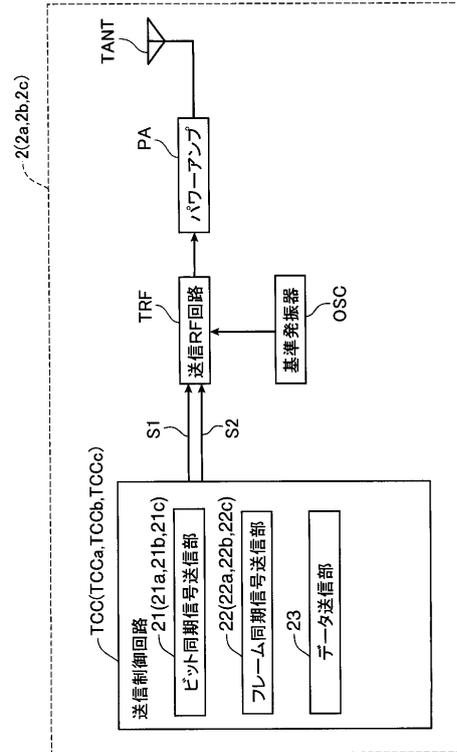
【図 2】



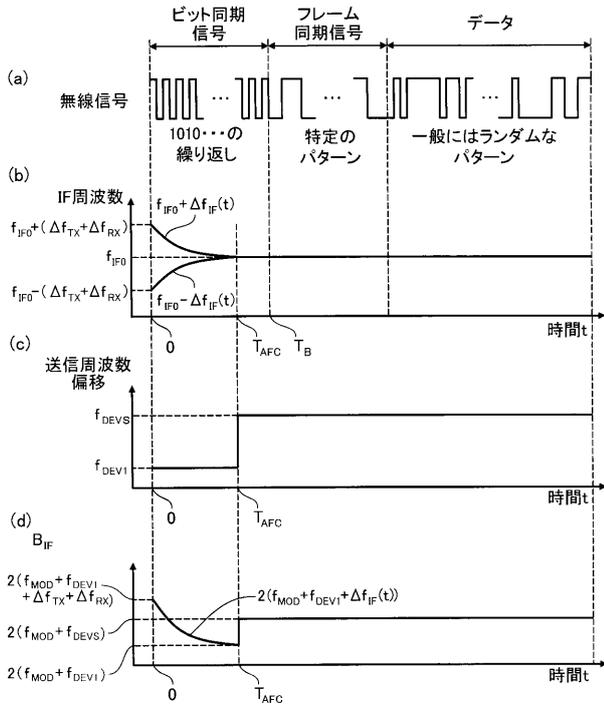
【図 3】



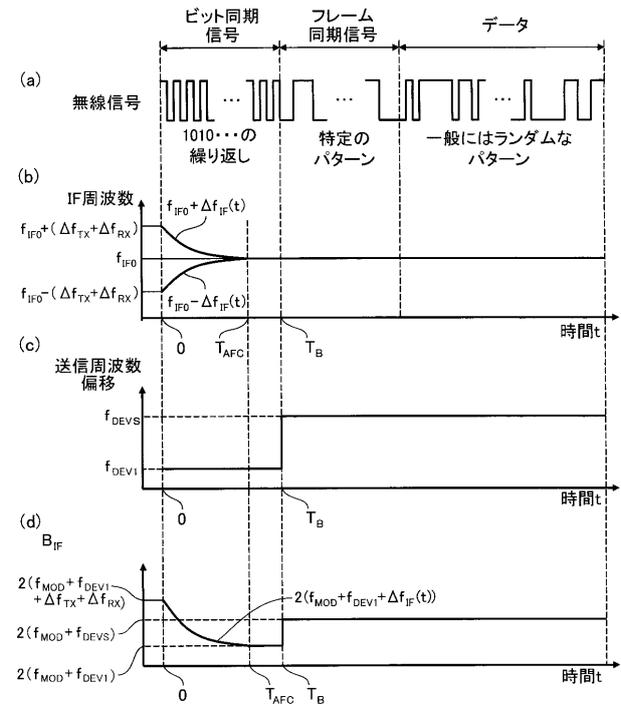
【図 4】



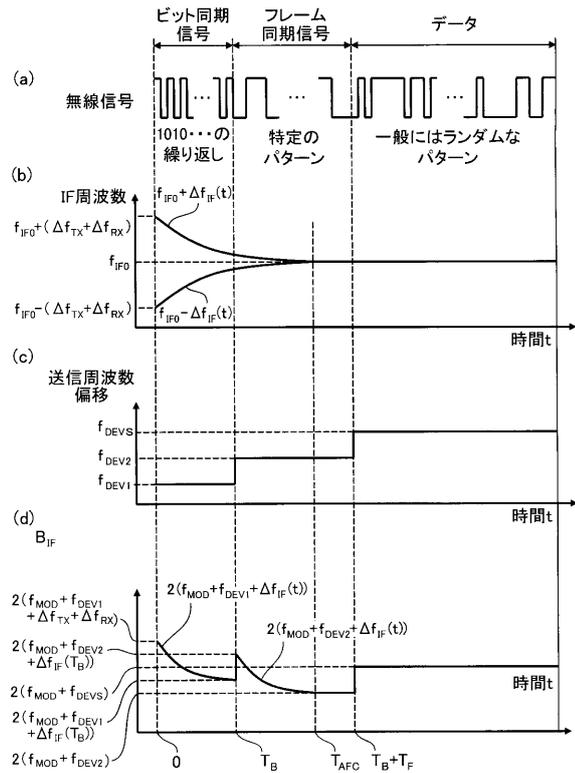
【 図 5 】



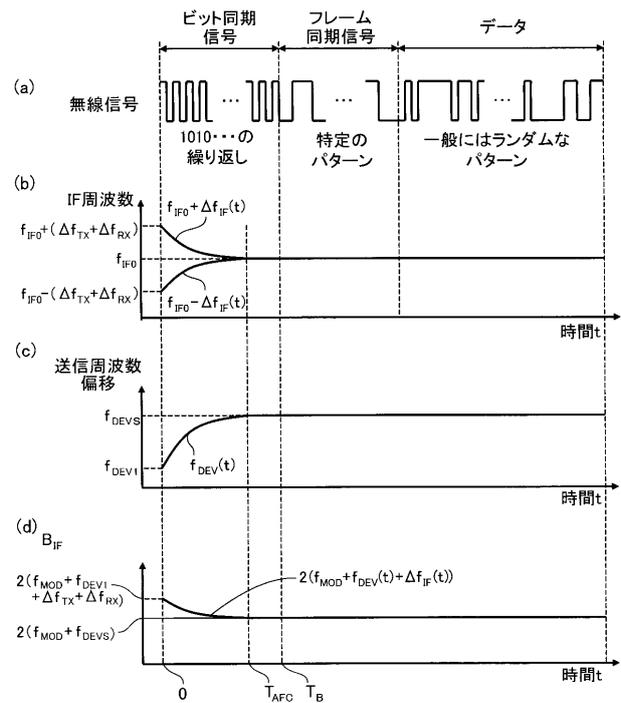
【 図 6 】



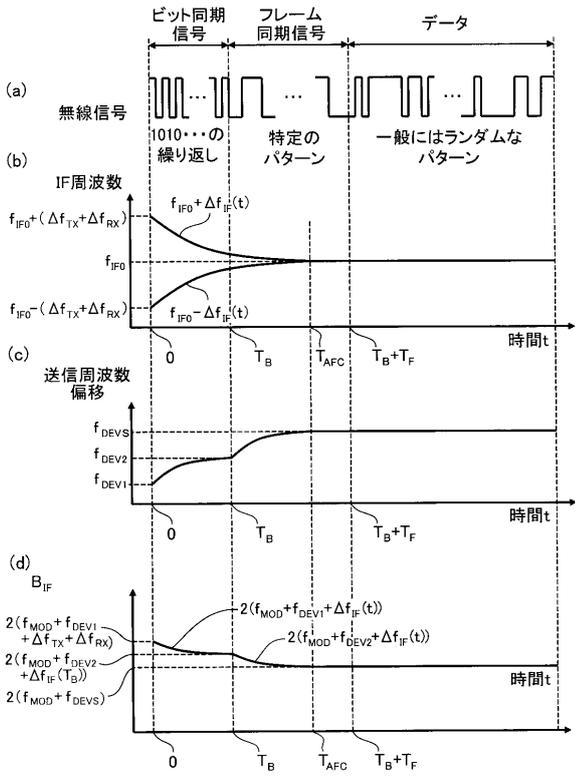
【 図 7 】



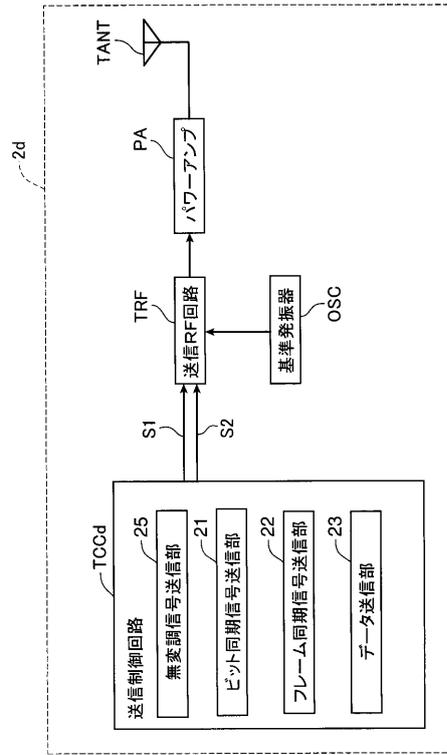
【 図 8 】



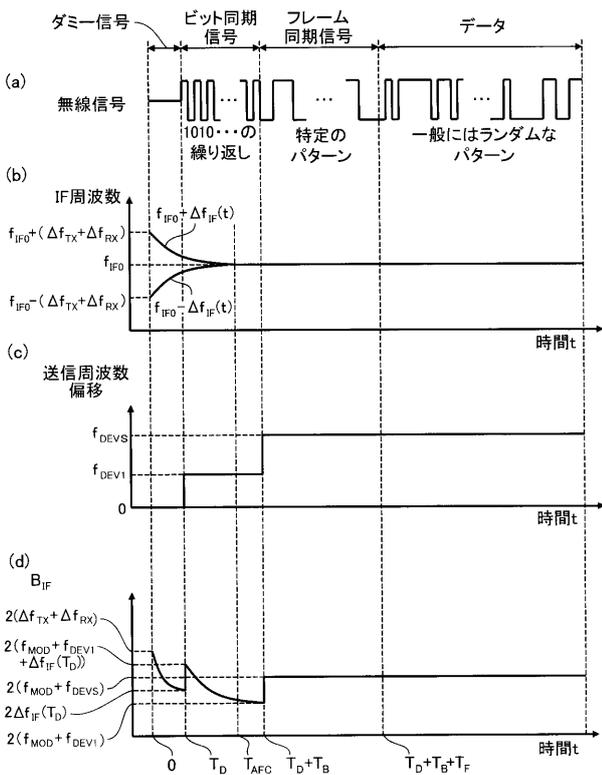
【図9】



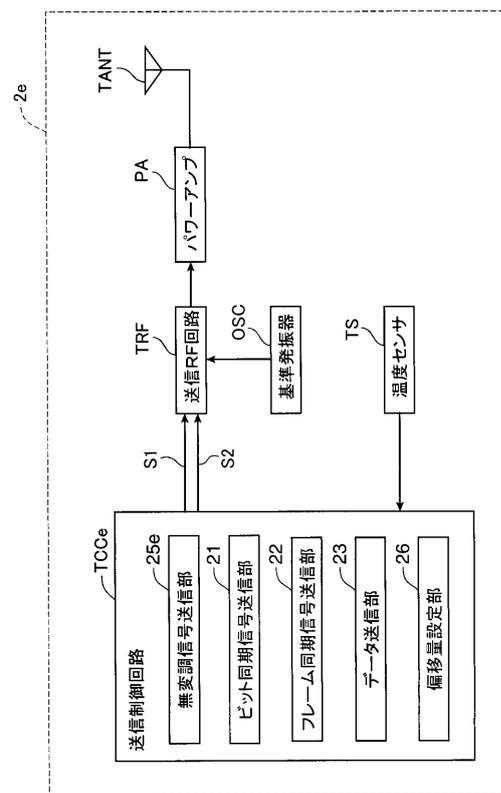
【図10】



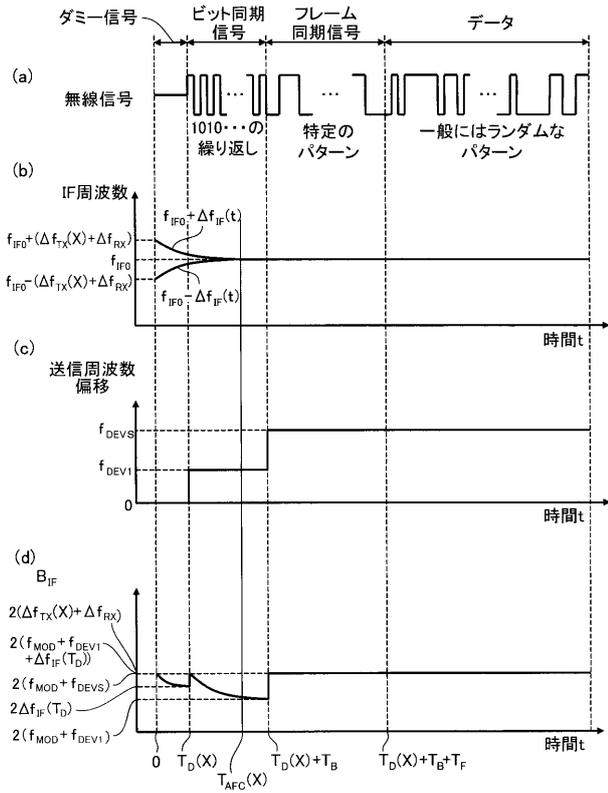
【図11】



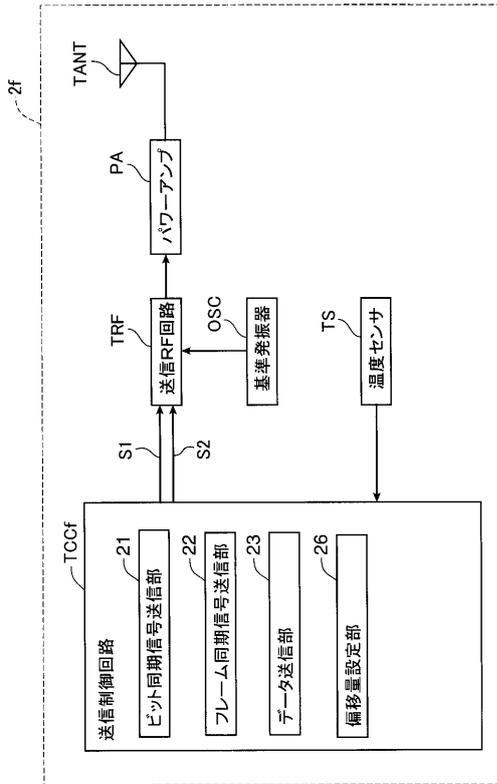
【図12】



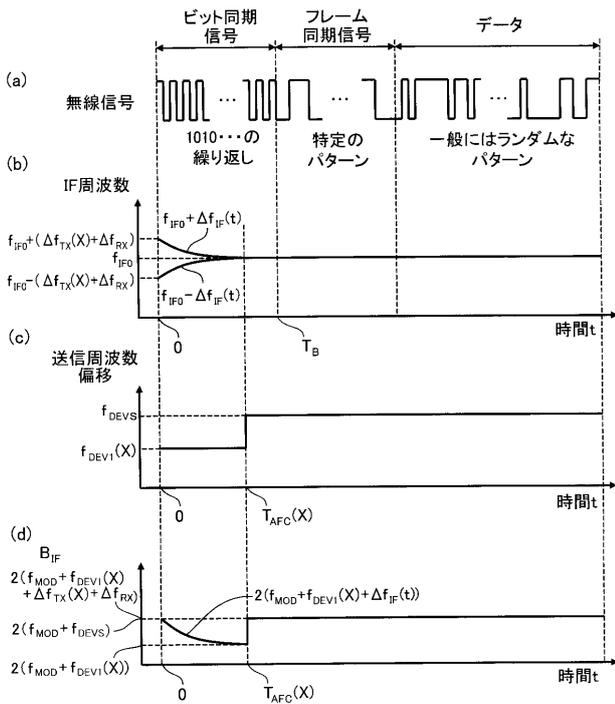
【図13】



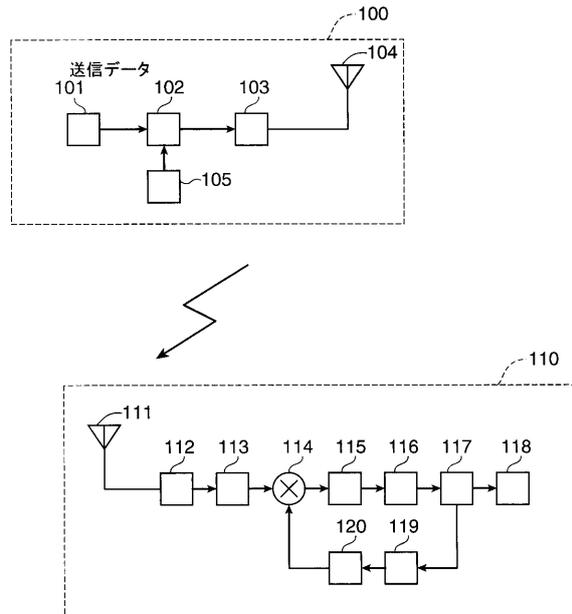
【図14】



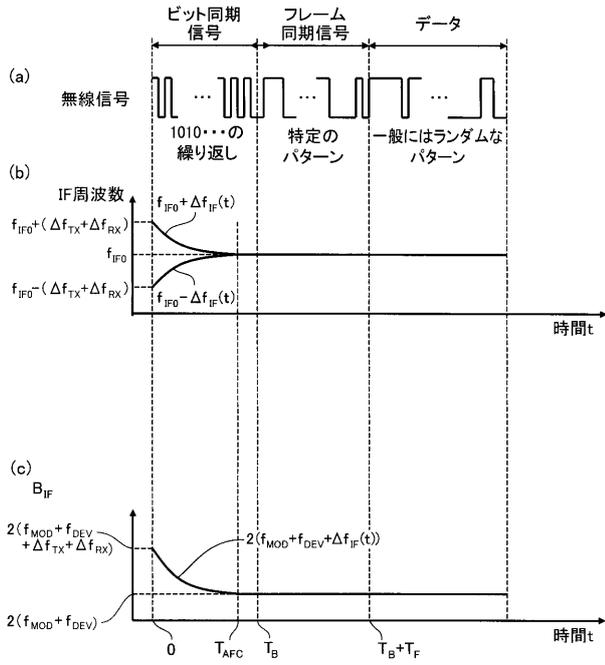
【図15】



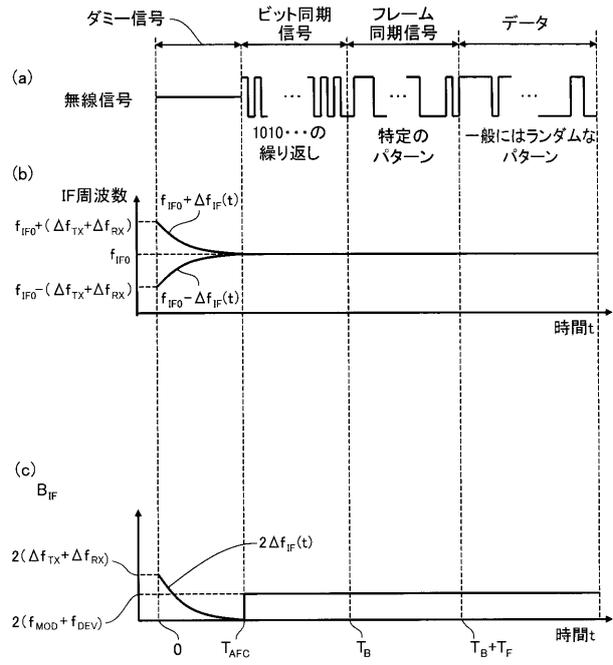
【図16】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 植田 真介

大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地 松下電工株式会社内

(72)発明者 笠井 秀樹

大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地 松下電工株式会社内

Fターム(参考) 5K020 CC03 DD11 DD21 DD26 EE01 EE02 EE03 EE04 EE05 GG22
HH13 NN07
5K060 CC04 CC11 DD08 FF06 GG01 GG03 HH02 HH06 HH23 HH31
HH32 HH34 HH39 JJ21 LL02
5K061 AA02 BB11 CC02 CC08 CC14 CC23 CC27 CC53 JJ24