

(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2012-205121

(P2012-205121A)

(43) 公開日 平成24年10月22日(2012.10.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO4L 27/38 (2006.01)</b>	HO4L 27/00	G
<b>HO4L 27/22 (2006.01)</b>	HO4L 27/22	Z
		5K004

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-68464 (P2011-68464)  
 (22) 出願日 平成23年3月25日 (2011. 3. 25)

(出願人による申告) 平成22年度、総務省、「超高速近距離無線伝送技術等の研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊  
 (74) 代理人 100159651  
 弁理士 高倉 成男  
 (74) 代理人 100091351  
 弁理士 河野 哲  
 (74) 代理人 100088683  
 弁理士 中村 誠  
 (74) 代理人 100109830  
 弁理士 福原 淑弘  
 (74) 代理人 100075672  
 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数オフセット補償装置

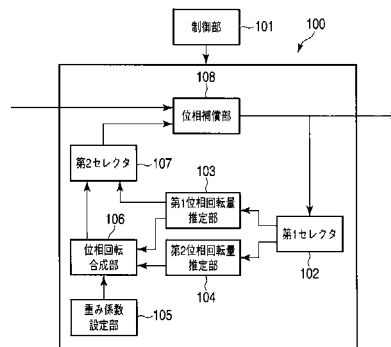
(57) 【要約】

【課題】 性能劣化を改善させることができる。

【解決手段】 本開示の一実施形態に係る周波数オフセット補償装置は、第1推定部、第2推定部、設定部、合成部、および補償部を含む。第1推定部は、第1既知信号を用いて第1位相回転量を推定する。第2推定部は、前記第1既知信号よりも信号区間長が長い第2既知信号を用いて第2位相回転量を推定する。設定部は、信号の受信電力の大きさに応じて重み係数を設定する。合成部は、前記重み係数を用いて、前記第1位相回転量と前記第2位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する。補償部は、前記オフセット補償値を用いて位相回転を補償する。設定部は、前記受信電力が閾値より小さい場合、前記第2位相回転量の重み係数を第1値に設定し、該受信電力が該閾値以上である場合、該第2位相回転量の重み係数を該第1値よりも小さい第2値に設定する。

【選択図】 図1

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 既知信号を用いて第 1 位相回転量を推定する第 1 推定部と、  
 前記第 1 既知信号よりも信号区間長が長い第 2 既知信号を用いて第 2 位相回転量を推定する第 2 推定部と、  
 信号の受信電力の大きさに応じて重み係数を設定する設定部と、  
 前記重み係数を用いて、前記第 1 位相回転量と前記第 2 位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する合成部と、  
 前記オフセット補償値を用いて位相回転を補償する補償部と、を具備し、  
 前記設定部は、前記受信電力が閾値よりも小さい場合、前記第 2 位相回転量の重み係数を第 1 値に設定し、該受信電力が該閾値以上である場合、該第 2 位相回転量の重み係数を該第 1 値よりも小さい第 2 値に設定することを特徴とする周波数オフセット補償装置。

10

## 【請求項 2】

第 1 既知信号を用いて第 1 位相回転量を推定する第 1 推定部と、  
 前記第 1 既知信号よりも信号区間長が長い第 2 既知信号を用いて第 2 位相回転量を推定する第 2 推定部と、  
 装置の状態に応じて重み係数を設定する設定部と、  
 前記重み係数を用いて、前記第 1 位相回転量と前記第 2 位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する合成部と、  
 前記オフセット補償値を用いて位相回転を補償する補償部と、を具備し、  
 前記設定部は、前記装置が待ち受け状態でない場合、前記第 2 位相回転量の重み係数を第 1 値に設定し、該装置が前記待ち受け状態にある場合、該第 2 位相回転量の重み係数を該第 1 値よりも小さい第 2 値に設定することを特徴とする周波数オフセット補償装置。

20

## 【請求項 3】

第 1 既知信号を用いて第 1 位相回転量を推定する第 1 推定部と、  
 前記第 1 既知信号よりも信号区間長が長い第 2 既知信号を用いて第 2 位相回転量を推定する第 2 推定部と、  
 信号のヘッダ情報に基づいて重み係数を設定する設定部と、  
 前記重み係数を用いて、前記第 1 位相回転量と前記第 2 位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する合成部と、  
 前記オフセット補償値を用いて位相回転を補償する補償部と、を具備し、  
 前記設定部は、ヘッダ情報に低速通信用の情報が含まれる場合、前記第 2 位相回転量の重み係数を第 1 値に設定し、該ヘッダに高速通信用の情報が含まれる場合、該第 2 位相回転量の重み係数を該第 1 値よりも小さい第 2 値に設定することを特徴とする周波数オフセット補償装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、周波数オフセット補償に関する。

## 【背景技術】

40

## 【0002】

無線通信において、データ信号の受信前に送受信間の搬送波の周波数ずれ（以下、周波数オフセットという）を推定して、周波数オフセットを補償する必要がある。周波数オフセットを推定する方法として、周期が異なる既知信号を用いて粗推定及び微推定の 2 段階で周波数オフセットを推定し、それぞれの値を加算した結果を用いて周波数オフセットを補償する手法がある。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特許第 3 9 1 0 4 4 3 号公報

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、上述の手法では、周波数オフセット補償値が微推定のみ依存するため、微推定における推定精度が劣化した場合に周波数オフセットが多く残留してしまい、性能劣化を招く問題がある。

本発明の一観点は、性能劣化を改善することができる周波数オフセット補償装置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】

## 【0005】

本発明の一実施形態に係る周波数オフセット補償装置は、第1推定部、第2推定部、設定部、合成部、および補償部を含む。第1推定部は、第1既知信号を用いて第1位相回転量を推定する。第2推定部は、前記第1既知信号よりも信号区間長が長い第2既知信号を用いて第2位相回転量を推定する。

## 【0006】

設定部は、信号の受信電力の大きさに応じて重み係数を設定する。合成部は、前記重み係数を用いて、前記第1位相回転量と前記第2位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する。補償部は、前記オフセット補償値を用いて位相回転を補償する。設定部は、前記受信電力が閾値より小さい場合、前記第2位相回転量の重み係数を第1値に設定し、該受信電力が該閾値以上の場合、該第2位相回転量の重み係数を該第1値よりも小さい第2値に設定する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0007】

【図1】本実施形態に係る周波数オフセット補償装置を示すブロック図。

【図2】受信信号の一例を示す図。

【図3】本実施形態に係る周波数オフセット補償装置の動作を示すフローチャート。

【図4】重み係数設定部の動作を示すフローチャート。

【図5】本実施形態に係る周波数オフセット補償装置のシミュレーション結果を示す図。

【図6】第1の変形例に係る重み係数設定部の動作を示すフローチャート。

【図7】第2の変形例に係る重み係数設定部の動作を示すフローチャート。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0008】

以下、図面を参照しながら本開示の一実施形態に係る周波数オフセット補償装置について詳細に説明する。なお、以下の実施形態では、同一の番号を付した部分については同様の動作を行うものとして、重ねての説明を省略する。

本実施形態に係る周波数オフセット補償装置について図1のブロック図を参照して説明する。この周波数オフセット補償装置は、受信側の無線通信端末に備えられても良く、送信側の無線通信端末から受信した信号についての周波数オフセットを補償することができる。この周波数オフセット補償装置は、受信側の無線通信端末に内蔵される半導体集積回路として実現することができる。

## 【0009】

本実施形態に係る周波数オフセット補償装置100は、制御部101、第1セレクタ102、第1位相回転量推定部（単に第1推定部ともいう）103、第2位相回転量推定部（単に第2推定部ともいう）104、重み係数設定部（単に設定部ともいう）105、位相回転合成部（単に合成部ともいう）106、第2セレクタ107、及び位相補償部（単に補償部ともいう）108を含む。

## 【0010】

制御部101は、外部から受け取った信号（以下、受信信号という）のうち、周波数オフセット補償装置100において処理しようとする信号系列が、第1既知信号、第2既知信号およびデータボディのいずれであるかを判定する。その後、制御部101は、周波数

10

20

30

40

50

オフセット補償装置 100 を第 1 既知信号、第 2 既知信号およびデータボディの各信号に応じた動作を行うように制御する。既知信号とは、送信側の無線通信端末と、受信側の無線通信端末とで既知な信号であればどのような信号であってもよく、規格書等で定められていてもよい。

第 1 セレクタ 102 は、後述する位相補償部 108 から第 1 既知信号を受け取った場合は、第 1 位相回転量推定部 103 へ出力し、位相補償部 108 から第 2 既知信号を受け取った場合は、第 2 位相回転量推定部 104 へ出力する。

#### 【0011】

第 1 位相回転量推定部 103 は、第 1 セレクタ 102 から第 1 既知信号を受け取り、第 1 既知信号を用いて第 1 位相回転量を推定する。位相回転量の推定方法は、一例として後述するが、位相回転量を推定できる任意の手法が適用できる。

10

#### 【0012】

第 2 位相回転量推定部 104 は、第 1 セレクタ 102 から第 2 既知信号を受け取り、第 2 既知信号を用いて第 2 位相回転量を推定する。第 2 位相回転量推定部 104 の動作については後述する。位相回転量の推定方法は、第 1 位相回転量推定部 103 と同様の動作を行えばよい。

重み係数設定部 105 は、シンセサイザから発生する位相雑音と、ホワイトノイズなどに代表される熱雑音との相対量に応じて重み係数を設定する。重み係数設定部 105 の詳細については、図 4 を参照して後述する。

#### 【0013】

20

位相回転合成部 106 は、第 1 位相回転量推定部 103 から第 1 位相回転量を、第 2 位相回転量推定部 104 から第 2 位相回転量を、重み係数設定部 105 から重み係数をそれぞれ受け取る。位相回転合成部 106 は、重み係数を用いて第 1 位相回転量と第 2 位相回転量とを重み付けして合成したオフセット補償値を算出する。

第 2 セレクタ 107 は、第 1 位相回転量推定部 103 から第 1 位相回転量を、位相回転合成部 106 からオフセット補償値をそれぞれ受け取る。第 2 セレクタ 107 は、第 1 既知信号の受信を完了した場合は、第 1 位相回転量を出力し、第 2 既知信号の受信を完了した場合は、オフセット補償値を出力とする。

位相補償部 108 は、外部から受信信号を受け取り、第 2 セレクタ 107 から第 1 位相回転量またはオフセット補償値を受け取る。位相補償部 108 は、第 1 位相回転量またはオフセット補償値を用いて受信信号のサンプルごとの位相補償値を算出し、受信信号の位相回転を補償することで、周波数オフセットを補正する。

30

#### 【0014】

次に、周波数オフセット補償装置 100 に入力される信号のフォーマットについて図 2 を参照して説明する。

図 2 に示すように、信号のフォーマットは、先頭から順に、第 1 既知信号 201、第 2 既知信号 202、及びデータ信号 203 を含む。第 2 既知信号 202 は、第 1 既知信号 201 よりも信号の時間的な長さが長い。すなわち、第 2 既知信号 202 は、第 1 既知信号 201 よりも信号区間が長い。第 1 既知信号 201 は、 $x_1, x_2, \dots, x_n$  ( $n$  は自然数) として、 $n$  個のサンプルにてサンプルされる。第 2 既知信号 202 は、 $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$  ( $m$  は自然数であり、 $m > n$  とする) として、 $m$  個のサンプルにて、サンプルされる。データ信号 203 には、所望のペイロードデータが含まれる。

40

#### 【0015】

また、第 1 既知信号 201 と第 2 既知信号とは、共に一定の周期で同じ信号を繰り返す。ここで、第 1 既知信号の繰り返し信号の周期は、第 2 既知信号の繰り返し信号の周期以下である。まず、第 1 既知信号を用いて荒い精度で周波数オフセットを推定し、次に、第 1 既知信号で取り除けなかった残留分を、平均化サンプル数の多い第 2 既知信号を用いて精度良く推定する。なお、第 1 既知信号を用いた周波数オフセット推定を粗推定と呼び、第 2 既知信号を用いた周波数オフセット推定を微推定と呼ぶ。

50

本実施形態では、第1既知信号を用いて粗推定を行ない、粗推定で取り除けなかった残留分について第2既知信号を用いて微推定を行なう。

【0016】

次に、本実施形態に係る周波数オフセット補償装置の動作について図3のフローチャートを参照して説明する。

ステップS301では、位相補償部108が、補償値を0として、サンプル毎の位相補償を行う。

ステップS302では、制御部101が、データ信号を受信中であるかどうかを判定する。データ信号受信中は、周波数オフセット補償装置100の出力端子に出力し、データ信号を受信中でない場合はステップS303へ進む。

10

【0017】

ステップS303では、制御部101が、第1既知信号を受信中であるかどうかを判定する。第1既知信号を受信中である場合は、ステップS304へ進み、第1既知信号を受信中でない場合は、ステップS308へ進む。

ステップS304では、第1セレクタ102が、位相補償部108から受け取った第1既知信号を第1位相回転量推定部103に出力する。

ステップS305では、第1位相回転量推定部103が、第1既知信号を用いて、周波数オフセットによって生じるサンプル間の位相変位の推定を行い、第1位相回転量 $\theta_1$ を算出する。第1位相回転量の算出法は任意で良い。

ステップS306では、第1位相回転量推定部103が、第1既知信号の受信終了時、つまり、第2既知信号の受信開始時に、位相回転量 $\theta_3$ を $\theta_1$ に更新する。

20

【0018】

ステップS307では、位相補償部108が、ステップS306で $\theta_1$ に更新された $\theta_3$ を用いてサンプル毎の位相補償値を算出する。

再び、ステップS301に戻り、位相補償部108が、ステップS307で算出した位相補償値を用いて、第2既知信号の位相補償を行う。

ステップS308では、第1セレクタ102が、位相補償部108から受け取った第2既知信号を第2位相回転量推定部104に出力する。

ステップS309では、第2位相回転量推定部104が、第2既知信号を用いて、第1位相回転量推定部で推定できずに残留した周波数オフセットによって生じるサンプル間の位相変位の推定を行い、第2位相回転量 $\theta_2$ を算出する。第1位相回転量と同様に、第2位相回転量の算出法は任意で良い。

30

【0019】

ステップS310では、位相回転合成部106が、重み係数設定部105から出力される重み係数 $w$ と、第1位相回転量推定部 $\theta_1$ と、第2位相回転量推定部 $\theta_2$ とを合成し、オフセット補償値 $\theta'$ を出力する。具体的なオフセット補償値 $\theta'$ の算出法、および重み係数の設定方法については後述する。

ステップS311では、第2既知信号の受信が終了時、つまり、データ信号の受信開始時に、位相回転量 $\theta_3$ を $\theta'$ に更新する。なお、ステップS307では、位相補償部108が、ステップS311で $\theta'$ に更新された $\theta_3$ を用いてサンプル毎の位相補償値を算出する。

40

【0020】

再び、ステップS301に戻り、位相補償部108が、ステップS307で算出した位相補償値を用いて、データ信号の位相補償を行う。以上で本実施形態に係る周波数オフセット補償装置100の動作を終了する。

【0021】

次に、第1位相回転量推定部103及び第2位相回転量推定部104の動作について説明する。本実施例では、第1既知信号の繰り返し信号の周期が第2既知信号の繰り返し信号の周期より短い場合と同じ場合とに分けて説明を行う。まず、第1既知信号の繰り返し信号の周期が第2既知信号の繰り返し信号の周期より短い場合について説明する。ここで

50

、第1既知信号の繰り返し信号のサンプル数をN、第2既知信号の繰り返し信号のサンプル数をM個 ( $M > N$ ) として説明する。

【0022】

第1位相回転量推定部103は、周波数引き込み範囲を広げるため、第2既知信号の繰り返し信号より周期が短い第1既知信号を用いる。N個のサンプルの時間、過去に受信したサンプル  $y_{k-N}$  の複素共役演算処理した値と現サンプル  $y_k$  との相関処理演算を行うことで、Nサンプル間の位相回転量を示す複素数ベクトル  $Z'_k$  を算出する。複素数ベクトル  $Z'_k$  は、以下の式(1)を用いて算出することができる。なお、説明の簡単化のため雑音成分を無視して説明する。

【数1】

$$\begin{aligned} Z'_k &= y_{k-N}^* \cdot y_k \\ &= \{x_{k-N} \cdot \exp(j\omega_0(k-N))\}^* \cdot x_k \cdot \exp(j\omega_0 k) \quad , N+1 \leq k \leq n \quad (1) \\ &= |x_k|^2 \cdot \exp(j\omega_0 N) \end{aligned}$$

10

【0023】

第1位相回転量推定部103では、第1既知信号が続く限り相関処理を行い、第1既知信号を受信し終えた後、複素数ベクトル  $Z'_k$  を累積加算後、累積加算値を角度変換することで、Nサンプル間の位相回転量  $\theta_1'$  を算出する。位相回転量  $\theta_1'$  は、以下の式(2)を用いて算出することができる。

20

【数2】

$$\theta_1' = \text{angle}\left(\sum_{k=N+1}^n Z'_k\right) \quad (2)$$

【0024】

最後に、Nサンプル間の位相回転量  $\theta_1'$  から1サンプル間の位相回転量  $\theta_1$  を算出する。位相回転量  $\theta_1$  は、式(3)を用いて算出することができる。

【数3】

$$\theta_1 = \theta_1' / N \quad (3)$$

30

【0025】

一方、第2位相回転量推定部104は、第2既知信号を用いて、第1位相回転量推定部103で取り除けなかった残留分の周波数オフセットの推定を行う。第2位相回転量推定部104の動作は、サンプル数がNからMに変更になる以外は第1位相回転量推定部103と同様である。

【0026】

次に、第1既知信号の繰り返し信号の周期が第2既知信号の繰り返し信号の周期と同じである場合について説明する。ここで、第1既知信号と第2既知信号の繰り返し信号のサンプル数を共にNとし、2つの方法について説明する。

1つ目の方法は、上述した、Nサンプル時間だけ過去に受信したサンプル  $y_{k-N}$  の複素共役演算処理した値と現サンプル  $y_k$  との相関処理演算を行なう方法であり、第2位相回転量推定部104においてサンプル数が異なる以外は同じ処理を行なう。第2位相回転量推定部104は、Nサンプルの整数倍離れたサンプル間で処理を行なう。

40

次に、2つ目の方法について説明する。第1位相回転量推定部103は、受信した第1既知信号と送信用にあらかじめ用意した第1既知信号  $x_k$  を複素共役処理演算した値の相関処理を行なう。以下の式(4)を用いて、送信信号に対する各サンプルの位相回転量を示す複素数ベクトル  $Z''_k$  を算出する。

【数 4】

$$\begin{aligned} Z_k'' &= x_k^* \cdot y_k \\ &= x_k^* \cdot x_k \cdot \exp(j\omega_0 k) \quad , 1 \leq k \leq n \quad (4) \\ &= |x_k|^2 \cdot \exp(j\omega_0 k) \end{aligned}$$

【0027】

第1位相回転量推定部103は、第1既知信号が続く限り相関処理を行い、第1既知信号を受信し終えた後、繰り返し信号区間であるNサンプル分に区切り、当区間内についてそれぞれ複素数ベクトル $Z_k''$ の累積加算を行い、累積加算値を角度変換することで、各Nサンプル区間における平均の位相回転量 $\theta_{1q}''$  ( $1 \leq q \leq n/N$ )を算出する。位相回転量 $\theta_{1q}''$ は、式(5)を用いて算出する。

10

【数 5】

$$\theta_{1q}'' = \text{angle} \left( \sum_{k=(q-1)N+1}^{qN} Z_k'' \right), \quad 1 \leq q \leq \frac{n}{N} \quad (5)$$

【0028】

ここで、周波数オフセットが一定の場合、熱雑音を無視すると、式(5)に示す平均位相回転量は、一次関数的に単調増加(もしくは単調減少)で表される。よって、1サンプル間の位相回転量を示す、上記一次関数の傾き $\theta_1$ を算出することができる。なお、傾き検出方法は任意でよい。

20

【0029】

続いて、第2位相回転量推定部104は、第2既知信号を用いて、第1位相回転量推定部103と同じ演算処理を行い、1サンプル間の位相回転量 $\theta_2$ の算出を行う。この際、第2既知信号は第1既知信号よりもサンプル数が多いため、第2位相回転量推定部104は、第1位相回転量推定部103に比べ推定精度が高くなる。

【0030】

なお、受信した既知信号とあらかじめ用意した既知信号の相関処理方法については、繰り返し信号を前提に説明したが、あらかじめ既知信号の全サンプル分を用意しておけば、繰り返し信号でなくてもよい。

30

【0031】

次に、重み係数設定部105の動作について図4を参照して説明する。

本実施形態では、位相雑音と熱雑音との相対量の指標として、入力された受信信号を電力信号に変換することにより受信電力などの電力検出を行う電力検出器(図示せず)の出力を用いる。なお、電力検出器は、周波数オフセット補償装置100の前段、後段、内部を問わず、任意の位置に設ければよい。

【0032】

ステップS401では、電力検出器からの出力が閾値より小さいかどうかを判定する。電力検出器からの出力が閾値より小さい場合、ステップS402に進み、電力検出器からの出力が閾値以上である場合、ステップS403へ進む。

40

ステップS402では、位相雑音よりも熱雑音の影響のほうが大きいと考えられるため、熱雑音を平均化するために、推定精度の高い第2既知信号を用いた第2位相回転量推定部104の微推定の結果を多く反映させるため、重み係数 $\alpha_1$ を大きい値、ここでは、 $\alpha_1$  ( $\alpha_1$ は任意の正数)に設定する。

ステップS403では、熱雑音よりも位相雑音の影響のほうが大きいと考えられるため、ステップS402で設定した重み係数 $\alpha_1$ よりも重み係数を小さい値、 $\alpha_2$ に設定する( $\alpha_2$ は任意の正数かつ、 $\alpha_1 > \alpha_2$ )。低周波数成分が多く含まれる位相雑音に対しては、第1位相回転量推定部103及び第2位相回転量推定部104ともに十分に抑圧することができず、共に推定精度が劣化する。よって、重み付け合成することにより推定精度を改善する。

50

## 【 0 0 3 3 】

次に、位相回転合成部 1 0 6 の動作について説明する。

位相回転合成部 1 0 6 は、第 1 位相回転量推定部の位相回転量  $\theta_1$  と、第 2 位相回転量推定部出力  $\theta_2$  と、重み係数設定部 1 0 5 から出力される重み係数  $\alpha$  を用いて、式 ( 6 ) で示す位相回転の合成を行い、オフセット補償値  $\theta'$  を算出する。

【 数 6 】

$$\theta' = (1 - \alpha)\theta_1 + \alpha(\theta_1 + \theta_2), \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (6)$$

## 【 0 0 3 4 】

式 ( 6 ) を変形すると、式 ( 7 ) となる。

10

【 数 7 】

$$\theta' = (1 - \alpha)(\theta + \Delta\theta_1) + \alpha(\theta + \Delta\theta_2) \quad (7)$$

## 【 0 0 3 5 】

$\Delta\theta_1$ 、 $\Delta\theta_2$  はそれぞれ、第 1 位相回転量推定部 1 0 3、第 2 位相回転量推定部 1 0 4 の推定誤差である。式 ( 7 ) により、第 1 位相回転量推定部 1 0 3 及び第 2 位相回転量推定部 1 0 4 のそれぞれの推定誤差が、重み係数  $\alpha$  で重み付けられていることがわかる。よって、微推定である第 2 位相回転量推定部 1 0 4 の推定精度が劣化した場合においても、第 2 位相回転量の重み付けを小さくすれば、最終的に用いる位相補償値の推定精度の劣化を軽減することができる。

20

## 【 0 0 3 6 】

次に、計算機シミュレーションによる推定結果について図 5 を参照して説明する。

図 5 は、周波数推定誤差に対する相補累積分布関数 ( C C D F : Complementary Cumulative Distribution Function ) 特性を示す。グラフ 5 0 1 は従来方式を用いた場合の結果であり、グラフ 5 0 2 は本実施形態に係る周波数オフセット補償装置を用いた場合の結果である。図 5 に示すように、例えば周波数推定誤差 4 p p m 以上となる確率は、グラフ 5 0 2 は、グラフ 5 0 1 の従来方式に比べ約 1 / 2 となっており、推定精度の劣化が軽減されていることがわかる。

## 【 0 0 3 7 】

以上に示した本実施形態に係る周波数オフセット補償装置によれば、粗推定と微推定との位相回転量に対してそれぞれ重み付けを用いて、位相補償値を算出することにより、微推定の精度が劣化した場合でも、微推定の位相回転量の重み付けを小さくすることで精度の劣化を軽減し、性能劣化を改善することができる。

30

## 【 0 0 3 8 】

( 本実施形態の第 1 の変形例 )

本実施形態に係る第 1 の変形例では、重み係数設定部 1 0 5 で設定される重み係数  $\alpha$  を、位相雑音と熱雑音との相対量に指標として、受信電力ではなく受信装置の状態を参照する点が異なる。

一般に、待ち受け状態の場合、受信装置は間欠的に動作する間欠受信を行っており、周期的に各回路を停止させることにより低消費電力化を図っている。この際、各回路において、停止状態から復帰状態になるまで ( 起動時間 ) に時間を要すると、停止状態の時間を短くする必要があり、低消費電力化の妨げとなる。特に、シンセサイザにおいては、周波数をロックさせるのに大きな時間を要するため、他の回路に比べ、待ち受け状態における消費電力削減が必要となる。

40

第 1 の変形例では、位相雑音耐性を有するように、粗推定と微推定との重み付けを調整して位相補償値を算出することで、シンセサイザの周波数をロックさせる前に受信信号の復調処理を開始できるため、システム全体として起動時間が短縮でき、低消費電力化を図ることができる。

## 【 0 0 3 9 】

第 1 の変形例に係る重み係数設定部 1 0 5 の動作を図 6 のフローチャートを参照して説

50

明する。

ステップ S 6 0 1 では、装置が待ち受け状態であるかどうかを判定する。待ち受け状態ではない場合は、ステップ S 6 0 2 へ進み、待ち受け状態である場合は、ステップ S 6 0 3 へ進む。

ステップ S 6 0 2 では、装置が通信状態にあり、位相雑音よりも熱雑音の影響の方が大きいと考えられるため、微推定の結果を多く反映させるように、重み係数  $w_1$  の値を大きい値 ( $w_1$ ) に設定する。

ステップ S 6 0 3 では、装置が待ち受け状態にあり、熱雑音よりも位相雑音の影響の方が大きいと考えられるため、ステップ S 6 0 2 で決定した重み係数  $w_1$  の値よりも小さくなるように重み係数  $w_2$  の値を  $w_2$  に設定する。

10

#### 【0040】

以上に示した第 1 の変形例によれば、本実施形態と同様に、微推定の重み付けを調整することで、性能劣化を改善することができる。さらに、オフセット補償値における微推定での位相回転量の重みを少なくし位相雑音耐性を持たせることで、シンセサイザの周波数ロック前に受信信号の復調処理を開始できるため、待受状態からの起動時間を短縮できる。よって、待受状態において消費電力を削減できる。

#### 【0041】

(本実施形態の第 2 の変形例)

第 2 の変形例では、位相雑音と熱雑音との相対量の指標として、物理層のヘッダ情報を用いる点が異なる。ヘッダ情報が高速データ通信の状態を示す場合は、受信装置が高 SNR 領域で動作すると考えられるため、熱雑音と比較して位相雑音の影響が大きいと想定できるためである。

20

#### 【0042】

ここで、第 2 の変形例に係る重み係数設定部 105 の動作を図 7 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S 7 0 1 では、ヘッダ情報から高速通信用のデータであるかどうかを判定する。高速通信用のデータではない場合、例えば低速通信用のデータである場合、ステップ S 7 0 2 に進み、高速データ通信用のデータである場合、ステップ S 7 0 3 に進む。

ステップ S 7 0 2 では、低速通信である場合は熱雑音の影響が大きいと考えられるため、微推定の結果を大きく反映させ重み付け係数  $w_1$  の値を大きく設定 ( $w_1$ ) する。

30

ステップ S 7 0 3 では、高速通信用である場合は熱雑音の影響が小さいと考えられるので、低速用である場合と比較して重み係数を小さく設定 ( $w_2$ ) する。

#### 【0043】

以上に示した第 2 の変形例によれば、ヘッダ情報を用いて重み係数  $w$  を設定することで、本実施形態と同様に、微推定の推定精度が劣化した場合の影響を軽減し、推定精度の劣化を改善できる。

#### 【0044】

(比較例)

以下、従来 of 周波数オフセット技術について説明する。

まず、周波数引き込み範囲を広げるため、周期が短い既知信号を用いて、周波数オフセットにより生じる位相回転量  $\theta_1$  を推定する粗推定を行う。粗推定を行なった後、粗推定で取り除けなかった残留分を推定する目的で、周期が長い既知信号を用いて位相回転量  $\theta_2$  を推定する微推定を行なう。最後に、粗推定と微推定との値を加算し、加算結果  $\theta'$  を用いて周波数オフセットを補償する。加算結果  $\theta'$  は、式 (8) より算出することができる。

40

#### 【数 8】

$$\theta' = \theta_1 + \theta_2 \quad (8)$$

#### 【0045】

周波数オフセットによって生じるサンプルごとの位相回転量を  $\theta$  とすると、粗推定値

50

$\theta_1$  及び微推定値  $\theta_2$  は、式 ( 9 ) 及び式 ( 10 ) でそれぞれ表される。

【数 9】

$$\theta_1 = \theta + \Delta\theta_1 \quad (9)$$

$$\theta_2 = (\theta - \theta_1) + \Delta\theta_2 \quad (10)$$

【0046】

$\theta_1$ 、 $\theta_2$  はそれぞれ、粗推定、微推定における推定誤差である。ここで、式 ( 10 ) の両辺に  $\theta_1$  を加算して、式 ( 8 ) に代入すると、式 ( 11 ) を得ることができる。

【数 10】

$$\theta' = \theta_1 + \theta_2 = \theta + \Delta\theta_2 \quad (11)$$

10

【0047】

式 ( 11 ) からわかるように、周波数オフセット推定値は微推定の推定結果にのみ依存し、微推定の推定精度が劣化した場合に直接影響を受け、性能劣化を招く問題がある。

【0048】

本実施形態では、粗推定と微推定とを重み付けして合成した加算結果  $\theta'$  を周波数オフセット補償に用いるため、微推定の精度劣化による推定結果への依存を軽減できるので、性能劣化を改善することができる。

【0049】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

20

【符号の説明】

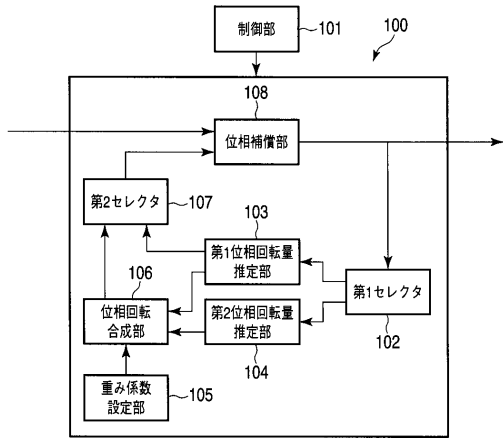
【0050】

100・・・周波数オフセット補償装置、101・・・制御部、102・・・第1セレクタ、103・・・第1位相回転量推定部、104・・・第2位相回転量推定部、105・・・重み係数設定部、106・・・位相回転合成部、107・・・第2セレクタ、108・・・位相補償部、201・・・第1既知信号、202・・・第2既知信号、203・・・データ信号、501、502・・・グラフ。

30

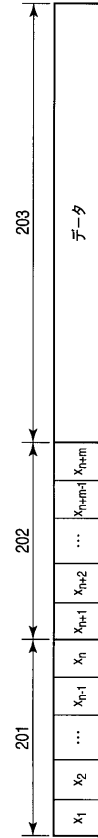
【 図 1 】

図 1



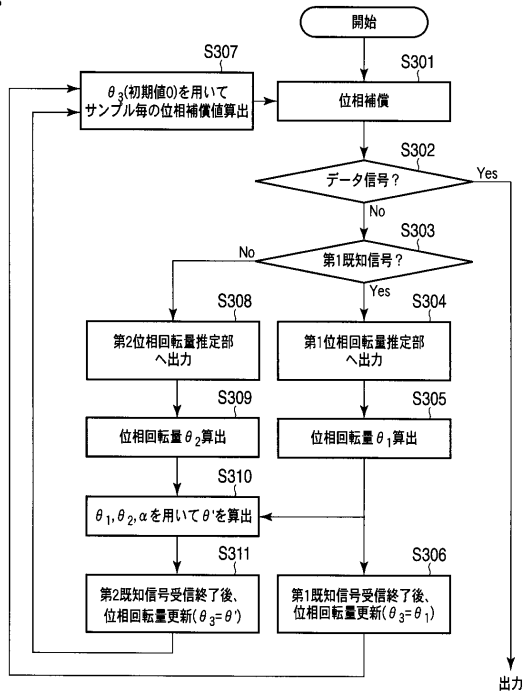
【 図 2 】

図 2



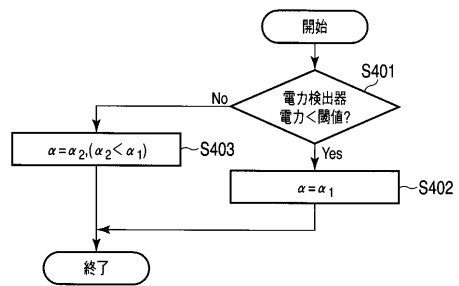
【 図 3 】

図 3



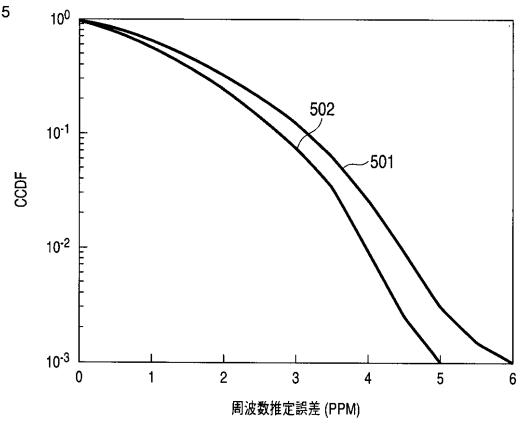
【 図 4 】

図 4



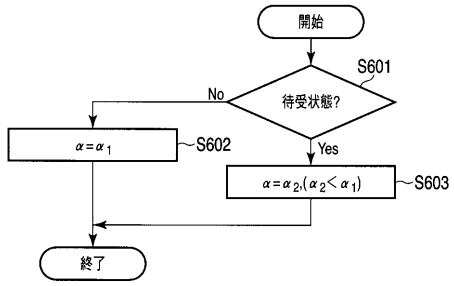
【 図 5 】

図 5



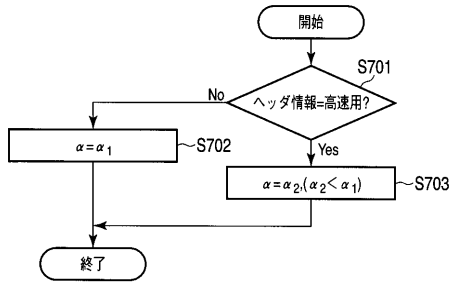
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



## フロントページの続き

- (74)代理人 100095441  
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034  
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976  
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805  
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290  
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 堀川 征一郎  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 坂 耕一郎  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 5K004 AA05 AA08 FH09 FJ16 JH00