

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月1日(01.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/095299 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 1/7087 (2011.01) H04B 1/7075 (2011.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/043442

(22) 国際出願日: 2021年11月26日(26.11.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

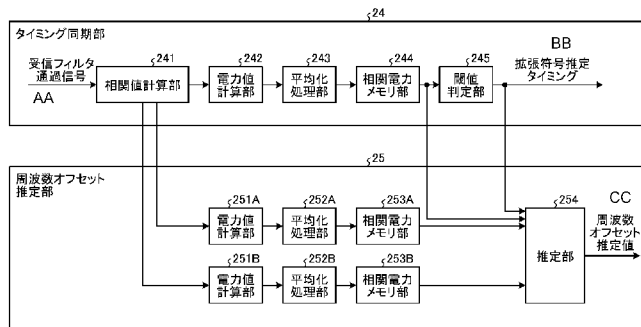
(72) 発明者: 中村 亮介 (NAKAMURA, Ryosuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: RECEPTION DEVICE, RECEPTION SYNCHRONIZATION METHOD, CONTROL CIRCUIT, AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 受信装置、受信同期方法、制御回路、および記憶媒体



24 Timing synchronization unit
25 Frequency offset estimation unit
241 Correlation value calculation unit
242, 251A, 251B Power value calculation unit
243, 252A, 252B Averaging processing unit
244, 253A, 253B Correlation power memory unit
245 Threshold value determination unit
254 Estimation unit
AA Reception filter pass-through signal
BB Spread code estimated timing
CC Frequency offset estimated value

(57) Abstract: This reception device includes: a correlation value calculation unit (241) that uses a matched filter to calculate a total correlation, which is a cross-correlation between a chirp sequence of a sequence length and a reception signal, a sequence latter-half correlation, which is a cross-correlation between the latter half of the chirp sequence and the reception signal, and a sequence first-half correlation, which is a cross-correlation between the first half of the chirp sequence and the reception signal; a power value calculation unit (242) that calculates the total power value corresponding to the total correlation; a threshold value determination unit (245) that estimates a spread code timing on the basis of the total power value for a one block cycle of a spread code; a power value calculation unit (251A) that calculates a latter-half power value corresponding to the sequence latter-half correlation; a power value calculation unit (251B) that calculates a first-half power value corresponding to the sequence first-half correlation; and an estimation unit (254) that estimates a frequency offset amount on the basis of the spread code timing, the total power value for a one block cycle, the latter-half power value for a one block cycle, and the first-half power value for a one block cycle.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 受信装置が、系列長分のチャープ系列と受信信号との相互相関である全体相関と、チャープ系列の後半と受信信号との相互相関である系列後半相関と、チャープ系列の前半と受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算部(241)と、全体相関に対応する全体電力値を計算する電力値計算部(242)と、拡散符号の1ブロック周期分の全体電力値に基づいて拡散符号タイミングを推定する閾値判定部(245)と、系列後半相関に対応する後半電力値を計算する電力値計算部(251A)と、系列前半相関に対応する前半電力値を計算する電力値計算部(251B)と、拡散符号タイミングと、1ブロック周期分の全体電力値と、1ブロック周期分の後半電力値と、1ブロック周期分の前半電力値とに基づいて、周波数オフセット量を推定する推定部(254)と、を有する。

明 細 書

発明の名称：

受信装置、受信同期方法、制御回路、および記憶媒体

技術分野

[0001] 本開示は、低消費電力で広域通信および長距離通信を実現する受信装置、受信同期方法、制御回路、および記憶媒体に関する。

背景技術

[0002] I o T (Internet of Things)、M2M (Machine to Machine) などの普及を背景に、低消費電力で広域通信および長距離通信を実現する通信方式として、L P W A (Low Power Wide Area) が注目されている。L P W A は、同一周波数で異なるシステムが運用されることから、同一チャネル干渉が問題となる。そのため、L P W A では、耐干渉性、耐妨害性、通信の秘匿性などを高められる直接スペクトル拡散（以下、D S - S S (Direct Sequence Spread Spectrum) と称する。）通信を適用することが有効である。L P W A の通信方式の 1 つである L o R a (Long Range) は、振幅一定の位相回転系列であるチャープ信号を用いてチャープスペクトル拡散 (Chirp Spread Spectrum) が利用される通信方式である。L o R a は、通信速度が低速であるが、長距離通信の実現が可能である。チャープ信号は、一般的に、レーダー、ソナーなどに利用されている。チャープ信号は、送信信号の P A P R (Peak-to-Average Power Ratio) を小さくすることが可能であり、自己相関特性が優れているため、受信信号のタイミング検出にも適しており、D S - S S 通信にも有効とされている。

[0003] D S - S S 通信において、受信装置は、逆拡散を行うため、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングに同期する必要がある。受信装置は、逆拡散前の広い周波数帯域に拡散された信号に対して逆拡散の処理を行うため、低 S N R (Signal-to-Noise Ratio) で高精度にタイミング同期を行うことが重要となる。送受信装置間の局部発信器の周波数ずれ、ドップラー効果など

によって発生する周波数オフセットが存在する場合、チャープ信号を用いた D S - S S 通信では、タイミングがシフトされたように観測される。大きな周波数オフセットが存在する環境では、受信装置による、同期処理の性能、および同期処理の後段の復調処理の性能が大きく劣化するので、周波数を同期させる技術が重要となる。

[0004] このような問題に対して、非特許文献 1 には、送信装置が、プリアンブルとして、L o R a のチャープ信号を改訂した、ある開始周波数から周波数が線形増加する P C S (Positive-Chirp Signal)、および P C S と同じ開始周波数から周波数が線形減少する N C S (Negative-Chirp Signal) の 2 つの対称的なチャープ信号である S C S (Symmetry Chirp Signal) を送信する技術が開示されている。非特許文献 1 では、受信装置が、P C S および N C S のそれぞれの拡散符号タイミングを推定した後、F F T (Fast Fourier Transform) を用いて周波数オフセットおよび拡散符号タイミングを推定する。非特許文献 1 では、低データレートの低軌道衛星 I o T を想定しており、ドップラー効果によって大きな周波数オフセットが存在する場合でも、高精度な同期を可能としている。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献 1: Yubi Qian, et.al, "The Acquisition Method of Symmetry Chirp Signal Used in LEO Satellite Internet of Things" IEEE Commun. Lett., vol. 23, no. 9, pp. 1572-1575, Sept. 2019.

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 のように、F F T を用いた同期方式で逆拡散前の広帯域な信号を処理するためには、回路規模が大きくなるとともに、処理遅延も大きくなる、という問題があった。

[0007] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、回路規模の増大を抑制しつつ、処理遅延を抑制して、大きい周波数オフセットが存在する環境においても、拡散符号タイミングの推定および周波数オフセットの推定を高精度に行うことができる受信装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示の受信装置は、チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンブルを有する受信信号に基づいて、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定するタイミング同期部と、拡散符号タイミングに基づいて、送信装置との間の周波数オフセット量を推定する周波数オフセット推定部と、を備える。タイミング同期部は、系列長分のチャープ系列と受信信号との相互相関である全体相関と、チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と受信信号との相互相関である系列後半相関と、チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算部と、全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する全体電力値計算部と、を有する。また、タイミング同期部は、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの全体電力値を記憶する全体相関電力メモリと、1ブロック周期分の全体電力値に基づいて拡散符号タイミングを推定する判定部と、を有する。周波数オフセット推定部は、系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算する後半電力値計算部と、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの後半電力値を記憶する後半相関電力メモリと、を有する。また、周波数オフセット推定部は、系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する前半電力値計算部と、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前半電力値を記憶する前半相関電力メモリと、拡散符号タイミングと、1ブロック周期分の全体電力値と、1ブロック周期分の後半電力値と、1ブロック周期分の前半電力値とに基づいて、周波数オフセット量を推定する推定部と、を有する。

発明の効果

[0009] 本開示に係る受信装置は、回路規模の増大を抑制しつつ、処理遅延を抑制して、大きい周波数オフセットが存在する環境においても、拡散符号タイミングの推定および周波数オフセットの推定を高精度に行うことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態に係る通信システムが備える送信装置の構成例を示す図
[図2]実施の形態に係る送信装置の動作を示すフローチャート
[図3]実施の形態に係る送信装置がフレーミングした信号の例を示す図
[図4]実施の形態に係る通信システムが備える受信装置の構成例を示す図
[図5]実施の形態に係る受信装置の動作を示すフローチャート
[図6]実施の形態に係る受信装置が備えるタイミング同期部および周波数オフセット推定部の構成例を示す図
[図7]実施の形態に係る受信装置が有するタイミング同期部の動作を示すフローチャート
[図8]実施の形態に係る受信装置の閾値判定部における閾値設定のイメージを示す図
[図9]実施の形態に係る受信装置が有する周波数オフセット推定部の動作を示すフローチャート
[図10]全体相関における時間と周波数との関係を示す図
[図11]系列後半の部分相関における時間と周波数との関係を示す図
[図12]系列前半の部分相関における時間と周波数との関係を示す図
[図13]実施の形態に係る受信装置が備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成例を示す図
[図14]実施の形態に係る受信装置が備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の例を示す図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本開示の実施の形態に係る受信装置、受信同期方法、制御回路、

および記憶媒体を図面に基づいて詳細に説明する。

[0012] 実施の形態.

図1は、実施の形態に係る通信システムが備える送信装置の構成例を示す図である。通信システムは、低消費電力長距離通信であるLPWAの通信を実行するシステムである。通信システムは、送信装置1と、後述する受信装置2とを備える。

[0013] まず、送信装置1の構成および動作について説明する。送信装置1は、図1に示すように、変調部11と、チャープ拡散部12と、プリアンプル生成部13と、フレーム生成部14と、送信フィルタ15と、送信アンテナ16と、を備える。図2は、実施の形態に係る送信装置の動作を示すフローチャートである。

[0014] 変調部11は、0, 1から成り立つ情報ビットを変調する(ステップS101)。変調部11は、変調方式として、例えば、PSK (Phase Shift Keying)、FSK (Frequency Shift Keying) などを用いることができる。変調部11は、変調信号をチャープ拡散部12へ出力する。

[0015] チャープ拡散部12は、変調部11から取得した変調信号をチャープ信号によりスペクトル拡散する(ステップS102)。チャープ拡散部12は、スペクトル拡散に用いる系列として、例えば、Zadoff-Chu系列を用いることができる。系列長 N_c が偶数である場合、Zadoff-Chu系列 C の t 番目の要素 $C(t)$ は、以下の式(1)のように表される。

[0016]
$$C(t) = \exp \{ j\pi (Mt^2 - N_c t / 2) / N_c \} \cdots (1)$$

[0017] 式(1)において、 M は系列パラメータであり、 N_c と互いに素な関係にある。また、 M は系列長 N_c での最小周波数 f_{min} から最大周波数 f_{max} までの増加回数である。 $M=1$ の場合、系列長 N_c において、最小周波数 f_{min} から最大周波数 f_{max} まで周波数が1回増加する。 $M=2$ の場合、系列長 N_c の前半 $N_c/2$ において、最小周波数 f_{min} から最大周波数 f_{max} まで周波数が増加した後、さらに系列長 N_c の後半 $N_c/2$ において、最小周波数 f_{min} から最大周波数 f_{max} まで周波数が増加する。すなわち、 $M=2$

の場合、系列長 N_c において、最小周波数 f_{min} から最大周波数 f_{max} まで周波数が 2 回増加する。以降では、 $M=1$ としたときの例で説明を行うが、 M の値については限定しない。

[0018] チャープ拡散部 12 は、変調信号をスペクトル拡散して生成したデータをフレーム生成部 14 へ出力する。以降の説明において、チャープ拡散部 12 で生成されたデータを、データブロックと称することがある。

[0019] プリアンブル生成部 13 は、既知信号を、チャープ信号によってスペクトル拡散を行う。すなわち、プリアンブル生成部 13 は、既知信号に対してスペクトル拡散を行ってプリアンブルを生成する（ステップ S103）。

[0020] プリアンブル生成部 13 は、スペクトル拡散して生成したプリアンブルをフレーム生成部 14 へ出力する。以降の説明において、プリアンブル生成部 13 で生成されたプリアンブルを、プリアンブルブロックと称することがある。

[0021] フレーム生成部 14 は、チャープ拡散部 12 でスペクトル拡散を行って生成されたデータブロックと、プリアンブル生成部 13 でスペクトル拡散を行って生成されたプリアンブルブロックと、をフレーミングする（ステップ S104）。

[0022] 図 3 は、実施の形態に係る送信装置がフレーミングした信号の例を示す図である。フレーム生成部 14 がフレーミングした信号は、前段がプリアンブルブロックとなっており、後段がデータブロックとなっている。フレーム生成部 14 は、フレーミングした信号を送信フィルタ 15 へ出力する。

[0023] 送信フィルタ 15 は、フレーム生成部 14 でフレーミングされた信号に対して、帯域制限を行う（ステップ S105）。送信フィルタ 15 は、帯域制限後の拡散信号を送信アンテナ 16 へ出力する。

[0024] 送信アンテナ 16 は、送信フィルタ 15 から取得した帯域制限後の信号を送信する（ステップ S106）。

[0025] つぎに、受信装置 2 の構成および動作について説明する。図 4 は、実施の形態に係る通信システムが備える受信装置の構成例を示す図である。受信装

置 2 は、単一のマッチドフィルタを用いた簡易な構成で高精度な拡散符号タイミングの推定と周波数オフセットの推定とを行う装置である。受信装置 2 は、受信アンテナ 2 1 と、周波数オフセット補正部 2 2 と、受信フィルタ部 2 3 と、タイミング同期部 2 4 と、周波数オフセット推定部 2 5 と、拡散符号生成部 2 6 と、逆拡散部 2 7 と、復調部 2 8 とを備える。図 5 は、実施の形態に係る受信装置の動作を示すフローチャートである。

[0026] 受信アンテナ 2 1 は送信装置 1 から送信された信号を受信する（ステップ S 2 0 1）。受信アンテナ 2 1 で受信される信号、すなわち受信信号は、送信装置 1 から送信された信号であって、チャープ信号によって拡散されたプリアンプルを有する信号である。受信アンテナ 2 1 は、受信信号を周波数オフセット補正部 2 2 へ出力する。

[0027] 周波数オフセット補正部 2 2 は、後段の周波数オフセット推定部 2 5 が算出した周波数オフセット推定値に従って、受信信号の周波数オフセットを補正する（ステップ S 2 0 2）。すなわち、周波数オフセット補正部 2 2 は、受信アンテナ 2 1 から取得した受信信号の周波数オフセットを、周波数オフセット推定値で補正する。

[0028] なお、周波数オフセット補正部 2 2 は、周波数オフセットが推定された後のフィードバックによって周波数オフセットの補正を行うので、最初にプリアンプルが通過する際には周波数オフセットを補正しない。周波数オフセット補正部 2 2 は、周波数オフセットを補正した後の受信信号を受信フィルタ部 2 3 へ出力する。

[0029] 受信フィルタ部 2 3 は、周波数オフセット補正部 2 2 から取得した受信信号に対して、帯域制限フィルタによるフィルタ処理を行う（ステップ S 2 0 3）。受信フィルタ部 2 3 は、フィルタ処理後の信号をタイミング同期部 2 4 および逆拡散部 2 7 へ出力する。以降の説明において、受信フィルタ処理後の信号を、受信フィルタ通過信号と称することがある。

[0030] タイミング同期部 2 4 は、受信フィルタ部 2 3 から取得した受信フィルタ通過信号に基づいて、タイミング同期を行う（ステップ S 2 0 4）。具体的

には、タイミング同期部24は、タイミング同期において、送信装置1において拡散符号が乗算されたタイミングの同期を行う。すなわち、タイミング同期部24は、拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定する。タイミング同期部24による拡散符号タイミングを推定する処理が、タイミング同期である。このように、タイミング同期部24は、チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンブルを有する受信信号に基づいて、送信装置1で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定する。

[0031] タイミング同期部24は、推定した拡散符号タイミングを、拡散符号推定タイミングとして、周波数オフセット推定部25および拡散符号生成部26に出力する。また、タイミング同期部24は、周波数オフセット推定部25に、タイミング同期の同期処理途中における演算情報を途中演算情報として出力する。タイミング同期部24の詳細な構成および動作については後述する。

[0032] 周波数オフセット推定部25は、タイミング同期部24から取得した拡散符号タイミングおよび途中演算情報に基づいて、送信装置1との間の周波数オフセット量（周波数オフセット推定値）を推定する（ステップS205）。

[0033] 周波数オフセット推定部25は、推定した周波数オフセット量を示す周波数オフセット推定値を、周波数オフセット補正部22にフィードバックする。周波数オフセット推定部25の詳細な構成および動作については後述する。

[0034] 拡散符号生成部26は、タイミング同期部24から取得した拡散符号タイミングに基づいて、逆拡散を行うための拡散符号を生成する。拡散符号生成部26は、生成した拡散符号を逆拡散部27へ出力する。

[0035] 拡散符号生成部26は、タイミング同期部24から取得した拡散符号推定タイミングに基づいて、逆拡散を行うための拡散符号を生成する（ステップS206）。拡散符号生成部26は、生成した拡散符号を逆拡散部27へ出

力する。

- [0036] 逆拡散部 27 は、受信フィルタ部 23 から受信フィルタ通過信号を取得し、拡散符号生成部 26 から拡散符号を取得する。逆拡散部 27 は、受信フィルタ通過信号に、拡散符号の複素共役を乗算することで、受信フィルタ通過信号を逆拡散する（ステップ S 207）。逆拡散部 27 は、逆拡散後の信号を復調部 28 へ出力する。
- [0037] 復調部 28 は、逆拡散部 27 から取得した信号、すなわち周波数オフセットが補正された信号に対して復調を行う（ステップ S 208）。
- [0038] つぎに、受信装置 2 が備える、タイミング同期部 24 および周波数オフセット推定部 25 の構成および動作について詳細に説明する。図 6 は、実施の形態に係る受信装置が備えるタイミング同期部および周波数オフセット推定部の構成例を示す図である。タイミング同期部 24 は、相関値計算部 241 と、電力値計算部 242 と、平均化処理部 243 と、相関電力メモリ部 244 と、閾値判定部 245 と、を有する。平均化処理部 243 が、全体平均化処理部である。
- [0039] 図 7 は、実施の形態に係る受信装置が有するタイミング同期部の動作を示すフローチャートである。相関値計算部 241 は、受信フィルタ部 23 から受信フィルタ通過信号を取得する。また、相関値計算部 241 は、プリアンブル生成部 13 がスペクトル拡散に用いるチャープ系列のチャープ信号を記憶しておく。
- [0040] 相関値計算部 241 は、マッチドフィルタによってチャープ信号の複素共役を受信フィルタ通過信号に乘算し、受信フィルタ通過信号と、チャープ系列との相互相関関数を計算する。すなわち、相関値計算部 241 は、単一のマッチドフィルタを用いて、受信フィルタ通過信号と、プリアンブル生成部 13 がスペクトル拡散に用いたチャープ系列と、の相互相関関数を計算する（ステップ S 301）。このとき、相関値計算部 241 は、後段の電力値計算部 242 にはチャープ系列の系列長 N 分の全体相関の計算結果を出力する。また、相関値計算部 241 は、周波数オフセット推定部 25 には、チャー

プ系列の系列長 N_c に対して、系列番号を $0 \sim N_c - 1$ としたときに、任意の値 L を設定して、系列番号 $L \sim N_c - 1$ に対する相互相関、系列番号 $0 \sim N_c - L$ に対する相互相関の、系列後半および系列前半に相当する部分相関の計算結果を出力する。

[0041] このように、相関値計算部241は、系列長 N_c 分のチャープ系列と受信信号（受信フィルタ通過信号）との相互相関である全体相関を、マッチドフィルタを用いて計算する。また、相関値計算部241は、チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と受信信号との相互相関である系列後半相関を、マッチドフィルタを用いて計算する。また、相関値計算部241は、チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と受信信号との相互相関である系列前半相関を、マッチドフィルタを用いて計算する。

[0042] 電力値計算部242は、全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する。具体的には、電力値計算部242は、相関値計算部241から取得した相互相関関数の絶対値を2乗して電力値を計算する（ステップS302）。電力値計算部242が、全体電力値計算部である。電力値計算部242は、計算によって求めた電力値を平均化処理部243へ出力する。

[0043] 平均化処理部243は、各サンプルタイミングにおいて、電力値計算部242から取得した電力値を平均化する。具体的には、平均化処理部243は、電力値計算部242から取得した電力値、および電力値計算部242から取得済みで前ブロックの同じサンプルタイミングの電力値を用いて平均化を行う（ステップS303）。本実施の形態では、1ブロックは拡散符号長 N_c ×オーバーサンプル数 N_{ovs} で構成され、サンプルタイミングは $k = 1 \sim N_c \times N_{ovs}$ の1要素とする。平均化処理部243は、各サンプルタイミングにおいて平均化した電力値を相関電力メモリ部244に記憶させる。

[0044] 相関電力メモリ部244は、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの全体電力値、すなわち拡散符号長 N_c ×オーバーサンプル数 N_{ovs} に相当する数の電力値を記憶できるように構成されている。相関電力メモリ部

244は、平均化処理部243から取得した平均化後の電力値である電力サンプル平均値を拡散符号長 N_c ×オーバーサンプル数 N_{ovs} （1ブロック周期）分にわたって記憶する（ステップS304）。1ブロック周期分の電力サンプル平均値が、1ブロック周期分の全体電力値であり、相関電力メモリ部244が、全体相関電力メモリである。

[0045] 平均化処理部243までの処理は、サンプル時間単位の動作であったが、相関電力メモリ部244以降の処理は、ブロック時間単位での動作に変わることになる。相関電力メモリ部244は、後段の閾値判定部245と、周波数オフセット推定部25とに1ブロック周期分の電力サンプル平均値を出力する。

[0046] 閾値判定部245は、1ブロック周期分の全体電力値に基づいて拡散符号タイミングを推定する。具体的には、閾値判定部245は、相関電力メモリ部244から取得した1ブロック周期の電力サンプル平均値のうち、最大となる電力サンプル平均値を検出し、検出した最大の電力サンプル平均値である最大電力値と閾値とを比較する（ステップS305）。閾値判定部245は、最大電力値が閾値を超えている場合、最大電力値に対応した拡散符号推定タイミングを、周波数オフセット推定部25および拡散符号生成部26に出力する。

[0047] 閾値判定部245は、閾値判定の方法として、以下のような方法を用いる。閾値判定部245は、相関電力メモリ部244から取得した、1ブロック周期分の電力サンプル平均値の平均値（以下、電力ブロック平均値という）を計算し、計算した電力ブロック平均値の定数 α （ $1 \leq \alpha$ ）倍を閾値に設定する。電力ブロック平均値は、1ブロック周期分の各サンプルタイミングの電力サンプル平均値を、さらに平均化した値である。

[0048] 図8は、実施の形態に係る受信装置の閾値判定部における閾値設定のイメージを示す図である。図8において、横軸はサンプルタイミングを示し、縦軸は電力サンプル平均値を示す。図8に示すように、閾値判定部245は、定数 α の値を大きく設定する程、誤った同期点を確立する誤警報を低減でき

るが、タイミング検出に時間がかかる。一方、閾値判定部 245 は、定数 α の値を小さく設定する程、タイミング検出の時間を短縮できるが、誤警報が増加する。

[0049] つぎに、周波数オフセット推定部 25 の構成および動作について詳細に説明する。周波数オフセット推定部 25 は、図 6 に示すように、電力値計算部 251A、251B と、平均化処理部 252A、252B と、相関電力メモリ部 253A、253B と、推定部 254 と、を有する。平均化処理部 252A が、後半平均化処理部であり、平均化処理部 252B が、前半平均化処理部である。

[0050] 図 9 は、実施の形態に係る受信装置が有する周波数オフセット推定部の動作を示すフローチャートである。電力値計算部 251A、251B は、相関値計算部 241 から部分相関を取得する。すなわち、電力値計算部 251A は、相関値計算部 241 から系列後半の部分相関（系列後半相関）を取得し、電力値計算部 251B は、相関値計算部 241 から系列前半の部分相関（系列前半相関）を取得する。系列後半の部分相関および系列前半の部分相関が、途中演算情報である。受信装置 2 は、途中演算情報として系列後半の部分相関および系列前半の部分相関の値を得ることで、別途相関器を設ける必要がなくなるので、演算量を減らすことができる。

[0051] 電力値計算部 251A は、系列後半の部分相関の電力値を計算し（ステップ S401a）、電力値計算部 251B は、系列前半の部分相関の電力値を計算する（ステップ S401b）。すなわち、電力値計算部 251A は、系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算し、電力値計算部 251B は、系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する。電力値計算部 251A が、後半電力値計算部であり、電力値計算部 251B が、前半電力値計算部である。

[0052] 電力値計算部 251A、251B が電力値を求める際の演算は、電力値計算部 242 が電力値を求める際の演算と同じである。電力値計算部 251A は、計算した電力値を平均化処理部 252A に出力し、電力値計算部 251

Bは、計算した電力値を平均化処理部252Bに出力する。

[0053] 平均化処理部252Aは、電力値計算部251Aから送られてきた電力値の平均化を行い（ステップS402a）、平均化処理部252Bは、電力値計算部251Bから送られてきた電力値の平均化を行う（ステップS402b）。平均化処理部252A、252Bが平均化処理を実行する際の演算は、平均化処理部243が平均化処理を実行する際の演算と同じである。平均化処理部252Aは、平均化した電力値を相関電力メモリ部253Aに出力し、平均化処理部252Bは、平均化した電力値を相関電力メモリ部253Bに出力する。

[0054] 相関電力メモリ部253A、253Bは、平均化処理部252A、252Bから送られてくる電力平均値を記憶するメモリである。相関電力メモリ部253Aは、平均化処理部252Aから送られてくる電力平均値を1ブロック周期に渡って記憶する（ステップS403a）。相関電力メモリ部253Bは、平均化処理部252Bから送られてくる電力平均値を1ブロック周期に渡って記憶する（ステップS403b）。

[0055] このように、相関電力メモリ部253Aは、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの後半電力値を記憶し、相関電力メモリ部253Bは、拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前半電力値を記憶する。相関電力メモリ部253Aが、後半電力値計算部であり、相関電力メモリ部253Bが、前半電力値計算部である。

[0056] 相関電力メモリ部253A、253Bが電力平均値を記憶する際の処理は、相関電力メモリ部244が電力サンプル平均値を記憶する際の処理と同じである。相関電力メモリ部253A、253Bは、推定部254に電力平均値を出力する。

[0057] 推定部254は、閾値判定部245から拡散符号推定タイミングを取得し、相関電力メモリ部244から1ブロック周期分の電力サンプル平均値を取得する。また、推定部254は、相関電力メモリ部253Aから系列後半の部分相関の電力平均値を取得し、相関電力メモリ部253Bから系列前半の

部分相関の電力平均値を取得する。

[0058] 推定部254は、拡散符号推定タイミングにおいて、相関電力メモリ部244、253A、253Bから取得した、系列（チャープ系列）に対する全体相関の電力平均値（電力サンプル平均値）、および2種類の相互相関の電力平均値、すなわち3種類の電力平均値に基づいて周波数オフセット推定値を推定する（ステップS404）。

[0059] このように、推定部254は、拡散符号推定タイミングと、1ブロック周期分の全体電力値と、1ブロック周期分の後半電力値と、1ブロック周期分の前半電力値とに基づいて、周波数オフセット推定値を推定する。すなわち、推定部254は、マッチドフィルタの全体相関と部分相関との電力比から周波数オフセット量を推定する。

[0060] 推定部254は、チャープ系列の系列後半に相当する部分相関がチャープ系列の系列前半に相当する部分相関よりも大きい場合は、正方向の周波数オフセットとして以下の式（2）を用いて周波数オフセット推定値を推定する。

[0061]
$$(\text{周波数オフセット推定値}) = N_c - (N_c - L) \times (\text{全体相関の電力サンプル平均値の平方根}) / (\text{系列後半の部分相関の電力平均値の平方根}) \cdots$$

(2)

[0062] また、推定部254は、チャープ系列の系列前半に相当する部分相関がチャープ系列の系列後半に相当する部分相関よりも大きい場合は、負方向の周波数オフセットとして以下の式（3）を用いて周波数オフセット推定値を推定する。

[0063]
$$(\text{周波数オフセット推定値}) = (-1) \times \{N_c - (N_c - L + 1) \times (\text{全体相関の電力サンプル平均値の平方根}) / (\text{系列前半の部分相関の電力平均値の平方根})\} \cdots$$
 (3)

[0064] なお、チャープ系列の系列前半に相当する部分相関とチャープ系列の系列後半に相当する部分相関とが同じ大きさである場合、推定部254は、上述した式（2）および式（3）の何れを用いて周波数オフセット推定値を推定

してもよい。

[0065] 推定部254が、上述した式(2)および式(3)を用いることによって周波数オフセット推定値を正確に推定できる理由について図10～図12を用いて説明する。

[0066] 図10は、全体相関における時間と周波数との関係を示す図である。図11は、系列後半の部分相関における時間と周波数との関係を示す図であり、図12は、系列前半の部分相関における時間と周波数との関係を示す図である。図10～図12に示すグラフの横軸は時間であり、縦軸は周波数である。

[0067] 図10に示すように、全体相関では、時間が $0 \sim N_c - 1$ に変化する間に、周波数が $-N_c/2 \sim N_c/2 - 1$ に変化する。すなわち、全体相関では、時間が0の時に周波数が $-N_c/2$ であり、時間の経過に比例して周波数が上昇し、時間が $N_c - 1$ の時に周波数が $N_c/2 - 1$ となる。

[0068] 図11に示すように、系列後半の部分相関では、時間が $L \sim N_c - 1$ に変化する間に、周波数が $-N_c/2 + L \sim N_c/2 - 1$ に変化する。すなわち、部分相関(後半)では、時間が L の時に周波数が $-N_c/2 + L$ であり、時間の経過に比例して周波数が上昇し、時間が $N_c - 1$ の時に周波数が $N_c/2 - 1$ となる。

[0069] 図12に示すように、系列前半の部分相関では、時間が $0 \sim N_c - L$ に変化する間に、周波数が $-N_c/2 \sim N_c/2 - L$ に変化する。すなわち、部分相関(前半)では、時間が0の時に周波数が $-N_c/2$ であり、時間の経過に比例して周波数が上昇し、時間が $N_c - L$ の時に周波数が $N_c/2 - L$ となる。

[0070] ここで、周波数オフセットが正の値 A ($1 < A < L$ とする)であるとする、波形が全体的に周波数の正方向にシフトするので、受信信号のプリアンブルは $-N_c/2 + A \sim N_c/2 - 1$ で変化する。 $N_c/2 - 1$ より大きい値は、帯域制限フィルタによって遮断されるので、同期時には存在しない。この場合、図10の全体相関で得られる電力値は、前述のフィルタ通過後の周波数成分と重なる範囲に相当するので、図10の全体相関では、 $-N_c/2 + A \sim$

$N_c/2 - 1$ 、つまり、長さ $N_c - A$ に相当する電力値が得られる。

[0071] 図 1 1 の部分相関（後半）では、 $A < L$ の場合は、周波数オフセットによる影響を受けずに長さ $N_c - L$ に相当する電力値が得られる。図 1 2 の部分相関（前半）では、周波数オフセット A 分の電力減衰によって長さ $N_c - L + 1 - A$ に相当する電力値が得られる。したがって、部分相関（後半）の電力値が部分相関（前半）の電力値より大きくなるので、正の周波数オフセットがあることが分かり、推定部 2 5 4 は、式（2）から全体相関と部分相関（後半）の各電力値から周波数オフセット推定値を求めることができる。

[0072] 以上のように、本実施の形態では、送信装置 1 のプリアンプル生成部 1 3 が、プリアンプルでチャープ拡散を行っている。そして、受信装置 2 のタイミング同期部 2 4 が、チャープ拡散符号のマッチドフィルタによる全体相関と部分相関とをそれぞれ算出している。さらに、推定部 2 5 4 は、タイミング同期部 2 4 が全体相関から推定したタイミングで、全体相関と部分相関とを用いて周波数オフセット推定値を推定している。

[0073] なお、本実施の形態で用いられる系列は、送信装置 1 のチャープ拡散部 1 2 およびプリアンプル生成部 1 3 が用いた式（1）に従った $M = 1$ の Zadoff-Chu 系列に限定されない。また、送信装置 1 は、中心周波数をずらしてもよく、CAZAC 系列など、他のチャープ系列を拡散符号に用いてもよい。この場合も、送信装置 1 は、線形的に周波数が増減するような系列を用いれば周波数オフセットの推定が可能である。

[0074] また、本実施の形態では、受信装置 2 のタイミング同期部 2 4 が、前ブロックの同じサンプルタイミングの電力値を用いて平均化を行ったが、平均化の処理は、これに限定されない。タイミング同期部 2 4 は、同じチャープ拡散を行った全プリアンプルブロックの同じサンプルタイミングで平均化を行ってもよい。

[0075] 以上のように、受信装置 2 は、受信フィルタ通過信号と、スペクトル拡散に用いられたチャープ系列との相互相関関数を計算する。また、受信装置 2 は、相互相関の電力値を計算し、ブロック毎に同じサンプルタイミングで電

力値の平均化を行う。受信装置 2 は、平均化後の各結果と閾値とを比較し、チャープ信号の最大電力値が得られるタイミングを拡散符号推定タイミングとして検出する。

[0076] また、受信装置 2 は、マッチドフィルタによって、チャープ系列長に対して相関を行う全体相関と、系列の一部で相関を行う部分相関とを求める。受信装置 2 は、拡散符号推定タイミングにおいて、マッチドフィルタの全体相関と部分相関との電力比から周波数オフセット量を推定し、受信フィルタ通過前の受信信号に対して周波数オフセット補正を行う。これにより、受信装置 2 は、周波数オフセット補正を行った信号に対して再度拡散符号タイミングを推定し、プリアンプル信号以外のデータを復調する。

[0077] これにより、受信装置 2 は、マッチドフィルタを用いた簡易な構成で高精度な拡散符号タイミングの推定と、周波数オフセット量の推定を行うことができる。

[0078] つづいて、受信装置 2 のハードウェア構成について説明する。受信装置 2 において、受信アンテナ 2 1 はアンテナ装置で実現される。受信フィルタ部 2 3 はフィルタ回路で実現される。周波数オフセット補正部 2 2、タイミング同期部 2 4、周波数オフセット推定部 2 5、拡散符号生成部 2 6、逆拡散部 2 7、および復調部 2 8 は、それぞれ処理回路により実現される。これらの処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサおよびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。処理回路は制御回路とも呼ばれる。

[0079] 図 1 3 は、実施の形態に係る受信装置が備える処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成例を示す図である。図 1 3 に示す処理回路 9 0 は制御回路であり、プロセッサ 9 1 およびメモリ 9 2 を備える。処理回路 9 0 がプロセッサ 9 1 およびメモリ 9 2 で構成される場合、処理回路 9 0 の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 9 2 に格納される。処理

回路 90 では、メモリ 92 に記憶されたプログラムをプロセッサ 91 が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、処理回路 90 は、受信装置 2 の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 92 を備える。このプログラムは、処理回路 90 により実現される各機能を受信装置 2 に実行させるためのプログラムであるともいえる。このプログラムは、プログラムが記憶された記憶媒体により提供されてもよいし、通信媒体など他の手段により提供されてもよい。

[0080] ここで、プロセッサ 91 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または DSP (Digital Signal Processor) などである。また、メモリ 92 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (登録商標) (Electrically EPROM) などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、または DVD (Digital Versatile Disc) などが該当する。

[0081] 図 14 は、実施の形態に係る受信装置が備える処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の例を示す図である。図 14 に示す処理回路 93 は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該当する。処理回路については、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

[0082] なお、周波数オフセット補正部 22、タイミング同期部 24、周波数オフセット推定部 25、拡散符号生成部 26、逆拡散部 27、および復調部 28

は、それぞれ別々の処理回路で構成されてもよい。また、ここでは、受信装置 2 のハードウェア構成について説明したが、送信装置 1 のハードウェア構成についても受信装置 2 のハードウェア構成と同様である。

[0083] このように、実施の形態によれば、受信装置 2 が、拡散符号タイミングと、1 ブロック周期分の全体電力値と、1 ブロック周期分の後半電力値と、1 ブロック周期分の前半電力値とに基づいて、周波数オフセット量を推定する。したがって、受信装置 2 は、回路規模の増大を抑制しつつ、処理遅延を抑制して、大きい周波数オフセットが存在する環境においても、拡散符号タイミングの推定および周波数オフセットの推定を高精度に行うことができる。

[0084] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0085] 1 送信装置、2 受信装置、11 変調部、12 チャープ拡散部、13 プリアンブル生成部、14 フレーム生成部、15 送信フィルタ、16 送信アンテナ、21 受信アンテナ、22 周波数オフセット補正部、23 受信フィルタ部、24 タイミング同期部、25 周波数オフセット推定部、26 拡散符号生成部、27 逆拡散部、28 復調部、90、93 処理回路、91 プロセッサ、92 メモリ、241 相関値計算部、242、251A、251B 電力値計算部、243、252A、252B 平均化処理部、244、253A、253B 相関電力メモリ部、245 閾値判定部、254 推定部。

請求の範囲

[請求項1]

チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンブルを有する受信信号に基づいて、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定するタイミング同期部と、

前記拡散符号タイミングに基づいて、前記送信装置との間の周波数オフセット量を推定する周波数オフセット推定部と、

を備え、

前記タイミング同期部は、

系列長分の前記チャープ系列と前記受信信号との相互相関である全体相関と、前記チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と前記受信信号との相互相関である系列後半相関と、前記チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と前記受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算部と、

前記全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する全体電力値計算部と、

前記拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記全体電力値を記憶する全体相関電力メモリと、

前記1ブロック周期分の前記全体電力値に基づいて前記拡散符号タイミングを推定する判定部と、

を有し、

前記周波数オフセット推定部は、

前記系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算する後半電力値計算部と、

前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記後半電力値を記憶する後半相関電力メモリと、

前記系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する前

半電力値計算部と、

前記拡散符号の前記 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記前半電力値を記憶する前半関連電力メモリと、

前記拡散符号タイミングと、前記 1 ブロック周期分の前記全体電力値と、前記 1 ブロック周期分の前記後半電力値と、前記 1 ブロック周期分の前記前半電力値とに基づいて、前記周波数オフセット量を推定する推定部と、

を有する、

ことを特徴とする受信装置。

[請求項2]

前記タイミング同期部は、

前記 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記全体電力値を平均化し、平均化した前記全体電力値を前記全体関連電力メモリに記憶させる全体平均化処理部をさらに有し、

前記判定部は、平均化された前記全体電力値に基づいて前記拡散符号タイミングを推定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の受信装置。

[請求項3]

前記周波数オフセット推定部は、

前記 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記後半電力値を平均化し、平均化した前記後半電力値を前記後半関連電力メモリに記憶させる後半平均化処理部と、

前記 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記前半電力値を平均化し、平均化した前記前半電力値を前記前半関連電力メモリに記憶させる前半平均化処理部と、

をさらに有し、

前記推定部は、

平均化された前記全体電力値と、平均化された前記後半電力値と、平均化された前記前半電力値とに基づいて、前記周波数オフセット量を推定する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の受信装置。

[請求項4]

前記判定部は、

前記平均化された前記全体電力値の最大値を検出し、前記平均化された前記全体電力値から閾値を生成し、前記全体電力値の最大値と前記閾値との比較に基づいて、前記拡散符号タイミングを推定する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の受信装置。

[請求項5]

受信装置の受信同期方法であって、

タイミング同期部が、チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンプルを有する受信信号に基づいて、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定する第 1 のステップと、

周波数オフセット推定部が、前記拡散符号タイミングに基づいて、前記送信装置との間の周波数オフセット量を推定する第 2 のステップと、

を含み、

前記第 1 のステップは、

前記タイミング同期部が、系列長分の前記チャープ系列と前記受信信号との相互相関である全体相関と、前記チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と前記受信信号との相互相関である系列後半相関と、前記チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と前記受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算ステップと、

前記タイミング同期部が、前記全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する全体電力値計算ステップと、

前記タイミング同期部が、前記拡散符号の 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記全体電力値を記憶する全体相関電力記憶ステップと、

前記タイミング同期部が、前記 1 ブロック周期分の前記全体電力値

に基づいて前記拡散符号タイミングを推定する判定ステップと、
を有し、

前記第2のステップは、

前記周波数オフセット推定部が、前記系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算する後半電力値計算ステップと、

前記周波数オフセット推定部が、前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記後半電力値を記憶する後半相関電力記憶ステップと、

前記周波数オフセット推定部が、前記系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する前半電力値計算ステップと、

前記周波数オフセット推定部が、前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記前半電力値を記憶する前半相関電力記憶ステップと、

前記周波数オフセット推定部が、前記拡散符号タイミングと、前記1ブロック周期分の前記全体電力値と、前記1ブロック周期分の前記後半電力値と、前記1ブロック周期分の前記前半電力値とに基づいて、前記周波数オフセット量を推定する推定ステップと、

を有する、

ことを特徴とする受信同期方法。

[請求項6]

受信装置を制御する制御回路であって、

チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンブルを有する受信信号に基づいて、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定する第1の処理と、

前記拡散符号タイミングに基づいて、前記送信装置との間の周波数オフセット量を推定する第2の処理と、

を前記受信装置に実施させ、

前記第1の処理では、

系列長分の前記チャープ系列と前記受信信号との相互相関である全

体相関と、前記チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と前記受信信号との相互相関である系列後半相関と、前記チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と前記受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算処理と、

前記全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する全体電力値計算処理と、

前記拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記全体電力値を記憶する全体相関記憶処理と、

前記1ブロック周期分の前記全体電力値に基づいて前記拡散符号タイミングを推定する判定処理と、

を前記受信装置に実施させ、

前記第2の処理では、

前記系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算する後半電力値計算処理と、

前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記後半電力値を記憶する後半相関電力記憶処理と、

前記系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する前半電力値計算処理と、

前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記前半電力値を記憶する前半相関電力記憶処理と、

前記拡散符号タイミングと、前記1ブロック周期分の前記全体電力値と、前記1ブロック周期分の前記後半電力値と、前記1ブロック周期分の前記前半電力値とに基づいて、前記周波数オフセット量を推定する推定処理と、

を前記受信装置に実施させる、

ことを特徴とする制御回路。

[請求項7]

受信装置を制御する制御回路を制御するプログラムを記憶した記憶

媒体であって、

前記プログラムは、

受信装置を制御する制御回路であって、

チャープ系列のチャープ信号によってスペクトル拡散されたプリアンブルを有する受信信号に基づいて、送信装置で拡散符号が乗算されたタイミングである拡散符号タイミングを推定する第1の処理と、

前記拡散符号タイミングに基づいて、前記送信装置との間の周波数オフセット量を推定する第2の処理と、

を前記受信装置に実施させ、

前記第1の処理では、

系列長分の前記チャープ系列と前記受信信号との相互相関である全体相関と、前記チャープ系列の後半部分を含む連続した系列である系列後半と前記受信信号との相互相関である系列後半相関と、前記チャープ系列の前半部分を含む連続した系列である系列前半と前記受信信号との相互相関である系列前半相関と、をマッチドフィルタを用いて計算する相関値計算処理と、

前記全体相関に対応する電力値である全体電力値を計算する全体電力値計算処理と、

前記拡散符号の1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記全体電力値を記憶する全体相関記憶処理と、

前記1ブロック周期分の前記全体電力値に基づいて前記拡散符号タイミングを推定する判定処理と、

を前記受信装置に実施させ、

前記第2の処理では、

前記系列後半相関に対応する電力値である後半電力値を計算する後半電力値計算処理と、

前記拡散符号の前記1ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記後半電力値を記憶する後半相関電力記憶処理と、

前記系列前半相関に対応する電力値である前半電力値を計算する前半電力値計算処理と、

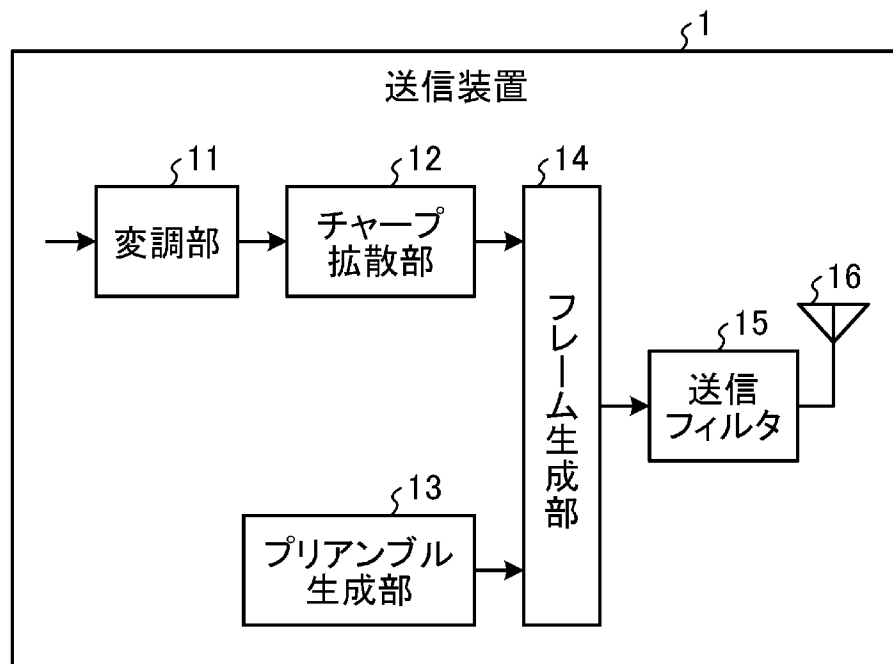
前記拡散符号の前記 1 ブロック周期分の各サンプルタイミングの前記前半電力値を記憶する前半相関電力記憶処理と、

前記拡散符号タイミングと、前記 1 ブロック周期分の前記全体電力値と、前記 1 ブロック周期分の前記後半電力値と、前記 1 ブロック周期分の前記前半電力値とに基づいて、前記周波数オフセット量を推定する推定処理と、

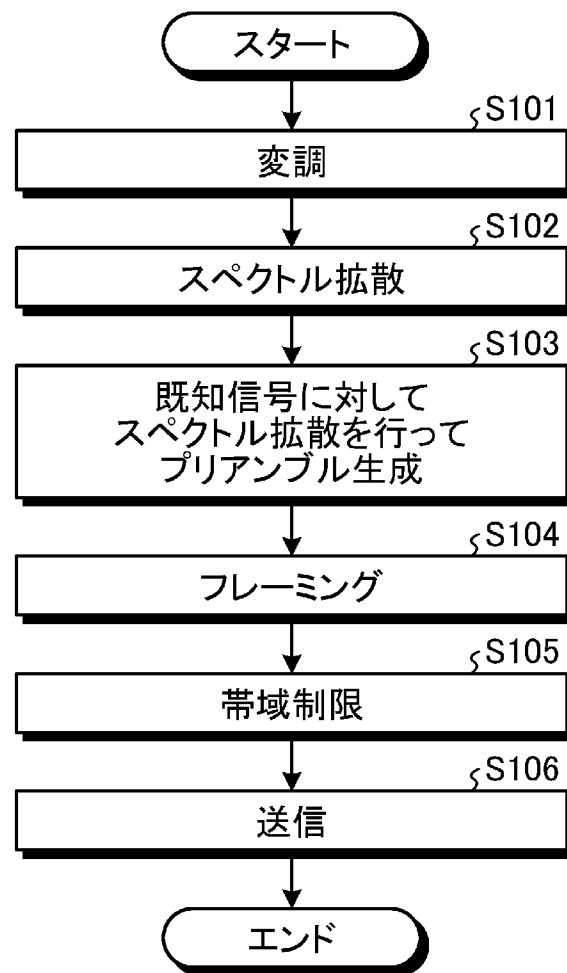
を前記受信装置に実施させる、

ことを特徴とする記憶媒体。

[図1]



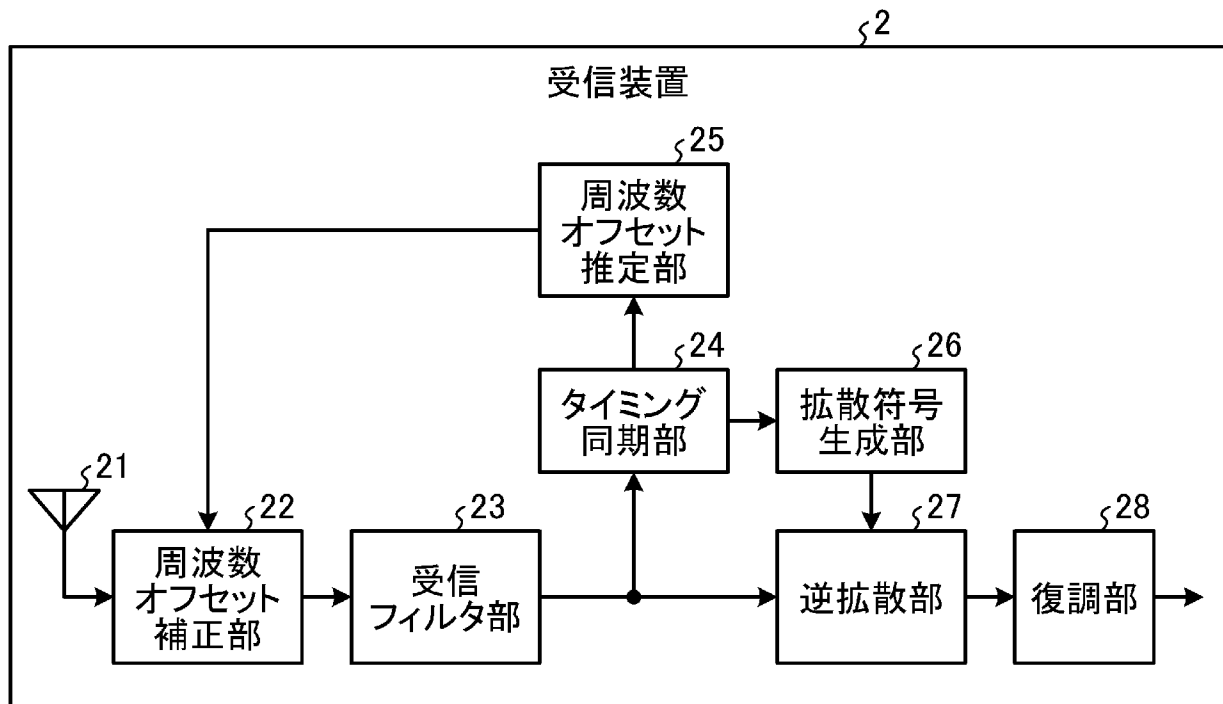
[図2]



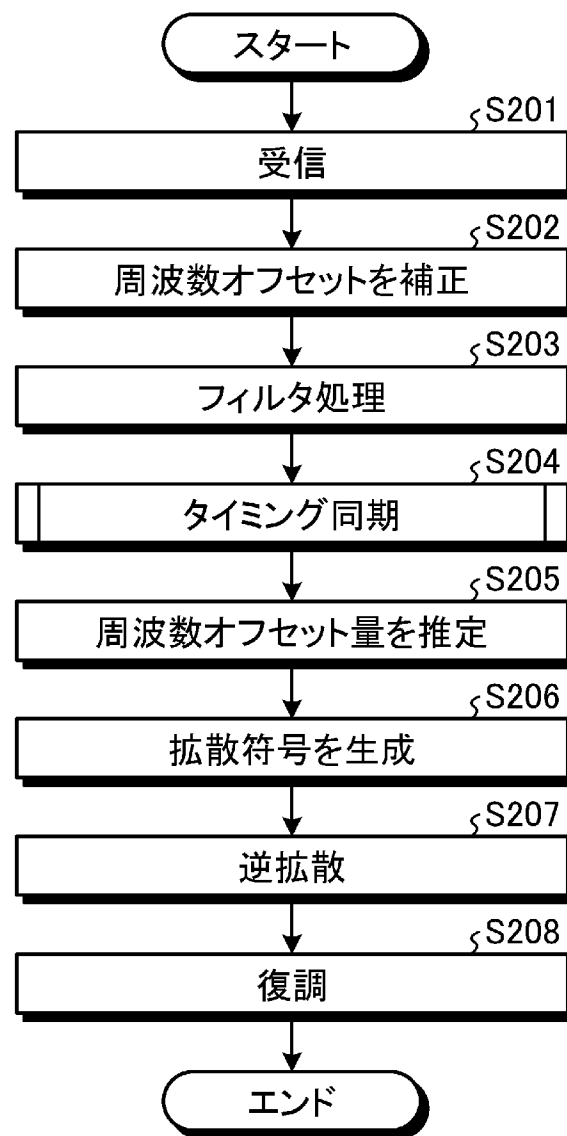
[図3]



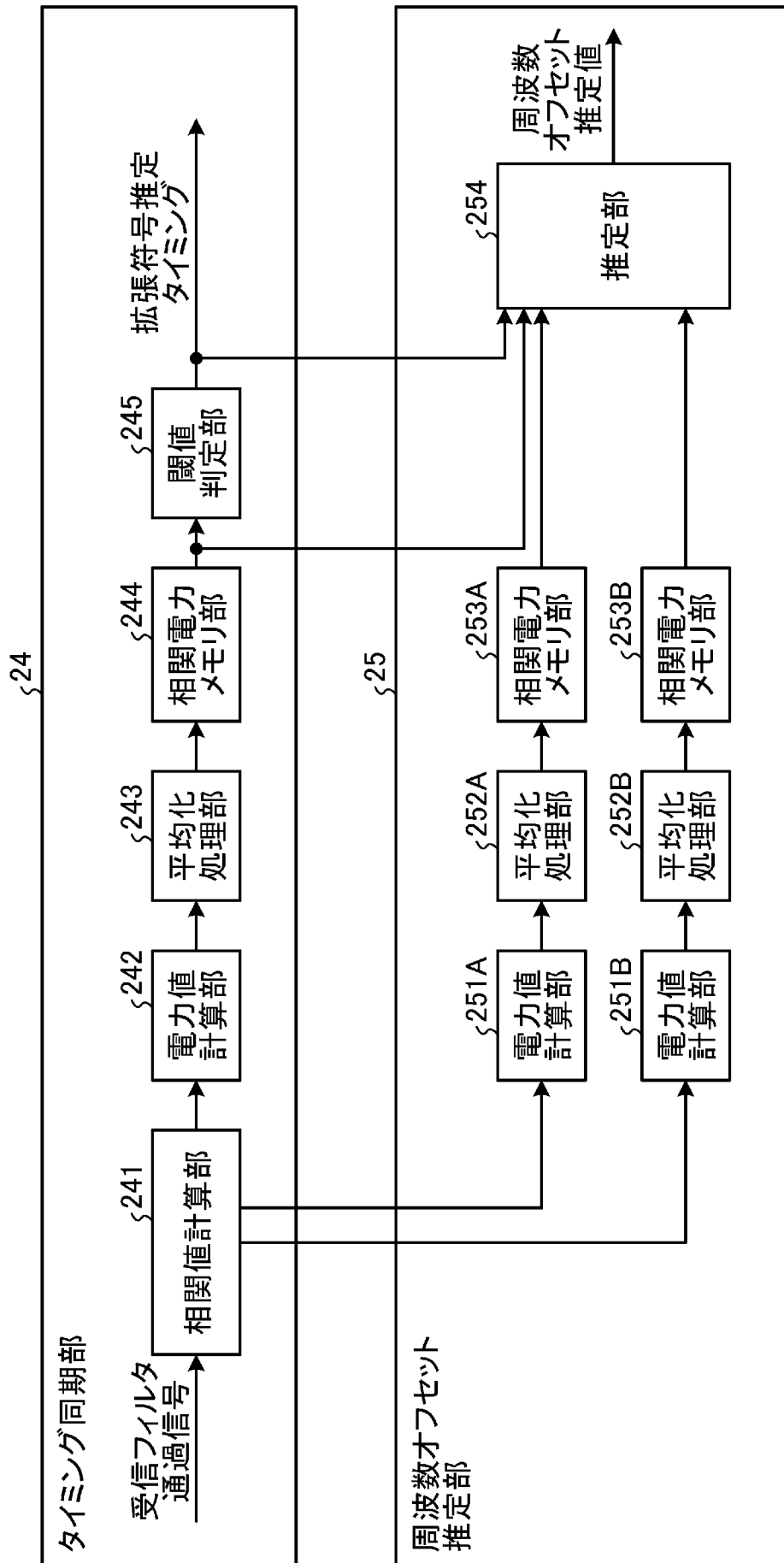
[図4]



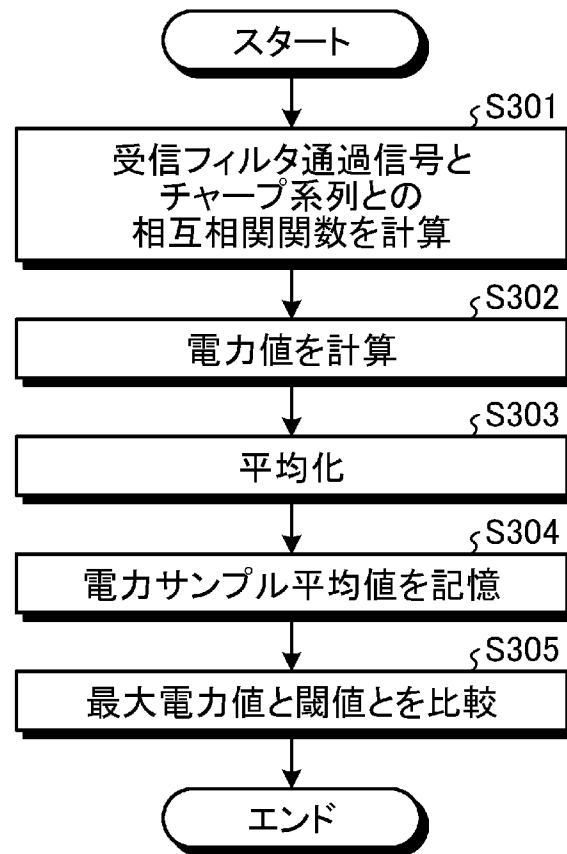
[図5]



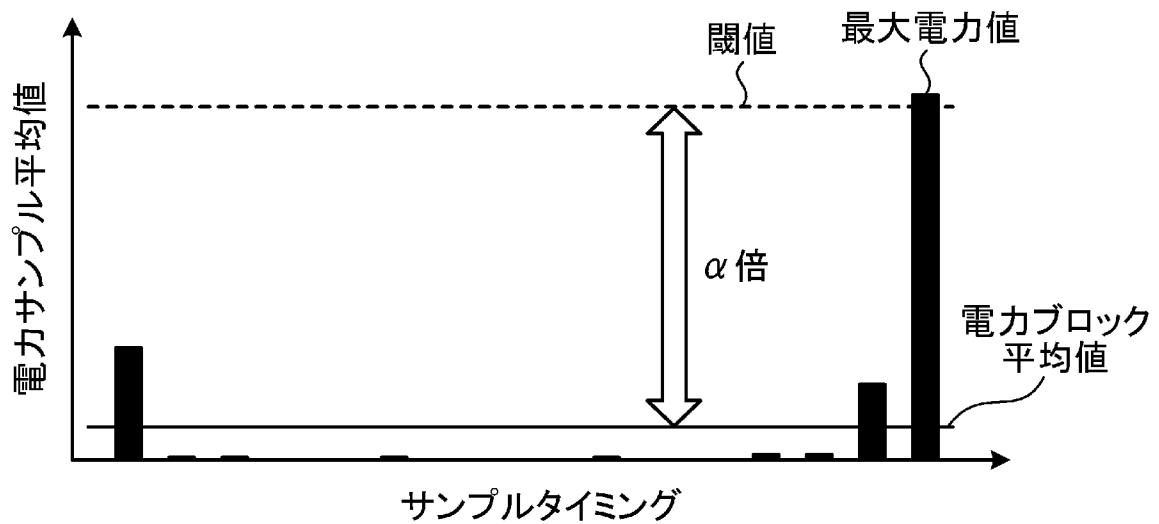
[図6]



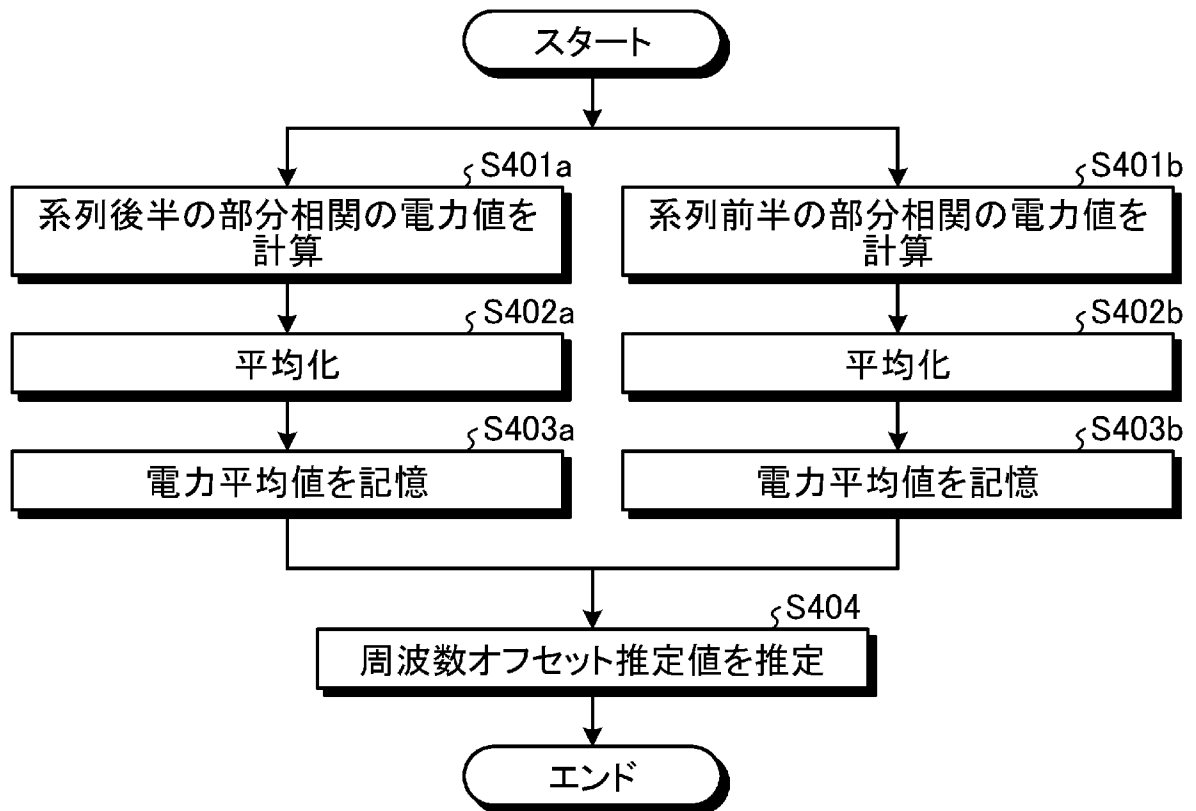
[図7]



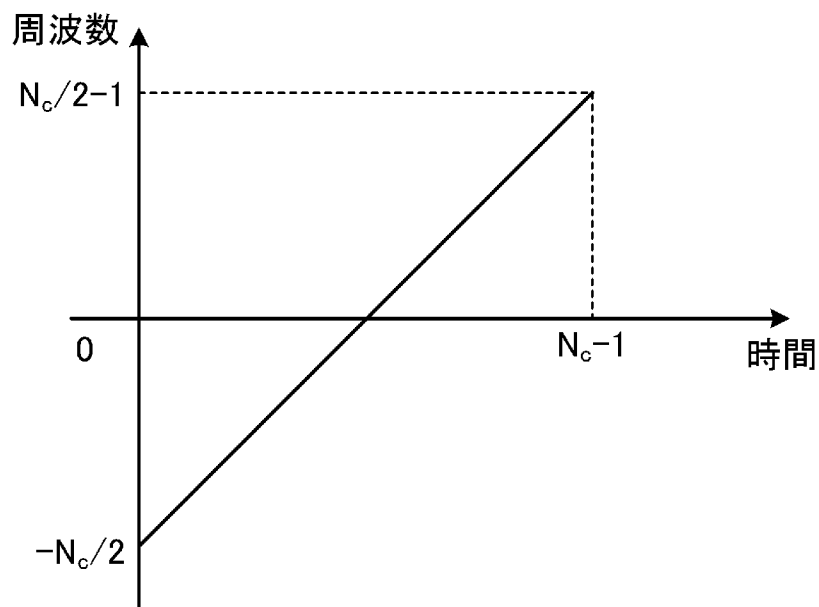
[図8]



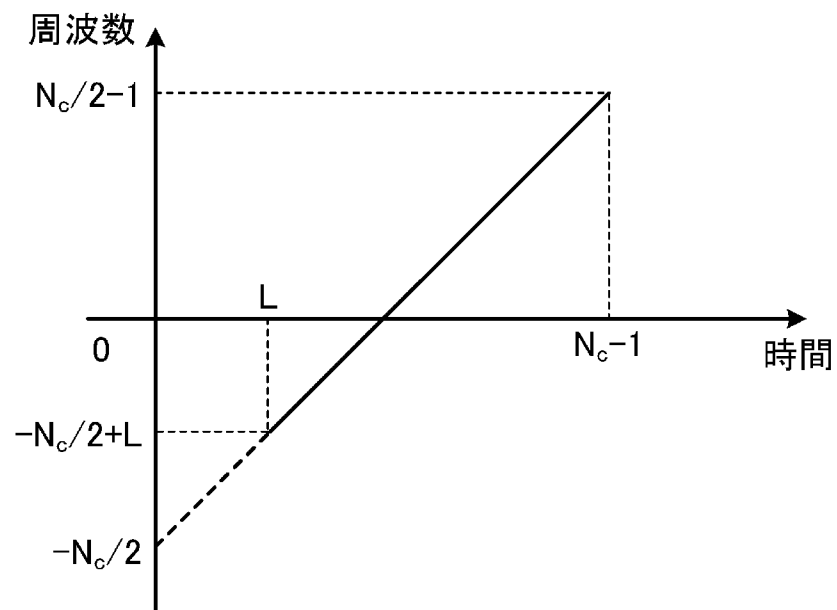
[図9]



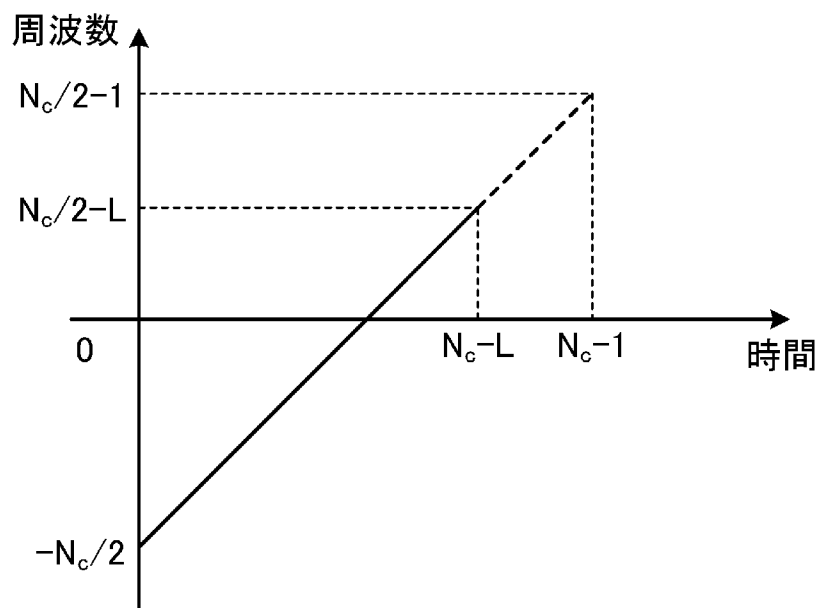
[図10]



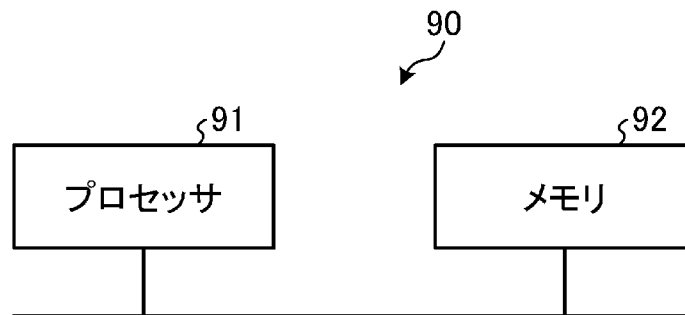
[図11]



[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/043442

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04B 1/7087 (2011.01)i; H04B 1/7075 (2011.01)i FI: H04B1/7087; H04B1/7075 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B1/7087; H04B1/7075 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021/117118 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 17 June 2021 (2021-06-17) paragraphs [0015]-[0020], [0057], fig. 2, 3, 6	1-7
A	JP 2012-156926 A (UJITSU SEMICONDUCTOR LTD) 16 August 2012 (2012-08-16) paragraphs [0059]-[0061], [0070]-[0089], [0140]-[0162], fig. 4, 7, 13, 14	1-7
A	JP 2001-102960 A (DENSO CORP) 13 April 2001 (2001-04-13) paragraphs [0018]-[0038], fig. 1, 2, 3	1-7
A	WO 2018/225190 A1 (NTT DOCOMO INC) 13 December 2018 (2018-12-13) paragraphs [0041]-[0047]	1-7
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 January 2022		Date of mailing of the international search report 25 January 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/043442

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/117118	A1	17 June 2021	(Family: none)	
JP	2012-156926	A	16 August 2012	US 2012/0195328 A1 paragraphs [0083]-[0085], [0094]-[0113], [0160]-[0183], fig. 4, 7, 13, 14	
JP	2001-102960	A	13 April 2001	(Family: none)	
WO	2018/225190	A1	13 December 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 1/7087(2011.01)i; H04B 1/7075(2011.01)i FI: H04B1/7087; H04B1/7075		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H04B1/7087; H04B1/7075 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） IEEE Xplore		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2021/117118 A1（三菱電機株式会社）17.06.2021（2021-06-17） 段落[0015]-[0020], [0057], 図2, 図3, 図6	1-7
A	JP 2012-156926 A（富士通セミコンダクター株式会社）16.08.2012（2012-08-16） 段落[0059]-[0061], [0070]-[0089], [0140]-[0162], 図4, 図7, 図13, 図14	1-7
A	JP 2001-102960 A（株式会社デンソー）13.04.2001（2001-04-13） 段落[0018]-[0038], 図1, 図2, 図3	1-7
A	WO 2018/225190 A1（株式会社NTTドコモ）13.12.2018（2018-12-13） 段落[0041]-[0047]	1-7
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 12.01.2022		国際調査報告の発送日 25.01.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 齊藤 晶 5K 1789 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/043442

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2021/117118	A1	17.06.2021	(ファミリーなし)	
JP	2012-156926	A	16.08.2012	US 2012/0195328 A1 段落[0083]-[0085], [0094]- [0113], [0160]-[0183], 図4, 図7, 図13, 図14	
JP	2001-102960	A	13.04.2001	(ファミリーなし)	
WO	2018/225190	A1	13.12.2018	(ファミリーなし)	