

(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9月14日(14.09.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/170754 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 1/7073 (2011.01) H04W 72/04 (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/009768

(22) 国際出願日: 2022年3月7日(07.03.2022)

(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:福間 恵(FUKUMA, Megumi); 〒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

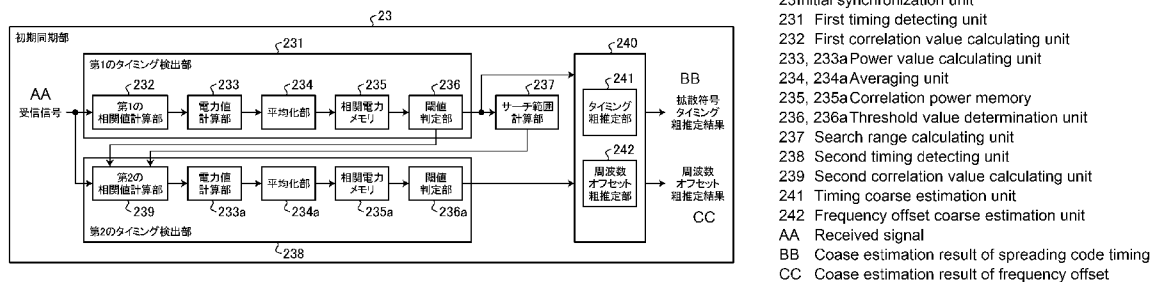
の門三井ビルディング 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, JM, 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, 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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: RECEIVER DEVICE, COMMUNICATION SYSTEM, CONTROL CIRCUIT, STORAGE MEDIUM, AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 受信装置、通信システム、制御回路、記憶媒体および通信方法



(57) Abstract: This receiver device is characterized by comprising an initial synchronization unit (23) that includes a first timing detecting unit (231), a search range calculating unit (237), a second timing detecting unit (238) and a timing coarse estimation unit (241). The first timing detecting unit (231) comprises a first correlation value calculating unit (232) for calculating a first correlation value that is the value of a cross-correlation function between a received signal, which includes a first preamble having been spectrally spread with a first chirp signal and a second preamble having been spectrally spread with a second chirp signal, and the first chirp signal, the first timing detecting unit (231) detecting a first timing at which the first correlation value peaks. The search range calculating unit (237) calculates a search range on the basis of the first timing. The second timing detecting unit (238) comprises a second correlation value calculating unit (239) for calculating a second correlation value strictly for the search range, and detects a second timing at which the second correlation value peaks. The timing coarse estimation unit (241) determines, on the basis of the first timing and the second timing, a coarse estimation result of a spreading code timing of multiplication by a spreading code in the transmitter device.

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：受信装置は、第1のチャープ信号でスペクトル拡散された第1のプリアンブルと、第2のチャープ信号でスペクトル拡散された第2のプリアンブルとを含む受信信号と第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算する第1の相関値計算部（232）を有し、第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出する第1のタイミング検出部（231）と、第1のタイミングに基づいてサーチ範囲を計算するサーチ範囲計算部（237）と、サーチ範囲に限定して、第2の相関値を計算する第2の相関値計算部（239）を有し、第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出する第2のタイミング検出部（238）と、第1のタイミングと第2のタイミングとに基づいて、送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるタイミング粗推定部（241）と、を有する初期同期部（23）を備えることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

受信装置、通信システム、制御回路、記憶媒体および通信方法

技術分野

[0001] 本開示は、受信装置、通信システム、制御回路、記憶媒体および通信方法に関する。

背景技術

[0002] 同一の周波数帯で異なる複数の無線通信システムが運用される環境では、チャネル干渉への対策が必要になる。例えば、ISM (Industry Science Medical) 帯と呼ばれる周波数帯は、工業、学術、医療を目的に開放されており、免許不要で利用することができるため、複数の異なる無線通信システムにおいて利用される。近年、IoT (Internet of Things) およびM2M (Machine to Machine) 向けの無線通信技術として注目を集めているLPWA (Low Power Wide Area) の無線通信規格であるLoRa (登録商標) (Long Range)、SIGFOX (登録商標)、Wi-SUN (登録商標) (Wireless Smart Utility Network) などは、ISM帯を利用している。ISM帯を利用する場合のように、同一の周波数帯で異なる複数の無線通信システムが運用される環境において、耐干渉性、耐妨害性、通信の秘匿性などに優れる直接スペクトル拡散を適用することは有効である。以下、直接スペクトル拡散のことをDS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) と称することがある。

[0003] DS-SS方式では、受信側で逆拡散を行うために、送信装置で送信情報に拡散符号が乗算されたタイミングを同期する必要がある。DS-SS方式のタイミング同期の方法として、初期同期によって送受信間の拡散符号の時間ずれを、例えば、1/2チップ以内の精度で粗同期した後、精タイミング同期によって残留したタイミング誤差を高精度に補正する方法が一般的に使用される。

[0004] D S - S S方式の初期同期では、逆拡散前の広い周波数帯域に拡散された信号に対して同期処理が行われる。このため、低S N R (Signal-to-Noise Ratio) で高精度に同期できることが重要となる。また、送信装置および受信装置の局部発信機の精度が低い場合、送受信間の周波数オフセットが大きくなってしまう。例えば、I o TおよびM 2 Mの分野では、多数の端末に通信機器を搭載する必要がある場合に、安価な局部発信機を使用することがあり、この場合、局部発信機の精度が低く、周波数オフセットが大きくなってしまう。この場合、初期同期は周波数同期の前段で行われるため、著しく精度が低下し、同期を行うことが困難となることもある。

[0005] 非特許文献1では、時間とともに周波数が線形変化する2種類のチャープ信号を用いてプリアンプルを半分ずつスペクトル拡散し、同期側では、2つの系列の相関ピークの間値を検出することで、送信装置において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捕捉する技術が開示されている。この技術によれば、1種類のチャープ信号を使用してプリアンプルをスペクトル拡散する場合と比較して、周波数オフセット耐性を向上させることが可能になる。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：福間 恵他，“複数のチャープ信号を用いて周波数偏差耐性を向上する初期捕捉方式” IT2019-46, SIP2019-59, RCC2019-276, pp. 63-68, Jan. , 2020.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記の非特許文献1に開示された技術では、2つのチャープ信号を用いて同じ長さのプリアンプルをスペクトル拡散し、同期側では2つのチャープ信号のそれぞれを独立にタイミング検出することから、初期同期の演算量が増大するという問題があった。

[0008] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、周波数オフセット耐性を向上させつつ、初期同期の演算量の増大を抑制することが可能な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

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる受信装置は、第1のチャープ信号でスペクトル拡散された第1のプリアンプルと、第1のプリアンプルよりも後に送信され、第1のチャープ信号と異なる第2のチャープ信号でスペクトル拡散された第2のプリアンプルとを含む受信信号と第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算する第1の相関値計算部を有し、第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出する第1のタイミング検出部と、第1のタイミングに基づいて、第2のチャープ信号と受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算するサーチ範囲計算部と、サーチ範囲に限定して、第2の相関値を計算する第2の相関値計算部を有し、第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出する第2のタイミング検出部と、第1のタイミングと第2のタイミングとに基づいて、受信信号を送信した送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるタイミング粗推定部と、を有する初期同期部を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本開示にかかる受信装置は、周波数オフセット耐性を向上させつつ、初期同期の演算量の増大を抑制することが可能であるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態1にかかる通信システムの構成を示す図

[図2]図1に示す送信装置の機能構成を示す図

[図3]図2に示すフレーム生成部によるフレーミング後の信号の一例を示す図

[図4]図1に示す受信装置の機能構成を示す図

[図5]図4に示す初期同期部の詳細な機能構成を示す図

[図6]図5に示す閾値判定部における閾値の設定についての説明図

[図7]図2に示す送信装置の動作を説明するためのフローチャート

[図8]図4に示す受信装置の動作について説明するためのフローチャート

[図9]図8に示す初期同期の詳細な動作を説明するためのフローチャート

[図10]図4に示す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11]図4に示す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

[0012] 以下に、本開示の実施の形態にかかる受信装置、通信システム、制御回路、記憶媒体および通信方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0013] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる通信システム3の構成を示す図である。通信システム3は、送信装置1と、受信装置2とを有する。通信システム3は、送信装置1と受信装置2との間で、無線信号による通信を行う。また通信システム3は、経時的に周波数が線形変化するチャープ信号を用いて信号を元の周波数帯よりも広範囲に拡散する直接スペクトル拡散を用いる。

[0014] 図2は、図1に示す送信装置1の機能構成を示す図である。送信装置1は、変調部11と、スペクトル拡散部12と、プリアンプ生成部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とを有する。

[0015] 変調部11は、図示しない上位装置から取得した送信データを変調することによってデータの変調信号を生成する。変調部11は、変調方式として、例えばPSK (Phase Shift Keying) を用いることができる。変調部11は、生成した変調信号をスペクトル拡散部12へ出力する。

[0016] スペクトル拡散部12は、変調部11が出力した変調信号に対してチャープ信号を拡散符号として用いて直接スペクトル拡散を行う。スペクトル拡散部12が拡散符号として用いるチャープ信号の一例としては、Zadoff-Chu系列が挙げられる。符号長 N_c が偶数である場合、Zadoff-Chu系列Cの t 番目の要素である $C(t)$ は、以下の数式(1)で表され

る。スペクトル拡散部 1 2 は、例えば、数式 (1) の $M=3$ として生成可能な Z a d o f f - C h u 系列 $C(t)$ を用いることができる。

[0017] [数1]

$$C(t) = \exp j\left(\frac{M\pi t^2}{N_c}\right) \quad \dots (1)$$

[0018] 数式 (1) の 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 $f_{\max}$ までの増加回数を示す。 $M=1$ 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 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。一方、 $M=-1$ の場合、 N_c において、最大周波数 $f_{\max}$ から最小周波数 $f_{\min}$ まで周波数が 1 回減少する。スペクトル拡散部 1 2 は、スペクトル拡散を行った信号をフレーム生成部 1 4 へ出力する。以降の説明において、スペクトル拡散部 1 2 で生成された信号をデータと称することがある。

[0019] プリアンブル生成部 1 3 は、既知のプリアンブル信号に対してスペクトル拡散を行い、プリアンブルを生成する。プリアンブル生成部 1 3 は、スペクトル拡散部 1 2 が送信データをスペクトル拡散する方法と異なる方法でスペクトル拡散を行う。プリアンブル生成部 1 3 は、変調部 1 3 1 と、スペクトル拡散部 1 3 2 とを有する。以降の説明において、プリアンブル生成部 1 3 で生成された信号をプリアンブルと称することがある。

[0020] 変調部 1 3 1 は、変調部 1 1 と同様な方法で、既知のプリアンブル信号を変調する。例えば、既知のプリアンブル信号としては、0, 0, 0, 0, ... のように同じ値の信号を用いることができる。変調部 1 3 1 は、変調方式として、例えば Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying) を用いる。変調部 1 3 1 は、変調した信号をスペクトル拡散部 1 3 2 へ出力する。以

降の説明において、変調部 131 で変調された変調信号の 1 要素をシンボルと称することがある。

[0021] スペクトル拡散部 132 は、変調部 131 が出力する変調信号に対して、チャープ信号を拡散符号として用いて直接スペクトル拡散を行う。具体的には、スペクトル拡散部 132 が使用するチャープ信号は、アップチャープ信号またはダウンチャープ信号である。アップチャープ信号は、時間とともに周波数が増加する信号のことであり、本実施の形態では、スペクトル拡散部 132 が使用するアップチャープ信号は、上記の数式 (1) の M の値を 1 として生成される Z a d o f f - C h u 系列に対応する信号とする。また、ダウンチャープ信号は、時間とともに周波数が減少する信号のことであり、本実施の形態では、スペクトル拡散部 132 が使用するダウンチャープ信号は、上記の数式 (1) の M の値を -1 として生成される Z a d o f f - C h u 系列に対応する信号とする。

[0022] スペクトル拡散部 132 は、2 種類のプリアンプルのそれぞれを異なるチャープ信号で拡散する。2 種類のプリアンプルのうち、先に送信されるプリアンプルを第 1 のプリアンプルと称し、第 1 のプリアンプルの後に送信されるプリアンプルを第 2 のプリアンプルと称する。第 1 のプリアンプルを拡散する際に使用されるチャープ信号を第 1 のチャープ信号と称し、第 2 のプリアンプルを拡散する際に使用されるチャープ信号を第 2 のチャープ信号と称する。第 2 のチャープ信号は、第 1 のチャープ信号と異なるチャープ信号である。ここでは、第 1 のチャープ信号はアップチャープ信号であり、第 2 のチャープ信号はダウンチャープ信号であることとする。スペクトル拡散部 132 は、第 1 のプリアンプルに対して第 1 のチャープ信号であるアップチャープ信号でスペクトル拡散を行い、第 2 のプリアンプルに対して第 2 のチャープ信号であるダウンチャープ信号でスペクトル拡散を行う。スペクトル拡散部 132 は、スペクトル拡散後の信号をフレーム生成部 14 へ出力する。

[0023] フレーム生成部 14 は、スペクトル拡散部 12 が出力するスペクトル拡散後のデータと、プリアンプル生成部 13 が出力するスペクトル拡散後のプリ

アンプルとをフレーミングする。図3は、図2に示すフレーム生成部14によるフレーミング後の信号の一例を示す図である。フレーミング後の信号は、第1のプリアンプルと、第1のプリアンプルよりも後に送信される第2のプリアンプルと、データとを含む。第1のプリアンプルはアップチャープ信号によるスペクトル拡散であるアップチャープ拡散を実施されており、第2のプリアンプルは、ダウンチャープ信号によるスペクトル拡散であるダウンチャープ拡散を実施されている。なお、第2のプリアンプルの長さは、第1のプリアンプルの長さと同等としたり、伝搬環境や要求条件によっては第1のプリアンプルの長さよりも短くすることができる。フレーム生成部14は、フレーミング後の信号を、順次、送信フィルタ15へ出力する。

[0024] 送信フィルタ15は、フレーム生成部14が出力するフレーミング後の信号に対して、帯域制限を行う。送信フィルタ15は、帯域制限された複数の信号のそれぞれを送信アンテナ16へ出力する。

[0025] 送信アンテナ16は、送信フィルタ15が出力する帯域制限後の複数の信号のそれぞれを送信する。送信アンテナ16は、受信装置2に向けて信号を無線送信する。

[0026] 図4は、図1に示す受信装置2の機能構成を示す図である。受信装置2は、受信アンテナ21と、受信フィルタ22と、初期同期部23と、フレーム同期部24と、精同期部25と、周波数オフセット補正部26と、逆拡散部27と、復調部28とを有する。

[0027] 受信アンテナ21は、無線信号を受信する。受信アンテナ21で受信される信号である受信信号は、送信装置1から送信された信号である。受信アンテナ21は、受信信号を受信フィルタ22へ出力する。

[0028] 受信フィルタ22は、受信アンテナ21が出力する受信信号に対してフィルタ処理を行う。受信フィルタ22は、フィルタ処理後の信号を初期同期部23、フレーム同期部24および周波数オフセット補正部26のそれぞれへ出力する。

[0029] 初期同期部23は、受信フィルタ22が出力するフィルタ処理後の信号に

基づいて、初期同期を行う。本実施の形態において、初期同期部 23 は、送信装置 1 において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の粗推定と、送信装置 1 と受信装置 2 との間の局部発信機の周波数ずれにより発生する周波数オフセット量の粗推定とを行う。周波数オフセット量の粗推定とは、後述する精同期部 25 による周波数オフセット量の推定精度と比較して、粗い精度で行う周波数オフセット量の推定のことを指す。初期同期部 23 は、拡散符号タイミングの粗推定結果と、周波数オフセット量の粗推定結果とを、フレーム同期部 24 へ出力する。初期同期部 23 の詳細な構成および動作については後述する。

[0030] フレーム同期部 24 は、初期同期部 23 が出力する拡散符号タイミングの粗推定結果に基づいて、フレームのタイミングを同期するフレーム同期を行う。フレーム同期部 24 は、拡散符号タイミングの粗推定結果と、周波数オフセット量の粗推定結果と、フレームタイミングの推定結果とを精同期部 25 へ出力する。

[0031] 精同期部 25 は、フレーム同期部 24 が出力するフレームタイミングに基づいて、残留した拡散符号タイミングの誤差と周波数オフセット量とを補正することによって、拡散符号タイミングと周波数オフセットとを初期同期部 23 よりも高精度に推定する。精同期部 25 は、例えば、AFC (Automatic Frequency Control) と呼ばれる回路を使用して、初期同期部 23 よりも高精度な同期処理を行う。精同期部 25 は、周波数オフセット量の推定結果を周波数オフセット補正部 26 へ出力し、拡散符号タイミングの推定結果を逆拡散部 27 へ出力する。

[0032] 周波数オフセット補正部 26 は、精同期部 25 が出力する周波数オフセット量の推定結果に基づいて、受信フィルタ 22 が出力する信号に対して周波数オフセットを補正する。周波数オフセット補正部 26 は、周波数オフセットを補正後の信号を逆拡散部 27 へ出力する。

[0033] 逆拡散部 27 は、精同期部 25 が出力する拡散符号タイミングの推定結果に基づいて、周波数オフセット補正部 26 が出力する周波数オフセットを補

正後の信号に対して逆拡散を行う。逆拡散部 27 は、逆拡散後の信号を復調部 28 へ出力する。

[0034] 復調部 28 は、逆拡散部 27 が出力する逆拡散後の信号に対して復調処理を行う。

[0035] 続いて、受信装置 2 の初期同期部 23 の詳細な構成について説明する。図 5 は、図 4 に示す初期同期部 23 の詳細な機能構成を示す図である。

[0036] 初期同期部 23 は、第 1 のタイミング検出部 231 と、サーチ範囲計算部 237 と、第 2 のタイミング検出部 238 と、粗推定部 240 とを有する。

[0037] 第 1 のタイミング検出部 231 は、受信信号と第 1 のチャープ信号との相互相関関数の値である第 1 の相関値に基づいて第 1 のタイミング n_1 を検出する。第 1 のタイミング n_1 は、第 1 の相関値がピークとなり、且つ、第 1 の相関値が閾値を超えるタイミングである。第 1 のタイミング検出部 231 は、第 1 の相関値計算部 232 と、電力値計算部 233 と、平均化部 234 と、相関電力メモリ 235 と、閾値判定部 236 とを有する。

[0038] 第 1 の相関値計算部 232 は、マッチドフィルタにより、受信フィルタ 22 が出力するフィルタ処理後の受信信号と、送信装置 1 のプリアンブル生成部 13 でスペクトル拡散する際に使用した第 1 のチャープ信号との相互相関関数の値である第 1 の相関値を計算する。第 1 の相関値計算部 232 は、計算した第 1 の相関値を電力値計算部 233 へ出力する。

[0039] 電力値計算部 233 は、第 1 の相関値計算部 232 が出力する第 1 の相関値を 2 乗することによって電力値を計算する。電力値計算部 233 は、計算した電力値を平均化部 234 へ出力する。

[0040] 平均化部 234 は、電力値計算部 233 が出力する電力値を、前シンボルの同じサンプルタイミングの電力値と平均化する。本実施の形態では、1 シンボル長は拡散符号長 N_c × オーバーサンプル数 N_{ovs} となり、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。平均化部 234 は、平均化後の電力値を相関電力メモリ 235 に記憶させる。

[0041] 相関電力メモリ 235 は、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保持できるように構成されており、平均化部234が出力する平均化後の電力値を拡散符号長 $N_c \times$ オーバーサンプル数 N_{ovs} である1シンボル周期分にわたって記憶する。平均化部234までの処理はサンプル時間単位で動作していた処理が、相関電力メモリ235以降の処理では、シンボル時間単位での動作に変わることになる。

[0042] 閾値判定部236は、相関電力メモリ235に保持される拡散符号1周期分の電力値から、第1のタイミング n_1 を検出する。具体的には、閾値判定部236は、相関電力メモリ235に保持される拡散符号1周期分の電力値のうち最大となる電力値を検出し、検出した最大電力値と閾値とを比較する。最大電力値が閾値を超えている場合、閾値判定部236は、最大電力値に対応したサンプルタイミングを、第1のタイミング n_1 として検出し、第1のタイミング n_1 を、サーチ範囲計算部237および粗推定部240のそれぞれへ出力する。電力値は第1の相関値の2乗であるため、電力値がピークとなるサンプルタイミングにおいて、第1の相関値はピークとなる。また、閾値判定部236は、閾値を超えたシンボル番号を第2のタイミング検出部238へ出力する。

[0043] サーチ範囲計算部237は、第1のタイミング検出部231が出力する第1のタイミング n_1 に基づいて、第2のタイミング検出部238以降で演算を行うタイミングの範囲であるサーチ範囲を計算する。サーチ範囲は、第2のタイミング検出部238が第2のチャープ信号と受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲となる。サーチ範囲計算部237は、使用される環境で想定される最大の周波数オフセット量に基づいて、サーチ範囲を計算することができる。具体的には、サーチ範囲計算部237は、使用される環境で想定される最大の周波数オフセット量の絶対値を $|\Delta f_{\max}|$ として、 $|\Delta f_{\max}|$ が起こすタイミングオフセット量を $\Delta t_{\max}$ とした場合、サーチ範囲を、 $(n_1 - 2\Delta t_{\max}) \sim (n_1 + 2\Delta t_{\max})$ とすることができる。さらに、サーチ範囲計算部237は、遅延波の遅延量を考慮して、サーチ範囲を計算することもできる。例えば、サーチ範囲計算部237

は、使用される環境で想定される最大の遅延波の直接波からの遅延量を、直接波からのサンプル数 $d_{\max}$ で表した場合、サーチ範囲を、 $(n_1 - 2 \Delta t_{\max} - d_{\max}) \sim (n_1 + 2 \Delta t_{\max} + d_{\max})$ とすることができる。サーチ範囲計算部 237 は、求めたサーチ範囲を第2のタイミング検出部 238 へ出力する。

[0044] 第2のタイミング検出部 238 は、サーチ範囲計算部 237 で求められたサーチ範囲に限定して第2の相関値を計算し、第2の相関値に基づいて第2のタイミング n_2 を検出する。第2のタイミング n_2 は、第2の相関値がピークとなり、且つ、第2の相関値が閾値を超えるタイミングである。第2のタイミング検出部 238 は、第2の相関値計算部 239 と、電力値計算部 233a と、平均化部 234a と、相関電力メモリ 235a と、閾値判定部 236a とを有する。

[0045] 第2の相関値計算部 239 は、マッチドフィルタにより、受信フィルタ 22 が出力するフィルタ処理後の受信信号と、送信装置 1 のプリアンプ生成部 13 でスペクトル拡散する際に使用された第2のチャープ信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する。第2の相関値計算部 239 は、第2の相関値を電力値計算部 233a へ出力する。

[0046] 電力値計算部 233a は、第2の相関値計算部 239 が出力する第2の相関値を2乗することによって電力値を計算する。電力値計算部 233a は、計算した電力値を平均化部 234a へ出力する。

[0047] 平均化部 234a は、電力値計算部 233a が出力する電力値を、前シンボルの同じサンプルタイミングの電力値と平均化する。平均化部 234a は、平均化後の電力値を相関電力メモリ 235a に記憶させる。

[0048] 相関電力メモリ 235a は、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保持できるように構成されており、平均化部 234a が出力する平均化後の電力値を N_c × オーバーサンプル数 N_{ovs} である1シンボル周期分にわたって記憶する。平均化部 234a までの処理はサンプル時間単位で動作していた処理が、相関電力メモリ 235a 以降の処理では、シ

ンボル時間単位での動作に変わることになる。

- [0049] 閾値判定部 236 a は、相関電力メモリ 235 a に記憶された拡散符号 1 周期分の電力値から、第 2 のタイミング n_2 を検出する。具体的には、閾値判定部 236 a は、相関電力メモリ 235 a に保持される拡散符号 1 周期分の電力値のうち最大となる電力値を検出し、検出した最大電力値と予め定められた閾値とを比較する。最大電力値が閾値を超えている場合、閾値判定部 236 a は、最大電力値に対応したサンプルタイミングを第 2 のタイミング n_2 として検出し、第 2 のタイミング n_2 を、粗推定部 240 へ出力する。
- [0050] 閾値判定部 236, 236 a のそれぞれが使用する閾値は、予め定められた値であってもよいし、以下に説明するように、動的に生成してもよい。閾値判定部 236 は、相関電力メモリ 235 から読みだした 1 拡散符号周期分の電力値の平均を計算し、平均値の定数 α 倍を閾値とすることができる。閾値判定部 236 a についても同様であり、閾値判定部 236 a は、相関電力メモリ 235 a から読みだした 1 拡散符号周期分の電力値の平均を計算し、平均値の定数 α 倍を閾値とすることができる。図 6 は、図 5 に示す閾値判定部 236, 236 a における閾値の設定についての説明図である。図 6 の横軸はサンプルタイミングであり、縦軸は平均化後の電力値、つまり相関電力メモリ 235, 235 a に記憶された電力値である。閾値判定部 236, 236 a は、各サンプルタイミングの平均化後の電力値の 1 拡散符号周期分の平均を計算し、平均の α 倍を閾値とする。閾値判定部 236, 236 a のそれぞれは、このようにして設定した閾値と最大電力値との比較結果に基づいて、第 1 のタイミング n_1 または第 2 のタイミング n_2 を検出することができる。
- [0051] 粗推定部 240 は、タイミング粗推定部 241 と、周波数オフセット粗推定部 242 とを有する。タイミング粗推定部 241 は、閾値判定部 236 が出力する第 1 のタイミング n_1 と、閾値判定部 236 a が出力する第 2 のタイミング n_2 とに基づいて、受信信号を送信した送信装置 1 において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の粗推定結果を求める

ことができる。具体的には、タイミング粗推定部 241 は、拡散符号タイミングを、第 1 のタイミング $n1$ と第 2 のタイミング $n2$ との中間の第 3 のタイミング $n0$ とすることができる。タイミング粗推定部 241 は、中間の第 3 のタイミング $n0$ が小数になる場合、四捨五入してもよい。第 3 のタイミング $n0$ は、以下の数式 (2) で表される。

[0052] [数2]

$$n0 = \left\lceil \frac{n1 + n2}{2} \right\rceil \quad \dots (2)$$

[0053] タイミング粗推定部 241 は、推定した拡散符号タイミングを拡散符号タイミングの粗推定結果として、フレーム同期部 24 へ出力する。

[0054] 周波数オフセット粗推定部 242 は、閾値判定部 236 が出力する第 1 のタイミング $n1$ と、閾値判定部 236 a が出力する第 2 のタイミング $n2$ とに基づいて、送信装置 1 と受信装置 2 との間の周波数オフセット量の粗推定結果を求めることができる。周波数オフセット粗推定部 242 は、以下の数式 (3) を用いて周波数オフセット量を算出することができる。周波数オフセット粗推定部 242 は、推定した周波数オフセット量を周波数オフセット量の粗推定結果として、フレーム同期部 24 へ出力する。

[0055] [数3]

$$\frac{n2 - n1}{2} \times \frac{\text{シンボルレート}}{\text{オーバーサンプル数}} \quad \dots (3)$$

[0056] 続いて、通信システム 3 の動作について説明する。まず、送信装置 1 の動作について説明する。

[0057] 図 7 は、図 2 に示す送信装置 1 の動作を説明するためのフローチャートである。送信装置 1 の変調部 11 は、図示しない上位装置から取得した送信データを変調する (ステップ S101)。変調部 11 は、変調後の信号である変調信号をスペクトル拡散部 12 へ出力する。

[0058] スペクトル拡散部 12 は、変調部 11 が出力する変調信号に対してスペクトル拡散を行う (ステップ S102)。スペクトル拡散部 12 は、スペクトル

ル拡散後の信号をフレーム生成部 14 へ出力する。

[0059] プリアンブル生成部 13 は、既知のプリアンブル信号に対して、スペクトル拡散部 12 と異なる方法でスペクトル拡散を行い、プリアンブルを生成する（ステップ S 103）。プリアンブル生成部 13 は、生成したプリアンブルをフレーム生成部 14 へ出力する。

[0060] フレーム生成部 14 は、スペクトル拡散部 12 が出力するデータと、プリアンブル生成部 13 が出力するプリアンブルとをフレーミングする（ステップ S 104）。フレーム生成部 14 は、フレーミング後の信号を送信フィルタ 15 へ出力する。

[0061] 送信フィルタ 15 は、フレーミング後の信号に対して、帯域制限を行う（ステップ S 105）。送信フィルタ 15 は、帯域制限された信号を送信アンテナ 16 へ出力する。

[0062] 送信アンテナ 16 は、送信フィルタ 15 が出力する信号を送信する（ステップ S 106）。

[0063] 続いて受信装置 2 の動作について説明する。図 8 は、図 4 に示す受信装置 2 の動作について説明するためのフローチャートである。受信装置 2 の受信アンテナ 21 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 201）。受信アンテナ 21 は、受信信号を受信フィルタ 22 へ出力する。

[0064] 受信フィルタ 22 は、受信アンテナ 21 が出力する受信信号に対してフィルタ処理を行う（ステップ S 202）。受信フィルタ 22 は、フィルタ処理後の信号を初期同期部 23、フレーム同期部 24 および周波数オフセット補正部 26 へ出力する。

[0065] 初期同期部 23 は、受信フィルタ 22 が出力する信号に基づいて、初期同期を行う（ステップ S 203）。ステップ S 203 の詳細については、後述する。初期同期部 23 は、初期同期により生成される拡散符号タイミングの粗推定結果と、周波数オフセット量の粗推定結果とをフレーム同期部 24 へ出力する。

[0066] フレーム同期部 24 は、受信フィルタ 22 が出力する信号に対して、初期

同期部 2 3 が出力する拡散符号タイミングの粗推定結果に基づいて、フレームのタイミングを同期するフレーム同期を行う（ステップ S 2 0 4）。フレーム同期部 2 4 は、フレームタイミングの推定結果と、拡散符号タイミングの粗推定結果と、周波数オフセット量の粗推定結果とを精同期部 2 5 へ出力する。

[0067] 精同期部 2 5 は、フレーム同期部 2 4 が出力するフレームタイミングに基づいて、拡散符号タイミングの粗推定結果と周波数オフセット量の粗推定結果とに含まれる誤差を補正し、拡散符号タイミングおよび周波数オフセット量を初期同期部 2 3 よりも高精度に推定する精同期を行う（ステップ S 2 0 5）。精同期部 2 5 は、拡散符号タイミングの推定結果を逆拡散部 2 7 へ出力し、周波数オフセット量の推定結果を周波数オフセット補正部 2 6 へ出力する。

[0068] 周波数オフセット補正部 2 6 は、精同期部 2 5 が出力する周波数オフセット量の推定結果に基づいて、受信フィルタ 2 2 が出力する信号に対して周波数オフセットを補正する（ステップ S 2 0 6）。周波数オフセット補正部 2 6 は、補正後の信号を逆拡散部 2 7 へ出力する。

[0069] 逆拡散部 2 7 は、精同期部 2 5 が出力する拡散符号タイミングの推定結果に基づいて、周波数オフセット補正部 2 6 が出力する周波数オフセットを補正後の信号に対して、逆拡散を行う（ステップ S 2 0 7）。逆拡散部 2 7 は、逆拡散後の信号を復調部 2 8 へ出力する。

[0070] 復調部 2 8 は、逆拡散部 2 7 が出力する逆拡散後の信号に対して復調を行う（ステップ S 2 0 8）。

[0071] 図 9 は、図 8 に示す初期同期の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。初期同期部 2 3 の第 1 の相関値計算部 2 3 2 は、第 1 の相関値を計算する（ステップ S 3 0 1）。第 1 の相関値計算部 2 3 2 は、計算した第 1 の相関値を電力値計算部 2 3 3 へ出力する。

[0072] 電力値計算部 2 3 3 は、第 1 の相関値を 2 乗することによって、電力値を計算する（ステップ S 3 0 2）。電力値計算部 2 3 3 は、計算した電力値を

平均化部 234 へ出力する。平均化部 234 は、電力値計算部 233 が出力する電力値を、前シンボルの同じサンプルタイミングの電力値と平均化する（ステップ S303）。平均化部 234 は、平均化後の電力値を相関電力メモリ 235 に記憶させる。

[0073] 相関電力メモリ 235 は、平均化部 234 からの平均化後の電力値を記憶する（ステップ S304）。閾値判定部 236 は、相関電力メモリ 235 に記憶された電力値に基づいて、第 1 の相関値がピークとなる第 1 のタイミング n_1 の閾値判定を行う（ステップ S305）。具体的には、閾値判定部 236 は、相関電力メモリ 235 に記憶された拡散符号 1 周期分の複数の電力値の中から最大となる電力値を抽出し、抽出した最大電力値と閾値とを比較する。最大電力値が閾値を超えている場合、閾値判定部 236 は、最大電力値に対応したサンプルタイミングを、第 1 のタイミング n_1 として、粗推定部 240 およびサーチ範囲計算部 237 へ出力する。

[0074] サーチ範囲計算部 237 は、閾値判定部 236 が出力する第 1 のタイミング n_1 に基づいて、サーチ範囲を計算する（ステップ S306）。サーチ範囲計算部 237 は、計算したサーチ範囲を、第 2 のタイミング検出部 238 へ出力する。

[0075] 第 2 のタイミング検出部 238 の第 2 の相関値計算部 239 は、サーチ範囲計算部 237 が出力するサーチ範囲に時間範囲を限定して、第 2 の相関値を計算する（ステップ S307）。具体的には、第 2 の相関値計算部 239 は、閾値判定部 236 が閾値を超えたと判定した最大電力値に対応するシンボルから第 2 の相関値を計算する。第 2 の相関値計算部 239 は、計算した第 2 の相関値を電力値計算部 233 a へ出力する。

[0076] 電力値計算部 233 a は、第 2 の相関値計算部 239 が出力する第 2 の相関値を 2 乗することによって電力値を計算する（ステップ S308）。電力値計算部 233 a は、計算した電力値を平均化部 234 a へ出力する。

[0077] 平均化部 234 a は、電力値計算部 233 a が出力する電力値を、前シンボルの同じサンプルタイミングの電力値と平均化する（ステップ S309）

。平均化部 234 a は、平均化後の電力値を相関電力メモリ 235 a に記憶させる。

[0078] 相関電力メモリ 235 a は、平均化部 234 a からの平均化後の電力値を記憶する（ステップ S 310）。閾値判定部 236 a は、相関電力メモリ 235 a に記憶された電力値に基づいて、第 2 の相関値がピークとなる第 2 のタイミング n 2 の閾値判定を行う（ステップ S 311）。具体的には、閾値判定部 236 a は、相関電力メモリ 235 a に記憶された拡散符号 1 周期分の電力値の中から最大となる電力値を抽出し、抽出した最大電力値と閾値とを比較する。最大電力値が閾値を超えている場合、閾値判定部 236 a は、最大電力値に対応したサンプルタイミングを、第 2 のタイミング n 2 として、粗推定部 240 へ出力する。

[0079] 粗推定部 240 のタイミング粗推定部 241 は、第 1 のタイミング n 1 および第 2 のタイミング n 2 に基づいて、拡散符号タイミングの粗推定を行う（ステップ S 312）。タイミング粗推定部 241 は、拡散符号タイミングの粗推定結果をフレーム同期部 24 へ出力する。粗推定部 240 の周波数オフセット粗推定部 242 は、第 1 のタイミング n 1 および第 2 のタイミング n 2 に基づいて、周波数オフセット量の粗推定を行う（ステップ S 313）。周波数オフセット粗推定部 242 は、周波数オフセット量の粗推定結果をフレーム同期部 24 へ出力する。

[0080] 続いて、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 21 は、アンテナ装置で実現される。受信フィルタ 22 は、フィルタ回路で実現される。初期同期部 23、フレーム同期部 24、精同期部 25、周波数オフセット補正部 26、逆拡散部 27、および復調部 28 は、処理回路により実現される。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。

[0081] 図 10 は、図 4 に示す受信装置 2 が備える処理回路をプロセッサ 91 およびメモリ 92 で実現する場合の処理回路 90 の構成例を示す図である。図 1

図10に示す処理回路90は、制御回路であり、プロセッサ91およびメモリ92を有する。処理回路90がプロセッサ91およびメモリ92で構成される場合、処理回路90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92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が読みだ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。

[0082] 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。

[0083] 図11は、図4に示す受信装置2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93の例を示す図である。図11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。

[0084] なお、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も同様である。送信装置 1 において、送信アンテナ 1 6 はアンテナ装置で実現される。送信フィルタ 1 5 はフィルタ回路で実現される。変調部 1 1、スペクトル拡散部 1 2、プリアンブル生成部 1 3 およびフレーム生成部 1 4 は、処理回路により実現される。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。

[0085] なお、図 2 および図 4, 5 に示す複数の機能ブロックのそれぞれは、必ずしも 1 つの処理回路で実現する必要はない。複数の機能ブロックの機能が 1 つの処理回路で実現されてもよいし、1 つの機能ブロックの機能が複数の処理回路で実現されてもよい。

[0086] 以上説明したように、実施の形態 1 にかかる通信システム 3 は、送信装置 1 のプリアンブル生成部 1 3 において、初めに送信される第 1 のプリアンブルに対して第 1 のチャープ信号でスペクトル拡散し、第 1 のプリアンブルの次に送信される第 2 のプリアンブルに対して、第 1 のチャープ信号と異なるチャープ信号である第 2 のチャープ信号でスペクトル拡散する。受信装置 2 は、初期同期部 2 3 の第 1 のタイミング検出部 2 3 1 において、まず、第 1 のチャープ信号と受信信号との相互相関関数の値である第 1 の相関値を計算し、第 1 の相関値がピークとなる第 1 のタイミング n_1 を検出する。初期同期部 2 3 のサーチ範囲計算部 2 3 7 は、検出された第 1 のタイミング n_1 に基づいて、第 2 のチャープ信号と受信信号との相互相関関数の値である第 2 の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算する。第 2 のタイミング検出部 2 3 8 は、サーチ範囲に限定して、第 2 の相関値を計算し、第 2 の相関値がピークとなる第 2 のタイミング n_2 を検出する。初期同期部 2 3 の粗推定部 2 4 0 は、第 1 のタイミング n_1 および第 2 のタイミング n_2 に基づい

て、拡散符号タイミングの粗推定結果を求める。

[0087] これにより、第2のタイミング検出部238において計算する範囲がサーチ範囲に限定されるため、2種類のチャープ信号を用いることによって周波数オフセット耐性を向上させつつ、初期同期部23の演算量を削減することができる。したがって、初期同期部23を実現するための回路の規模を低減することが可能になる。

[0088] また、初期同期部23は、第1のタイミング n_1 および第2のタイミング n_2 に基づいて、送信装置1との間の周波数オフセット量の粗推定結果を求める周波数オフセット粗推定部242をさらに有する。これにより、初期同期部23の演算量を削減しつつ、周波数オフセット量の粗推定結果を得ることが可能になる。

[0089] 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。

[0090] 例えば、上記の実施の形態1では、第1のチャープ信号を数式(1)の $M=1$ として生成するアップチャープ信号とし、第2のチャープ信号を数式(1)の $M=-1$ として生成するダウンチャープ信号としたが、本実施の形態はかかる例に限定されない。第1のチャープ信号と第2のチャープ信号とが異なるチャープ信号であればよい。ここで、異なるチャープ信号とは、周波数の経時的な変化の傾き、最小周波数 $f_{\min}$ 、最大周波数 $f_{\max}$ の少なくとも1つが異なるチャープ信号であればよい。したがって、第1のプリアンプルがアップチャープ信号であって、第2のプリアンプルがダウンチャープ信号であってもよいし、第1のプリアンプルがダウンチャープ信号であって、第2のプリアンプルがアップチャープ信号であってもよい。さらに、第1のプリアンプルおよび第2のプリアンプルが共にアップチャープ信号であってもよいし、第1のプリアンプルおよび第2のプリアンプルが共にダウンチャープ信号であってもよい。例えば、 $M=3, 5$ としたZadoff-Chu系列、アップチャープ信号とダウンチャープ信号とで中心周波数を合わせたZ

a d o f f - C h u 系列などを用いることができる。ただし、 $M=1$ のアップチャープ信号と、 $M=-1$ のダウンチャープ信号とを併せて用いることで、周波数オフセットが発生する場合にも精度の良い同期が可能になるという利点がある。また、 $M=1$ でない Z a d o f f - C h u 系列を利用することで、多元接続時にも精度の低下を抑えて同期を行うことができるという利点がある。

[0091] また、上記の実施の形態 1 では、初期同期部 2 3 のサーチ範囲計算部 2 3 7 は、使用される環境で想定される最大のオフセット量の絶対値と第 1 のタイミング $n 1$ とに基づいてサーチ範囲を決定したが、サーチ範囲の決定方法はかかる例に限定されない。例えば、マルチパス環境では、サーチ範囲計算部 2 3 7 は、遅延波の遅延量を考慮してサーチ範囲を決定してもよい。これにより、マルチパス環境における初期同期の精度を改善することができる。

符号の説明

[0092] 1 送信装置、2 受信装置、3 通信システム、1 1, 1 3 1 変調部、1 2, 1 3 2 スペクトル拡散部、1 3 プリアンブル生成部、1 4 フレーム生成部、1 5 送信フィルタ、1 6 送信アンテナ、2 1 受信アンテナ、2 2 受信フィルタ、2 3 初期同期部、2 4 フレーム同期部、2 5 精同期部、2 6 周波数オフセット補正部、2 7 逆拡散部、2 8 復調部、9 0, 9 3 処理回路、9 1 プロセッサ、9 2 メモリ、2 3 1 第 1 のタイミング検出部、2 3 2 第 1 の相関値計算部、2 3 3, 2 3 3 a 電力値計算部、2 3 4, 2 3 4 a 平均化部、2 3 5, 2 3 5 a 相関電力メモリ、2 3 6, 2 3 6 a 閾値判定部、2 3 7 サーチ範囲計算部、2 3 8 第 2 のタイミング検出部、2 3 9 第 2 の相関値計算部、2 4 0 粗推定部、2 4 1 タイミング粗推定部、2 4 2 周波数オフセット粗推定部。

請求の範囲

- [請求項1] 第1のチャープ信号でスペクトル拡散された第1のプリアンブルと、前記第1のプリアンブルよりも後に送信され、前記第1のチャープ信号と異なる第2のチャープ信号でスペクトル拡散された第2のプリアンブルとを含む受信信号と前記第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算する第1の相関値計算部を有し、前記第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出する第1のタイミング検出部と、
- 前記第1のタイミングに基づいて、前記第2のチャープ信号と前記受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算するサーチ範囲計算部と、
- 前記サーチ範囲に限定して、前記第2の相関値を計算する第2の相関値計算部を有し、前記第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出する第2のタイミング検出部と、
- 前記第1のタイミングと前記第2のタイミングとに基づいて、前記受信信号を送信した送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるタイミング粗推定部と、
- を有する初期同期部を備えることを特徴とする受信装置。
- [請求項2] 前記第1のチャープ信号は、時間に対して周波数が線形的に増加するアップチャープ信号であり、
- 前記第2のチャープ信号は、時間に対して周波数が線形的に減少するダウンチャープ信号であり、
- 前記第1の相関値計算部は、前記受信信号と前記アップチャープ信号との相互相関関数の値である前記第1の相関値を計算し、
- 前記第2の相関値計算部は、前記受信信号と前記ダウンチャープ信号との相互相関関数の値である前記第2の相関値を計算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] 前記第1のチャープ信号は、時間に対して周波数が線形的に減少す

るダウンチャープ信号であり、

前記第2のチャープ信号は、時間に対して周波数が線形的に増加するアップチャープ信号であり、

前記第1の相関値計算部は、前記受信信号と前記ダウンチャープ信号との相互相関関数の値である前記第1の相関値を計算し、

前記第2の相関値計算部は、前記受信信号と前記アップチャープ信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算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4] 前記第2のプリアンプは、前記第1のプリアンプよりも短いことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の受信装置。

[請求項5] 前記第2のチャープ信号は、前記第1のチャープ信号と時間に対して周波数が変化する傾きが異なることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の受信装置。

[請求項6] 前記サーチ範囲計算部は、使用される環境で想定される最大の周波数オフセット量に基づいて、前記サーチ範囲を決定することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の受信装置。

[請求項7] 前記サーチ範囲計算部は、使用される環境で想定される最大の周波数オフセット量と遅延波の遅延量とに基づいて、前記サーチ範囲を決定することを特徴とする請求項6に記載の受信装置。

[請求項8] 前記初期同期部は、

前記第1のタイミングおよび前記第2の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の粗推定結果を求める周波数オフセット粗推定部、

をさらに有することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の受信装置。

[請求項9] 請求項1から8のいずれか1項に記載の受信装置と、
前記受信信号を前記受信装置に送信する送信装置と、
を備えることを特徴とする通信システム。

[請求項10]

受信装置を制御する制御回路であって、

第1のチャープ信号でスペクトル拡散された第1のプリアンプルと、前記第1のプリアンプルよりも後に送信され、前記第1のチャープ信号と異なる第2のチャープ信号でスペクトル拡散された第2のプリアンプルとを含む受信信号と前記第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算するステップと、

前記第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出するステップと、

前記第1のタイミングに基づいて、前記第2のチャープ信号と前記受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算するステップと、

前記サーチ範囲に限定して、前記第2の相関値を計算するステップと、

前記第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出するステップと、

前記第1のタイミングと前記第2のタイミングとに基づいて、前記受信信号を送信した送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるステップと、

を前記受信装置に実行させることを特徴とする制御回路。

[請求項11]

受信装置を制御するためのプログラムを記憶した記憶媒体において、該プログラムは、

第1のチャープ信号でスペクトル拡散された第1のプリアンプルと、前記第1のプリアンプルよりも後に送信され、前記第1のチャープ信号と異なる第2のチャープ信号でスペクトル拡散された第2のプリアンプルとを含む受信信号と前記第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算するステップと、

前記第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出するステップと、

前記第1のタイミングに基づいて、前記第2のチャープ信号と前記受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算するステップと、

前記サーチ範囲に限定して、前記第2の相関値を計算するステップと、

前記第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出するステップと、

前記第1のタイミングと前記第2のタイミングとに基づいて、前記受信信号を送信した送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるステップと、

を前記受信装置に実行させることを特徴とする記憶媒体。

[請求項12]

送信装置が、時間に対して周波数が線形的に変化する第1のチャープ信号で第1のプリアンプルをスペクトル拡散し、前記第1のチャープ信号と異なる第2のチャープ信号で前記第1のプリアンプルよりも後に送信されるプリアンプルであって前記第1のプリアンプルよりも短い第2のプリアンプルをスペクトル拡散するステップと、

前記送信装置が、前記第1のプリアンプルおよび前記第2のプリアンプルを含む信号を送信するステップと、

前記送信装置が送信した信号を受信した受信装置が、受信信号と前記第1のチャープ信号との相互相関関数の値である第1の相関値を計算するステップと、

前記受信装置が、前記第1の相関値がピークとなる第1のタイミングを検出するステップと、

前記受信装置が、前記第1のタイミングに基づいて、前記第2のチャープ信号と前記受信信号との相互相関関数の値である第2の相関値を計算する範囲であるサーチ範囲を計算するステップと、

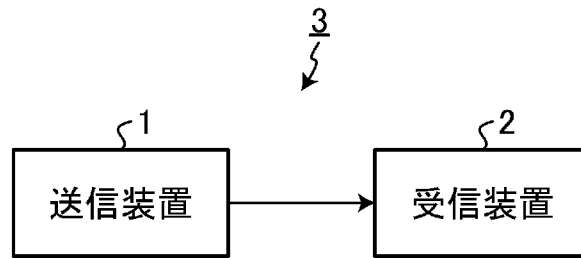
前記受信装置が、前記サーチ範囲に限定して、前記第2の相関値を計算するステップと、

前記受信装置が、前記第2の相関値がピークとなる第2のタイミングを検出するステップと、

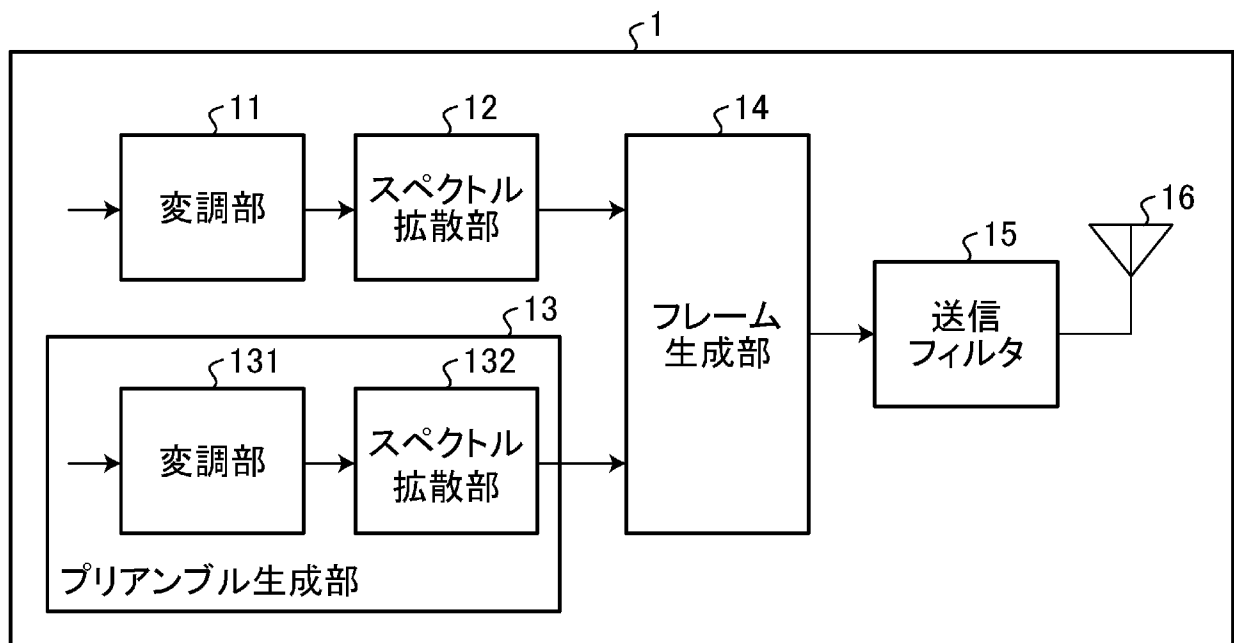
前記受信装置が、前記第1のタイミングと前記第2のタイミングとに基づいて、前記送信装置において拡散符号が乗算された拡散符号タイミングの粗推定結果を求めるステップと、

を含むことを特徴とする通信方法。

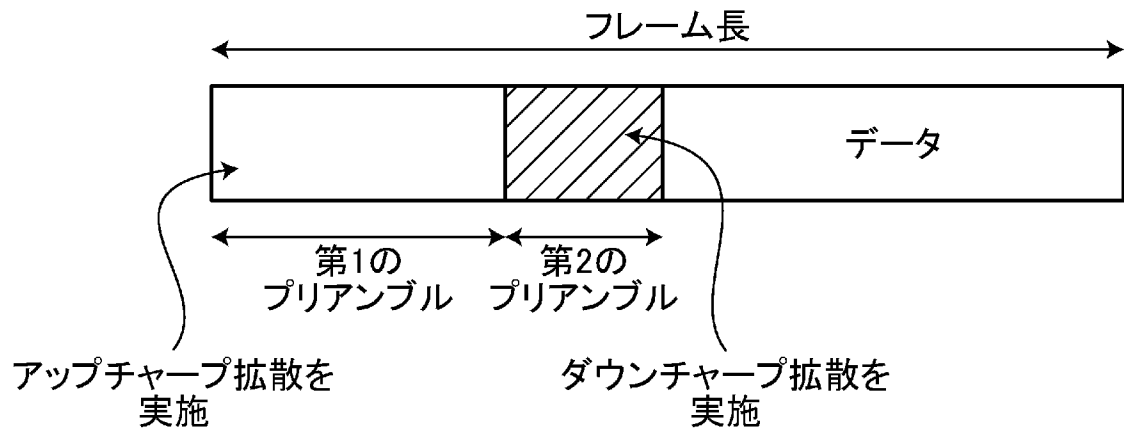
[図1]



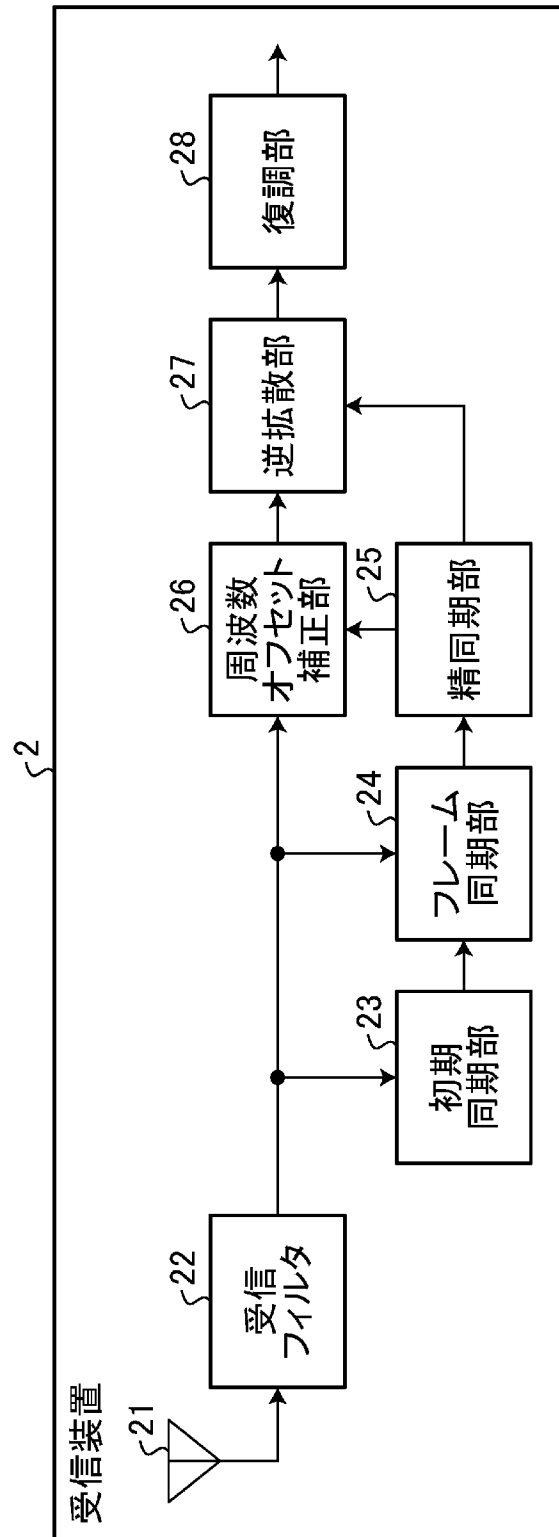
[図2]



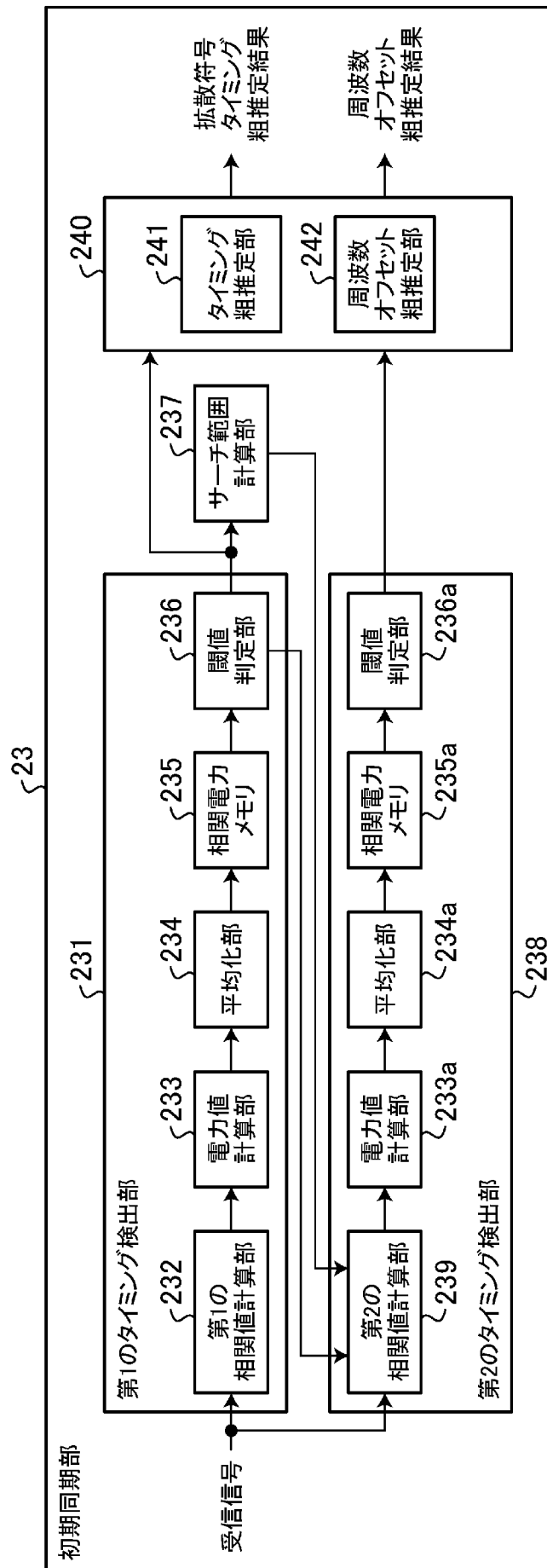
[図3]



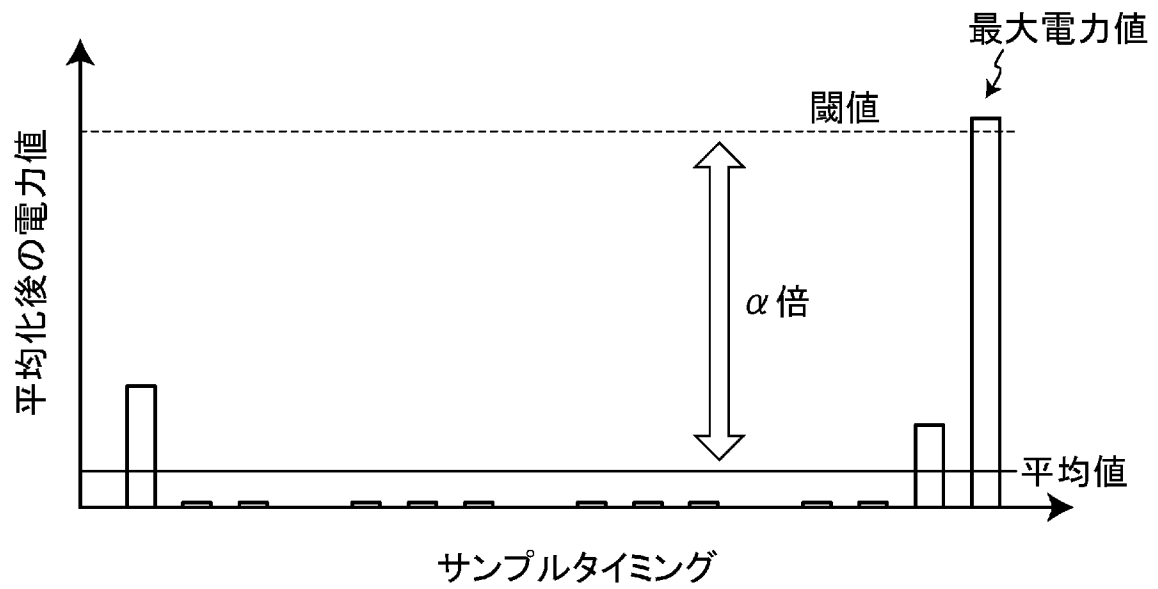
[図4]



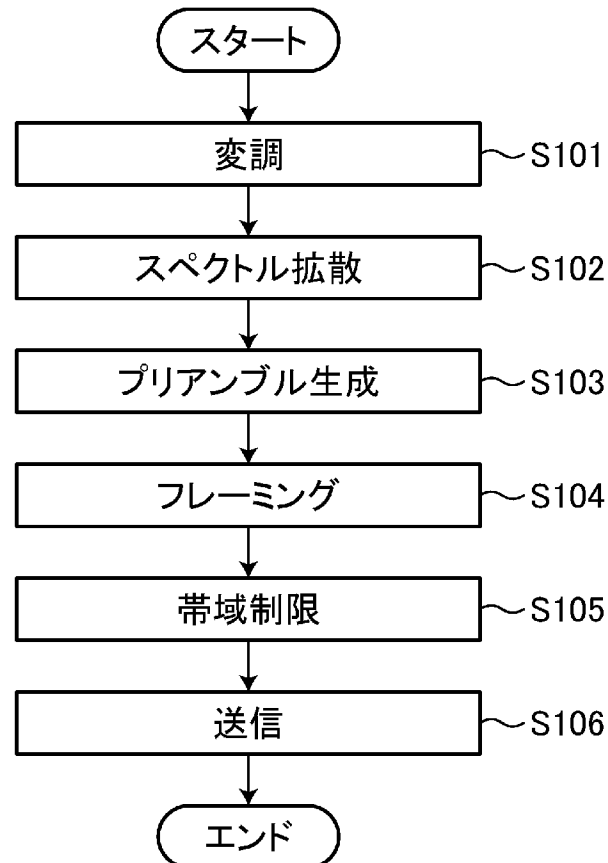
[図5]



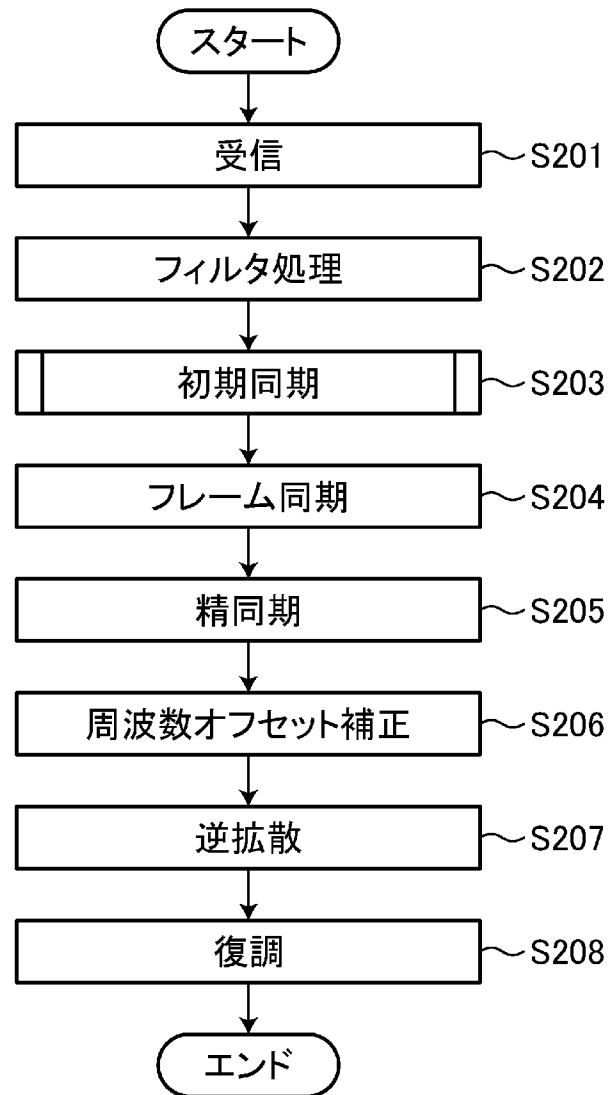
[図6]



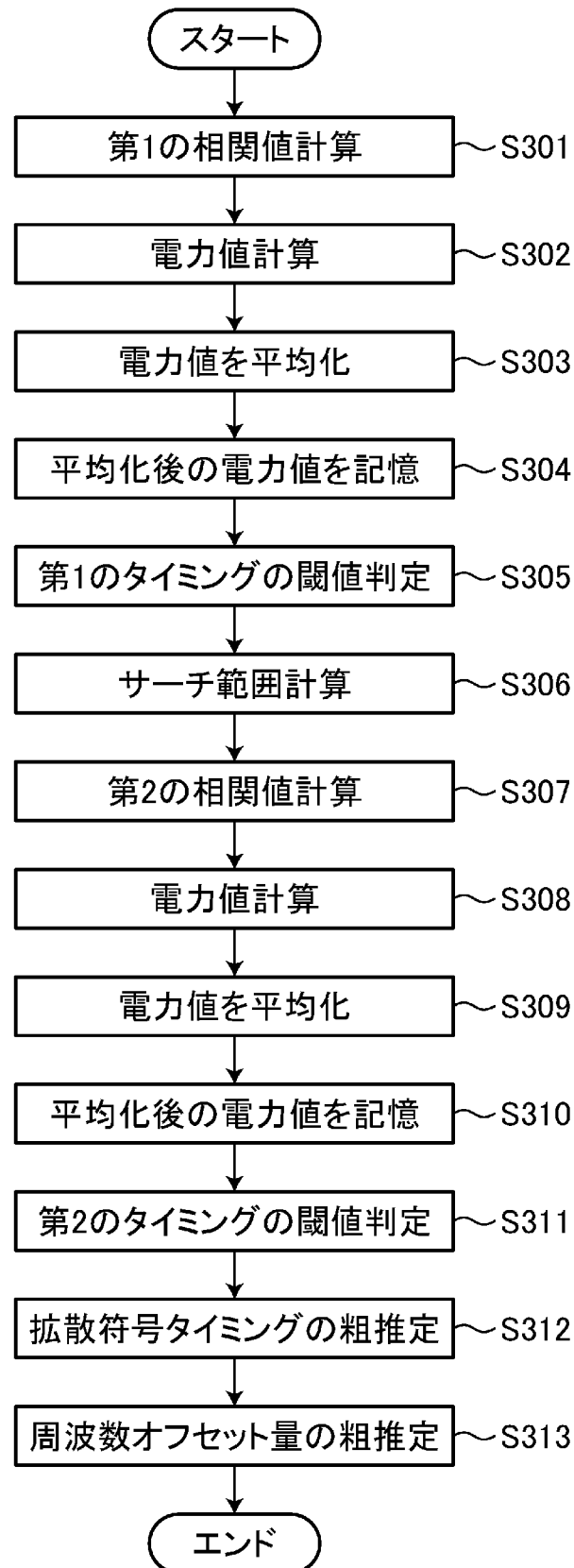
[図7]



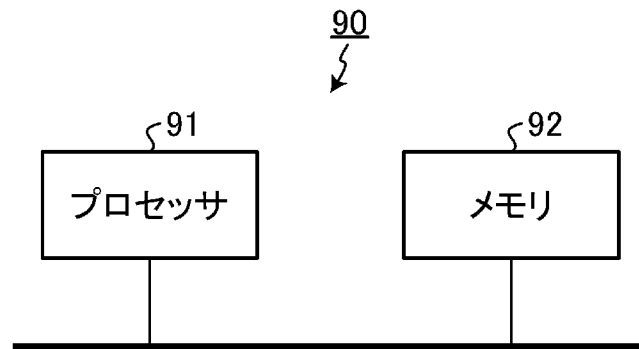
[図8]



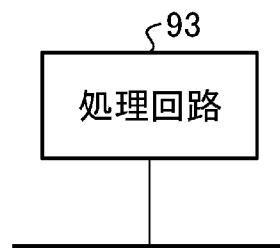
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/009768

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04B 1/7073 (2011.01)i; H04W 72/04 (2009.01)i FI: H04B1/7073; H04W72/04 134 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) H04B1/7073; H04W72/04 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) Cinii		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2021/140627 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 15 July 2021 (2021-07-15) paragraphs [0012]-[0042]	1-5, 8-12 6-7
Y A	福間 恵 他 3 名, 複数のチャープ信号を用いて周波数偏差耐性を向上する初期捕捉方式, 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 119, no. 377, 16 January 2020, vol. 119, no. 377, pp. 63-68, ISSN: 0913-5685 sections 2, 3	1-5, 8-12 6-7
Y A	福間 恵 他 3 名, 複数の Z a d o f f - C h u 系列と送信ダイバーシチを組み合わせた D S - S S 初期同期のフレーム検出に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 121, no. 7 [online], 15 April 2021, vol. 121, no. 7, pp. 36-41, ISSN:2432-6380 sections 2, 3	1-5, 8-12 6-7
☒ 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 21 April 2022		Date of mailing of the international search report 17 May 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

International application No.

PCT/JP2022/009768

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2013/0051433 A1 (CAMBRIDGE SILICON RADIO LTD.) 28 February 2013 (2013-02-28)	1-5, 8-12
A	paragraphs [0003]-[0008], [0046]-[0076]	6-7
Y	福間 恵 他 3 名, 2 つのチャープ信号を用いたDS-SS初期補足のマルチパス環境における特性評価, 電子情報通信学会 2 0 2 0 年通信ソサイエティ大会講演論文集 1, 01 September 2020, p. 258, ISSN: 1349-1415	1-5, 8-12
A	sections 2, 3	6-7
Y	JP 2011-130142 A (FUJITSU LTD.) 30 June 2011 (2011-06-30)	1-5, 8-12
A	claim1, paragraphs [0011]-[0028]	6-7
Y	JP 2018-524890 A (QUALCOMM INC.) 30 August 2018 (2018-08-30)	1-5, 8-12
A	paragraphs [0004], [0097]-[0121]	6-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/009768

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/140627	A1	15 July 2021	(Family: none)	
US	2013/0051433	A1	28 February 2013	GB 2494129	A
				pp. 1-3, 8-19	
				DE 102012016502	A1
JP	2011-130142	A	30 June 2011	(Family: none)	
JP	2018-524890	A	30 August 2018	US 2016/0374035	A1
				paragraphs [0004], [0108]-	
				[0133]	
				WO 2016/205689	A1
				CA 2984322	A1
				CN 107750472	A
				KR 10-2018-0019581	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 1/7073(2011.01)i; H04W 72/04(2009.01)i FI: H04B1/7073; H04W72/04 134		
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）） H04B1/7073; H04W72/04 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） Cinii		
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
Y A	WO 2021/140627 A1（三菱電機株式会社）15.07.2021（2021-07-15） 段落[0012]-[0042]	1-5, 8-12 6-7
Y A	福岡 恵 他3名、複数のチャープ信号を用いて周波数偏差耐性を向上する初期捕捉方式、電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 119 No. 377, 2020.01.16, 第119巻 第377号, pp.63-68, ISSN: 0913-5685 第2-3章	1-5, 8-12 6-7
Y A	福岡 恵 他3名、複数のZadoff-Chu系列と送信ダイバーシチを組み合わせたDS-SS初期同期のフレーム検出に関する検討、電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 121 No. 7 [online], 2021.04.15, 第121巻 第7号, pp.36-41, ISSN:2432-6380 第2-3章	1-5, 8-12 6-7
☒ 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 21.04.2022		国際調査報告の発送日 17.05.2022
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） 玉田 恭子 5K 1593 電話番号 03-3581-1101 内線 3556

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
Y A	US 2013/0051433 A1 (CAMBRIDGE SILICON RADIO LIMITED) 28.02.2013 (2013 - 02 - 28) 段落[0003]-[0008], [0046]-[0076]	1-5, 8-12 6-7
Y A	福間 恵 他 3 名, 2つのチャープ信号を用いたDS-SS初期補足のマルチパス環境における特性評価, 電子情報通信学会 2020 年通信ソサイエティ大会講演論文集 1, 2020.09.01, p.258, ISSN: 1349-1415 第2-3章	1-5, 8-12 6-7
Y A	JP 2011-130142 A (富士通株式会社) 30.06.2011 (2011 - 06 - 30) 請求項 1、段落[0011]-[0028]	1-5, 8-12 6-7
Y A	JP 2018-524890 A (クゥアルコム・インコーポレイテッド) 30.08.2018 (2018 - 08 - 30) 段落[0004], [0097]-[0121]	1-5, 8-12 6-7

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/JP2022/009768

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2021/140627	A1	15.07.2021	(ファミリーなし)	
US	2013/0051433	A1	28.02.2013	GB 2494129 A	
				pp.1-3, 8-19	
				DE 102012016502 A1	
JP	2011-130142	A	30.06.2011	(ファミリーなし)	
JP	2018-524890	A	30.08.2018	US 2016/0374035 A1	
				段落[0004], [0108]-[0133]	
				WO 2016/205689 A1	
				CA 2984322 A1	
				CN 107750472 A	
				KR 10-2018-0019581 A	