

(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
2020年2月13日(13.02.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/031336 A1

(51) 国際特許分類:

H04B 1/7073 (2011.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2018/029953

(22) 国際出願日:

2018年8月9日(09.08.2018)

(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). 東中 雅嗣

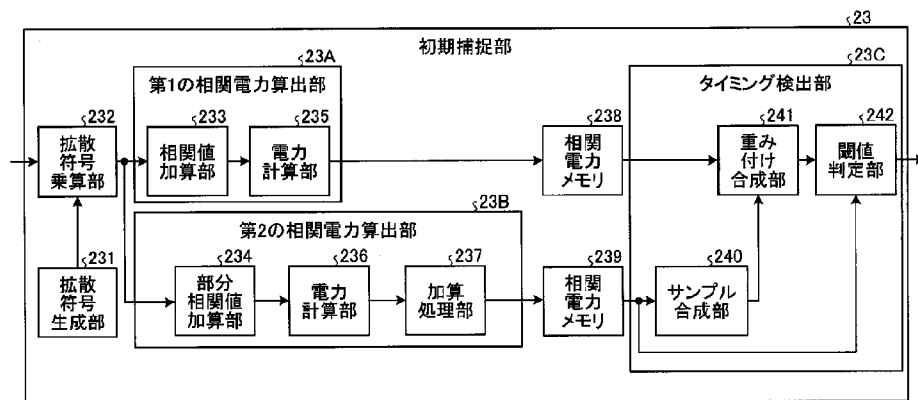
(HIGASHINAKA, Masatsugu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(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 特許業務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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: RECEPTION DEVICE, TIMING DETECTION DEVICE, AND TIMING DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 受信装置、タイミング検出装置およびタイミング検出方法



23 Initial acquisition unit
23A First correlation power calculation unit
23B Second correlation power calculation unit
23C Timing detection unit
231 Spreading code generation unit
232 Spreading code multiplication unit
233 Correlation value addition unit
234 Partial correlation value addition unit
235, 236 Power calculation unit
237 Addition processing unit
238, 239 Correlation power memory
240 Sample combining unit
241 Weighted combining unit
242 Threshold value determination unit

(57) Abstract: The reception device is provided with: a spreading code multiplication unit (232) which generates a correlation value sequence by multiplying a receive signal to which direct sequence spread spectrum is applied by a complex conjugate of a spreading code used for direct sequence spread spectrum; a first correlation power calculation unit (23A) which adds correlation values in the correlation value sequence generated with each multiplication by the spreading code multiplication unit (232) to generate a correlation addition value and calculates a first correlation power value which is a

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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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)）

power value representing the correlation addition value; a second correlation power calculation unit (23B) which divides the correlation value sequence into multiple blocks, adds correlation values in each block to generate a partial correlation value and determine a power value representing the partial correlation value per block, and adds the power values obtained for each block to calculate a second correlation power value; and a timing detection unit (23C) for detecting, on the basis of the first correlation power value and the second correlation power value, a timing at which the transmission device originating the receive signal multiplied a transmit signal by the spreading code in direct sequence spread spectrum.

(57) 要約：受信装置は、直接スペクトル拡散が実施された受信信号に対し、直接スペクトル拡散に用いられた拡散符号の複素共役を乗算して相関値系列を生成する拡散符号乗算部（232）と、拡散符号乗算部（232）が乗算を行うごとに生成される相関値系列の各相関値を加算して相関加算値を生成し、相関加算値の電力値である第1の相関電力値を算出する第1の相関電力算出部（23A）と、相関値系列を複数のブロックに分割し、ブロックごとに、ブロック内の各相関値を加算して部分相関値を生成するとともに部分相関値の電力値を求め、ブロックごとに求めた電力値同士を加算して第2の相関電力値を算出する第2の相関電力算出部（23B）と、第1の相関電力値と第2の相関電力値とに基づいて、受信信号の送信元の送信装置が直接スペクトル拡散において送信信号に拡散符号を乗算したタイミング、を検出するタイミング検出部（23C）と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

受信装置、タイミング検出装置およびタイミング検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、直接スペクトル拡散が実施された信号を受信する受信装置、タイミング検出装置およびタイミング検出方法に関する。

背景技術

[0002] 直接スペクトル拡散通信において、送信機は、変調信号に拡散符号を乗じることによって信号を広帯域に拡散し、拡散された信号を受信機に送信する。受信機は、送信機で用いた拡散符号と同一の拡散符号を受信信号に乗じることによって逆拡散し、逆拡散後の受信信号を復調する。受信機が正しく逆拡散を行うためには、拡散符号タイミング、すなわち、送信機が変調信号に拡散符号を乗じたタイミングを推定する初期捕捉を行い、推定したタイミングで拡散符号を受信信号に乗じる必要がある。

[0003] 従来の初期捕捉方式の一例である非特許文献 1 に記載の方式では、受信信号に拡散符号を乗じる整合フィルタ (Matched Filter) を複数のセグメントに分割し、各セグメントから出力される信号同士の位相差を検出する。さらに、検出した位相差を過去に受信したシンボルにおいて検出した位相差と平均化し、平均化後の位相差に基づいて、拡散符号タイミングである拡散系列タイミングを推定する。これにより、周波数オフセットが存在する環境においても精度良く短時間で初期捕捉を完了することができる。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：東中 雅嗣、他，“拡散系列タイミングと周波数オフセットを同時に推定する直接スペクトル拡散通信用初期捕捉方式”，電子情報通信学会論文誌 B Vol. J 98-B No.12 pp.1277-1288, 2015.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献 1 に記載の初期捕捉方式では、整合フィルタの分割数を増やすことにより周波数オフセットに対する耐性は高まるが、拡散系列タイミング以外のサンプルタイミングに、相関値のサイドローブが出現してしまう。更に、分割数の増加だけでなく、オーバーサンプルによってもサイドローブが出現してしまう。そのため、サイドローブが存在するタイミングを拡散系列タイミングと誤判定する可能性が高まり、判定精度が劣化するという問題があった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、拡散符号タイミングの推定精度を向上させ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

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる受信装置は、直接スペクトル拡散が実施された受信信号に対し、直接スペクトル拡散に用いられた拡散符号の複素共役を乗算して相関値系列を生成する拡散符号乗算部と、拡散符号乗算部が乗算を行うごとに生成される相関値系列の各相関値を加算して相関加算値を生成し、相関加算値の電力値である第 1 の相関電力値を算出する第 1 の相関電力算出部を備える。また、受信装置は、相関値系列を複数のブロックに分割し、ブロックごとに、ブロック内の各相関値を加算して部分相関値を生成するとともに部分相関値の電力値を求め、ブロックごとに求めた電力値同士を加算して第 2 の相関電力値を算出する第 2 の相関電力算出部と、第 1 の相関電力値と第 2 の相関電力値とに基づいて、受信信号の送信元の送信装置が直接スペクトル拡散において送信信号に拡散符号を乗算したタイミング、を検出するタイミング検出部と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明にかかる受信装置は、拡散符号タイミングの推定精度を向上させることができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態 1 にかかる送信機の構成例を示す図

[図2]実施の形態 1 にかかる送信機の動作の一例を示すフローチャート

[図3]実施の形態 1 にかかる送信機が送信する信号のフレーム構成を示す図

[図4]実施の形態 1 にかかる受信機の構成例を示す図

[図5]実施の形態 1 にかかる受信機の動作の一例を示すフローチャート

[図6]実施の形態 1 にかかる初期捕捉部の構成例を示す図

[図7]実施の形態 1 にかかる初期捕捉部の動作の一例を示すフローチャート

[図8]実施の形態 1 にかかる拡散符号乗算部の構成例を示す図

[図9]サンプル合成部に受け渡される 1 周期分の第 2 の相関電力値の一例を示す図

[図10]サンプル合成部が出力する 1 周期分のサンプル合成電力値の一例を示す図

[図11]第 1 の相関電力算出部が出力する第 1 の相関電力値の一例を示す図

[図12]サンプル合成部が出力するサンプル合成電力値の一例を示す図

[図13]第 2 の相関電力算出部が算出する第 2 の相関電力値が周波数オフセット耐性に強い理由を説明するための図

[図14]実施の形態 1 にかかる受信機が備える初期捕捉部の変形例を示す図

[図15]実施の形態 1 にかかる受信機を実現する処理回路を示す図

[図16]実施の形態 1 にかかる受信機を実現する制御回路の構成例を示す図

[図17]実施の形態 2 にかかる送信機の構成例を示す図

[図18]実施の形態 2 にかかる送信機の動作の一例を示すフローチャート

[図19]実施の形態 2 にかかる送信機が備えるアップサンプル部の処理を説明するための図

[図20]実施の形態 2 にかかる送信機が備える CP (Cyclic Prefix) 付加部の動作を説明するための図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明の実施の形態にかかる受信装置、タイミング検出装置およびタイミング検出方法を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の

形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0011] 実施の形態 1.

まず、本発明の実施の形態にかかる受信装置に対して信号を送信する送信装置である送信機1の構成および動作について説明する。図1は、実施の形態1にかかる送信機1の構成例を示す図である。本実施の形態にかかる送信機1は、変調部11と、拡散符号生成部12と、拡散部13と、送信フィルタ14と、送信アンテナ15と、を備える。

[0012] 図1に示す送信機1の動作概要を説明する。図2は、実施の形態1にかかる送信機1の動作の一例を示すフローチャートである。また、図3は、実施の形態1にかかる送信機1が送信する信号のフレーム構成を示す図である。図3に示したように、送信機1が送信する信号はプリアンプルおよびデータで構成される。プリアンプルでは、受信側で既知のビットパターン（以下、既知系列と称する）が送信される。プリアンプルで送信される既知系列は、拡散符号タイミングを推定する処理である初期捕捉部と同期追従部で用いられる。送信機1の変調部11には、プリアンプルを送信するタイミングでは既知系列が入力され、データを送信するタイミングでは情報ビットが入力される。

[0013] 変調部11は、入力された既知系列と情報ビットとを変調して送信信号である変調信号を生成し、生成した変調信号を拡散部13へ出力する（ステップS11）。変調部11は、変調方式として、例えばPSK（Phase Shift Keying）およびFSK（Frequency Shift Keying）を用いることができる。変調部11は、PSKの1つであるQPSK（Quadrature Phase Shift Keying）を用いて情報ビットを変調する場合、情報ビットを2ビット単位で受け取り、2ビットの情報ビットが示す値に対応した複素信号を出力する。

[0014] 拡散符号生成部12は、変調部11から入力された変調信号を拡散部13が広帯域に拡散する処理で用いられる拡散符号を生成し、生成した拡散符号を拡散部13へ受け渡す（ステップS12）。本実施の形態では、拡散符号

として相関特性の良い符号を用いる。相関特性が良い符号とは、タイミングのずれがない場合に自己相関関数が最大値となり、ずれがある場合は自己相関関数が低くなる符号である。相関特性の良い符号の一例は、Zadoff-Chu系列である。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、式(1)で表される。

$$C(t) = \exp(j M_c \pi t^2 / N_c) \quad \dots (1)$$

[0015] ここで、 M_c は系列パラメータであり、 N_c と互いに素な関係にある。本実施の形態では、送信機1から送信された信号を受信する受信装置がZadoff-Chu系列を用いて初期捕捉を行う場合に、拡散符号タイミングを中心に一定の期間のサンプルタイミングにおいて相関値が大きくなる、 $M_c = 1$ を用いることとする。 $M_c \neq 1$ の場合、拡散符号タイミングから離れたタイミングで相関値が大きくなる。

[0016] 拡散部13は、変調部11から入力された変調信号と、拡散符号生成部12から入力された拡散符号とを乗算して直接スペクトル拡散を行う(ステップS13)。拡散部13は、直接スペクトル拡散後の変調信号である直接スペクトル拡散信号を送信フィルタ14へ受け渡す。

[0017] 送信フィルタ14は、拡散部13から入力された直接スペクトル拡散信号に対して帯域制限を行い、帯域制限後の信号を送信アンテナ15に受け渡す(ステップS14)。

[0018] 送信アンテナ15は、送信フィルタ14から受け渡された信号を送信する(ステップS15)。

[0019] なお、図1および図2では記載を省略しているが、送信フィルタ14から出力される信号は、デジタル信号からアナログ信号に変換され、アップコンバートされた後に送信アンテナ15から送信される。

[0020] 次に、本発明の実施の形態にかかる受信装置である受信機の構成および動作について説明する。図4は、実施の形態1にかかる受信機の構成例を示す図である。本実施の形態にかかる受信機2は、受信アンテナ21と、受信フィルタ22と、初期捕捉部23と、拡散符号生成部24と、逆拡散部25と

、同期追従部 26 と、復調部 27 と、を備える。

[0021] 図 4 に示す受信機 2 の動作概要を説明する。図 5 は、実施の形態 1 にかかる受信機 2 の動作の一例を示すフローチャートである。

[0022] 受信アンテナ 21 は、送信機 1 から送信された信号を受信し、受信信号を受信フィルタ 22 に受け渡す（ステップ S 21）。

[0023] 受信フィルタ 22 は、受信アンテナ 21 から受け渡された受信信号に対して帯域制限を行い、帯域制限実施後の受信信号を初期捕捉部 23 および逆拡散部 25 へ受け渡す（ステップ S 22）。

[0024] なお、図 4 および図 5 では記載を省略しているが、受信アンテナ 21 が受信した信号は、ダウンコンバートされ、アナログ信号からデジタル信号に変換された後、受信フィルタ 22 において帯域制限が行われる。

[0025] 初期捕捉部 23 は、受信フィルタ 22 から受け渡された信号に基づき、初期捕捉を行う（ステップ S 23）。具体的には、初期捕捉部 23 は、拡散符号タイミングとの誤差が $1/2$ チップ以内となる精度でタイミングを推定する、粗同期を行う。すなわち、初期捕捉部 23 は、「（拡散符号タイミング）－（ $1/2$ チップ）」以上、かつ「（拡散符号タイミング）＋（ $1/2$ チップ）」以下、となるタイミングを推定した場合、正検出となる。ここで、拡散符号タイミングとは、送信機 1 において拡散部 13 が変調信号に拡散符号を乗算したタイミングであり、チップとは、拡散符号の 1 要素の単位を意味する。拡散符号の 1 チップに対してオーバーサンプル 2 倍で処理を行う場合、初期捕捉部 23 は、拡散符号タイミングから ± 1 サンプルずれたタイミングを推定しても正検出となる。初期捕捉部 23 の動作の詳細は後述する。初期捕捉部 23 は、粗同期で検出した推定タイミングを拡散符号生成部 24 に通知する。初期捕捉部 23 は本発明にかかるタイミング検出装置を構成する。

[0026] 拡散符号生成部 24 は、逆拡散部 25 が後述する逆拡散を行うための拡散符号を生成する（ステップ S 24）。なお、拡散符号生成部 24 が生成する拡散符号は、送信機 1 の拡散符号生成部 12 が生成する拡散符号と同一であ

る。拡散符号生成部 24 は、生成した拡散符号を、初期捕捉部 23 から通知された推定タイミングに従って逆拡散部 25 へ出力する。

[0027] 逆拡散部 25 は、受信フィルタ 22 から入力された帯域制限後の受信信号に、拡散符号生成部 24 から入力された拡散符号の複素共役を乗算することで、受信信号を逆拡散する（ステップ S 25）。逆拡散部 25 は、ステップ S 25 で逆拡散を実施した後の信号を同期追従部 26 へ受け渡す。

[0028] 同期追従部 26 は、逆拡散部 25 から入力される信号に基づき、同期追従処理を行う（ステップ S 26）。同期追従部 26 は、初期捕捉部 23 で検出された推定タイミングと拡散符号タイミングとの誤差が $1/2$ チップ以内である場合、当業者に良く知られている、任意のシンボルタイミングの同期追従技術を適用することで、拡散符号タイミングの誤差を補正する。同期追従部 26 は、補正後のタイミングを拡散符号生成部 24 に通知する。

[0029] 拡散符号生成部 24 は、逆拡散部 25 が逆拡散を行うための拡散符号を生成する（ステップ S 27）。拡散符号生成部 24 は、生成した拡散符号を同期追従部 26 から通知された補正後のタイミングに従って逆拡散部 25 へ出力する。すなわち、拡散符号生成部 24 は、同期追従部 26 から補正後のタイミングが通知された場合、同期追従部 26 から通知された補正後のタイミングで拡散符号を出力する。また、拡散符号生成部 24 は、同期追従部 26 から補正後のタイミングが通知されずに初期捕捉部 23 から推定タイミングが通知された場合、初期捕捉部 23 から通知された推定タイミングで拡散符号を出力する。

[0030] 逆拡散部 25 は、ステップ S 27 において拡散符号生成部 24 から入力された拡散符号に基づき、受信フィルタ 22 から入力された帯域制限後の受信信号を逆拡散する（ステップ S 28）。すなわち、逆拡散部 25 は、受信フィルタ 22 から入力された帯域制限後の受信信号に、ステップ S 27 で拡散符号生成部 24 から入力された拡散符号の複素共役を乗算することで、受信信号を逆拡散する。逆拡散部 25 は、ステップ S 28 で逆拡散を実施した後の受信信号を復調部 27 へ受け渡す。

- [0031] 復調部 27 は、逆拡散部 25 から受け取った逆拡散後の受信信号を復調する（ステップ S29）。
- [0032] 続いて、受信機 2 の初期捕捉部 23 の構成および動作について詳しく説明する。タイミング検出装置に相当する初期捕捉部 23 は、本実施の形態において特徴的な動作を行う。図 6 は、実施の形態 1 にかかる初期捕捉部 23 の構成例を示す図である。初期捕捉部 23 は、拡散符号生成部 231 と、拡散符号乗算部 232 と、相関値加算部 233 と、部分相関値加算部 234 と、電力計算部 235 および 236 と、加算処理部 237 と、相関電力メモリ 238 および 239 と、サンプル合成部 240 と、重み付け合成部 241 と、閾値判定部 242 と、を備える。相関値加算部 233 と電力計算部 235 は第 1 の相関電力算出部 23A を構成し、部分相関値加算部 234 と、電力計算部 236 と、加算処理部 237 は第 2 の相関電力算出部 23B を構成する。また、サンプル合成部 240、重み付け合成部 241 および閾値判定部 242 はタイミング検出部 23C を構成する。
- [0033] 図 6 に示す初期捕捉部 23 の動作を説明する。図 7 は、実施の形態 1 にかかる初期捕捉部 23 の動作の一例を示すフローチャートである。
- [0034] 拡散符号生成部 231 は、送信機 1 で用いられた拡散符号、すなわち、送信機 1 において拡散部 13 が変調信号を直接スペクトル拡散する際に用いられた拡散符号の複素共役を生成し、拡散符号乗算部 232 へ出力する（ステップ S31）。送信機 1 で用いられた拡散符号を $c_0 \sim c_7$ とした場合、拡散符号生成部 231 は $c_0^* \sim c_7^*$ を生成する。
- [0035] 拡散符号乗算部 232 は、初期捕捉部 23 前段の受信フィルタ 22 から受け渡された帯域制限後の受信信号に、拡散符号生成部 231 から受け渡された拡散符号の複素共役を乗算する（ステップ S32）。拡散符号乗算部 232 は、帯域制限後の受信信号に拡散符号の複素共役を乗算して得られた乗算結果を相関値加算部 233 および部分相関値加算部 234 へ受け渡す。拡散符号乗算部 232 が出力する乗算結果は帯域制限後の受信信号と拡散符号の相関値である。

- [0036] 拡散符号乗算部232は、図8に示す複数の遅延素子と複数の乗算器とを用いて構成できる。図8は、拡散符号長 $N_c=8$ 、オーバーサンプル数 $N_{ovs}=2$ の場合の、拡散符号乗算部232の構成例を示している。この場合、拡散符号乗算部232を構成する遅延素子は $N_c \times N_{ovs}=16$ 個である。遅延素子251～266はそれぞれ $1/N_{ovs}$ チップ長に相当し、サンプル単位で信号を保持する。 $c_0^* \sim c_7^*$ は拡散符号生成部231から入力される拡散符号の複素共役である。拡散符号乗算部232を構成する乗算器は、拡散符号長と等しい $N_c=8$ 個である。図8に示した拡散符号乗算部232は、受信フィルタ22から入力された帯域制限後の受信信号をサンプル単位で遅延素子251に入力し、サンプルタイミング毎に右側の遅延素子にシフトする。また、拡散符号乗算部232は、遅延素子252、254、256、258、260、262、264および266に入力された帯域制限後の受信信号と、拡散符号の複素共役 $c_0^* \sim c_7^*$ とを乗算し、サンプルタイミング毎に乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を得る。拡散符号乗算部232は、相関値系列である乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を相関値加算部233および部分相関値加算部234へ受け渡す。
- [0037] ここで、初期捕捉部23において、拡散符号乗算部232と、相関値加算部233と、部分相関値加算部234と、電力計算部235および236と、加算処理部237とは、シンボルタイミングでなくサンプルタイミングで動作する。相関電力メモリ238および239は、サンプルタイミングで入力される信号を記憶する。
- [0038] 第1の相関電力算出部23Aの相関値加算部233は、拡散符号乗算部232から受け渡された乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を $b_0 = a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ のように全て加算し、サンプルタイミング毎に相関加算値を生成する（ステップS33）。相関値加算部233は、相関加算値 b_0 を電力計算部235へ受け渡す。
- [0039] 第2の相関電力算出部23Bの部分相関値加算部234は、拡散符号乗算部232から受け渡された乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を複数のブロックに分割し、同じブロックの乗算結果同士を加算して、部分相関加算値を生成する（ステ

ップS 3 4)。部分相関値加算部 2 3 4 は、例えば、乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を 2 分割して 2 つのブロックに分け、ブロックごとに加算して 2 つの部分相関加算値を生成する。乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を 2 分割して加算する場合、部分相関値加算部 2 3 4 は、拡散符号乗算部 2 3 2 から受け渡された乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を $b_1 = a_0 + a_1 + a_2 + a_3$ 、 $b_2 = a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ のように加算し、加算後の 2 つの部分相関加算値 b_1 および b_2 を電力計算部 2 3 6 へ受け渡す。

[0040] 第 1 の相関電力算出部 2 3 A の電力計算部 2 3 5 は、相関値加算部 2 3 3 から受け渡された相関加算値 b_0 の電力値 $|b_0|^2$ を計算し、算出した電力値を第 1 の相関電力値として相関電力メモリ 2 3 8 へ受け渡す（ステップ S 3 5）。

[0041] 第 2 の相関電力算出部 2 3 B の電力計算部 2 3 6 は、部分相関値加算部 2 3 4 から受け渡された部分相関加算値 b_1 および b_2 のそれぞれの電力値 $|b_1|^2$ および $|b_2|^2$ を計算し、算出した 2 つの電力値である 2 つの部分相関電力値を加算処理部 2 3 7 へ受け渡す（ステップ S 3 6）。

[0042] 第 2 の相関電力算出部 2 3 B の加算処理部 2 3 7 は、電力計算部 2 3 6 から受け渡された複数の部分相関電力値を合成する。本実施の形態では、加算処理部 2 3 7 は、2 つの部分相関電力値を $|b_1|^2 + |b_2|^2$ のように合成して部分相関合成電力値を生成し、生成した部分相関合成電力値を第 2 の相関電力値として相関電力メモリ 2 3 9 へ受け渡す（ステップ S 3 7）。

[0043] 第 1 の相関電力算出部 2 3 A の後段の相関電力メモリ 2 3 8 は、拡散符号長 $\times$ オーバーサンプル数に相当する、1 周期分の相関電力値を保持できるように構成されている。相関電力メモリ 2 3 8 は、電力計算部 2 3 5 から受け渡された第 1 の相関電力値を 1 周期にわたって記憶する（ステップ S 3 8）。1 周期分の第 1 の相関電力値が蓄積された後、相関電力メモリ 2 3 8 は、保持している 1 周期分の第 1 の相関電力値を重み付け合成部 2 4 1 へ出力する。

[0044] 第 2 の相関電力算出部 2 3 B の後段の相関電力メモリ 2 3 9 は、相関電力

メモリ 238と同様に、1周期分の相関電力値を保持できるように構成されている。相関電力メモリ 239は、加算処理部 237から受け渡された部分相関合成電力値である第2の相関電力値を1周期にわたって記憶する（ステップS39）。1周期分の第2の相関電力値が蓄積された後、相関電力メモリ 239は、保持している1周期分の第2の相関電力値をサンプル合成部 240および閾値判定部 242へ出力する。なお、相関電力メモリ 238および239以降の処理は、サンプルタイミングで動作していた処理が、シンボルタイミングでの動作に変わる。

[0045] サンプル合成部 240は、第2の相関電力算出部 23Bの後段の相関電力メモリ 239から受け渡された1周期分の第2の相関電力値を隣り合ったサンプルタイミングで合成する（ステップS40）。具体的には、サンプル合成部 240は、タイミング毎に、前後 $\log_2(N_{\text{ovs}})$ (N_{ovs} : オーバーサンプル数) 個のタイミングの第2の相関電力値を合成する。例えば、オーバーサンプル数 $N_{\text{ovs}} = 2$ の場合、サンプル合成部 240は、タイミングが k のときの第2の相関電力値に対して、タイミングが $k+1$ および $k-1$ のときの2つの第2の相関電力値を加算する。また、オーバーサンプル数 $N_{\text{ovs}} = 4$ の場合、サンプル合成部 240は、タイミングが k のときの第2の相関電力値に対して、タイミングが $k+1$ 、 $k-1$ 、 $k+2$ 、および $k-2$ のときの4つの第2の相関電力値を加算する。以下、サンプル合成部 240が出力する、合成後の第2の合成電力値をサンプル合成電力値と称する。

[0046] 次に、拡散符号長 $N_c = 8$ 、オーバーサンプル数 $N_{\text{ovs}} = 2$ の場合を例とし、サンプル合成部 240の処理について、図9および図10を用いて詳細に説明する。図9は、相関電力メモリ 239からサンプル合成部 240に受け渡される1周期分の第2の相関電力値の一例を示す図、図10は、サンプル合成部 240が出力する1周期分のサンプル合成電力値の一例を示す図である。図9および図10において、タイミング $k = 0 \sim 15$ は、初期捕捉部 23が検出するタイミングの候補である。ここで、タイミング $k = 15$ が拡散符号タイミングであり、このタイミングで、受信フィルタ 22からの出力信号

が持つ拡散符号と、拡散符号乗算部 232 が持つ拡散符号とが一致する。また、初期捕捉部 23 は拡散符号タイミングとの誤差が $1/2$ チップ以内となるようにタイミングを検出する粗同期を行うため、誤差が $1/2$ チップ以内のタイミング $k = 14$ および $k = 0$ と推定された場合も正しいタイミングと判断し、正検出となる。タイミング $k = 0 \sim 15$ におけるそれぞれの第 2 の相関電力値を $d_0 \sim d_{15}$ とすると、サンプル合成部 240 は、 $e_0 = d_{15} + d_0 + d_1$, $e_1 = d_0 + d_1 + d_2$, $e_2 = d_1 + d_2 + d_3$, ..., $e_{15} = d_{14} + d_{15} + d_0$ のように、1 周期にわたって、各タイミングの前後 $1 \text{ } \circ \text{ } g_2(N_{\text{OVS}})$ の第 2 の相関電力値を合成し、サンプル合成電力値 $e_0 \sim e_{15}$ (図 10 参照) を生成する。図 10 に示すように、サンプル合成により、正検出となるタイミング $k = 14, 15, 0$ のそれぞれの電力値を相対的に高められる。合成後、サンプル合成部 240 は 1 周期にわたるサンプル合成電力値 ($e_0, e_1, \dots, e_{15}$) を、重み付け合成部 241 へ受け渡す。

[0047] 重み付け合成部 241 は、相関電力メモリ 238 から受け渡された第 1 の相関電力値と、サンプル合成部 240 から受け渡されたサンプル合成電力値とを、サンプルタイミングごとに、すなわち、同じサンプルタイミングのもの同士で、重み付け合成する (ステップ S41)。重み付け合成後、重み付け合成部 241 は、重み付け合成により得られた重み付け合成電力値を閾値判定部 242 へ受け渡す。

[0048] ステップ S41 において、重み付け合成部 241 は、あらかじめ算出しておいた重み付け係数をサンプル合成部 240 から受け渡されたサンプル合成電力値に乘算し、第 1 の相関電力値に加算することにより重み付け合成を行う。ここで、重み付け係数の算出方法について、図 11 および図 12 を用いて説明する。図 11 は、第 1 の相関電力算出部 23A が出力する第 1 の相関電力値の一例を示す図、図 12 は、サンプル合成部 240 が出力するサンプル合成電力値の一例を示す図である。受信機 2 の設計者は、例えば、第 1 の相関電力の最大値とサンプル合成電力値の最大値とに基づいて、重み付け係

数を算出する。この場合、設計者は、まず、第1の相関電力値とサンプル合成電力値のそれぞれについて、拡散符号1周期の内の最大電力値を確認する。このとき、第1の相関電力値およびサンプル合成電力値は雑音成分を含んでいないものとする。その後、設計者は、確認した2つの最大電力値が等電力で合成されるような重み付け係数を算出する。重み付け係数は、拡散符号長 N_c 、オーバーサンプル数 N_{ovs} 、周波数オフセットの値等によって変わる。なお、重み付け係数を算出する機能を重み付け合成部241が有し、予め定められた操作が受信機2に対して行われた場合に、重み付け合成部241が重み付け係数を算出するようにしてもよい。

[0049] 閾値判定部242は、重み付け合成部241から受け渡された1周期分の重み付け合成電力値の中から最大電力値を検出し、閾値判定、すなわち、最大電力値と予め定められた閾値との比較を行う（ステップS42）。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タイミングを、推定タイミング、すなわち拡散符号タイミングの推定結果として受信機2の拡散符号生成部24へ受け渡す。受信機2においては、閾値判定部242が閾値判定で使用する閾値の設定方法として、次のような方法を用いる。閾値判定部242は、第2の相関電力算出部23B後段の相関電力メモリ239から受け渡された、サンプル合成前の1周期分の部分相関電力値の平均を計算し、平均値の定数 α （ $1 \leq \alpha$ ）倍を閾値として設定する。ここで、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初期捕捉に時間がかかり、定数 α の値を小さく設定する程、初期捕捉時間は短縮できるが誤警報が増加するという関係になる。

[0050] 閾値判定部242以後、受信機2は前述した動作によって拡散符号生成部24以降の処理を実施する。

[0051] 以上のように、本実施の形態にかかる受信機2の初期捕捉部23は、受信信号と拡散符号の複素共役とを乗算して得られる相関値系列の加算範囲がそれぞれ異なる第1の相関電力算出部23Aと第2の相関電力算出部23Bとを備える。具体的には、第1の相関電力算出部23Aは、相関値系列のすべ

ての相関値を加算し、得られた加算結果の電力値を第1の相関電力値として出力する。第2の相関電力算出部23Bは、相関値系列を複数のブロックに分割し、ブロックごとに、ブロック内の相関値を加算するとともに、得られた加算結果の電力値を求め、さらに、ブロックごとに求めた電力値の加算結果を第2の相関電力値として出力する。また、初期捕捉部23は、第1の相関電力算出部23Aで算出した第1の相関電力値と第2の相関電力算出部23Bで算出した第2の相関電力値とを重み付け合成する。そして、初期捕捉部23は、重み付け合成により得られた電力値（重み付け合成電力値）を閾値と比較し、閾値を超える電力値に対応するサンプルタイミングを推定タイミングと判定する。また、本実施の形態では、重み付け合成に用いる重み付け係数を、第1の相関電力値および第2の相関電力値に基づいて算出することとした。具体的には、第1の相関電力値および第2の相関電力値のそれぞれに対し、拡散符号1周期内の最大電力値を雑音成分が除去された状態であらかじめ確認し、2つの最大電力値が等電力で合成される値を重み付け係数に用いることとした。初期捕捉部23が第1の相関電力算出部23Aと第2の相関電力算出部23Bとを並列に用いる構成としたことにより、拡散符号タイミングの相関電力値が大きく観測されるようになり、非特許文献1に記載の従来の初期捕捉方式の課題であった、相関特性のサイドローブによる同期精度の劣化を改善することができる。また、初期捕捉部23が、第1の相関電力算出部23Aが算出する相関電力値と第2の相関電力算出部23Bが算出する相関電力値とを重み付け合成を行う構成としたことにより、周波数オフセットが小さい条件では第1の相関電力値の割合を大きくでき、周波数オフセットが大きい条件では第2の相関電力値の割合を大きくできる。

[0052] ここで、第2の相関電力算出部23Bが算出する第2の相関電力値が周波数オフセットに対する耐性が強い理由を、図13を用いて説明する。図13は、第2の相関電力算出部23Bが算出する第2の相関電力値が周波数オフセット耐性に強い理由を説明するための図である。図13は、周波数オフセットを $1/N_c$ とし、図8の初期捕捉部23の拡散符号乗算部232で得られ

る乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を複素平面上に示した図である。この場合、第 1 の相関電力算出部 23A が乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を全て加算し電力値に直すと、式 (2) となる。

$$|a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7|^2 = 0$$

… (2)

[0053] また、第 2 の相関電力算出部 23B が乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を 2 分割にして加算し、電力値に直した後に合成すると、式 (3) となる。

$$|a_0 + a_1 + a_2 + a_3|^2 + |a_4 + a_5 + a_6 + a_7|^2 > 0$$

… (3)

[0054] このように、第 2 の相関電力算出部 23B は第 1 の相関電力算出部 23A よりも短く乗算結果を分割して加算し、電力計算を行うことで、周波数オフセットに対する耐性を高めている。ただし、第 2 の相関電力算出部 23B は、乗算結果を分割して相関電力を算出するため、周波数オフセットが小さい条件では第 1 の相関電力算出部 23A よりも相関特性が劣る。そこで、本実施の形態では第 1 の相関電力値と第 2 の相関電力値とを重み付け合成を行うことで、周波数オフセットの有無によらず同期判定精度を改善している。

[0055] 第 1 の相関電力算出部 23A および第 2 の相関電力算出部 23B を備え、第 1 の相関電力値と第 2 の相関電力値とを重み付け合成する構成とすることにより同期判定精度を改善できるため、第 2 の相関電力算出部 23B の後段のサンプル合成部 240 は省略することも可能である。しかし、図 6 に示したような、サンプル合成部 240 を備える構成とした場合、同期判定精度をさらに向上できる。

[0056] すなわち、第 2 の相関電力算出部 23B が算出する第 2 の相関電力値に対して、拡散符号 1 周期にわたって、前後 $\log_2(N_{\text{ovs}})$ のタイミングの第 2 の相関電力値を合成する構成とし、前後のサンプルタイミングの電力値を合成する場合、正検出となるタイミングの電力値を相対的に高くし、誤警報となるタイミングの電力値を相対的に低くすることができる。その結果、分割数増加に伴うサイドローブによる同期精度の劣化を改善することができる。

[0057] 本実施の形態によると、以上の第1の相関電力算出部23Aおよび第2の相関電力算出部23Bを用いることで、周波数オフセットの有無に依らず、精度良く初期捕捉を行うことが可能となる。

[0058] なお、本実施の形態では、受信機2の初期捕捉部23において、拡散符号乗算部232による乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を $b_1 = a_0 + a_1 + a_2 + a_3$ と、 $b_2 = a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ のように2分割にして加算する第2の相関電力算出部23Bを用いる構成としたが、乗算結果を2分割する構成に限定するものではない。第2の相関電力算出部23Bは、3分割、4分割等、拡散符号を等分割できる他の分割数を用いる構成にしてもよい。例えば乗算結果 $a_0 \sim a_7$ を4分割とした場合、 $b_1 = a_0 + a_1$ 、 $b_2 = a_2 + a_3$ 、 $b_3 = a_4 + a_5$ 、 $b_4 = a_6 + a_7$ のように部分相関加算値を計算する。一般に、分割数を増やすと周波数オフセットに対する耐性が強まるため、システムで想定される最大の周波数オフセットに対応した分割数の第2の相関電力算出部23Bを用いる構成とするのがよい。更に、本実施の形態では、第1の相関電力算出部23Aと、2分割の第2の相関電力算出部23Bとを並列した構成としたが、分割数が異なる第2の相関電力算出部23Bを複数用いる構成にしてもよい。例えば、第1の相関電力算出部23Aと、2分割の第2の相関電力算出部23Bと、4分割の第2の相関電力算出部23Bとを用いた構成である。図6に示した構成と比べると、この構成を用いることにより、周波数オフセットが大きい条件でも正検出となるタイミングを検出することが可能となる。また、2分割、4分割と分割数が異なる第2の相関電力算出部23Bを並列して用いた場合は、分割数によって相関電力値のサイドローブの出現パターンが異なるため、第1の相関電力算出部23Aと4分割の第2の相関電力算出部23Bとを用いた構成と比べて同期判定精度を改善できる。

[0059] また、本実施の形態では、受信機2の初期捕捉部23において、電力計算部235、236の処理結果を、それぞれ相関電力メモリ238、239に受け渡す構成としたが、これに限定されない。例えば、1シンボル前に相関

電力メモリ 238、239 に保持した相関電力値と、新たに電力計算部 235、236 で計算した相関電力値との間で、平均化を行う構成としてもよい。この場合、相関電力メモリ 238、239 は平均化後の相関電力値を保持することとなり、雑音成分を抑圧した良好な閾値判定を行うことが可能となる。

[0060] また、本実施の形態では、受信機 2 の初期捕捉部 23 において、第 2 の相関電力算出部 23B は部分相関値加算部 234 と、電力計算部 236 と、加算処理部 237 とを用いた構成としたが、これに限定されない。非特許文献 1 で開示されている初期捕捉部のような、位相差計算器を含めた構成に適用することもできる。この場合の初期捕捉部 23 の構成を、図 14 に例示する。図 14 は、実施の形態 1 にかかる受信機 2 が備える初期捕捉部の変形例を示す図である。図 14 に記載の初期捕捉部 23a が図 6 に記載の初期捕捉部 23 と異なる点は、図 14 の第 2 の相関電力算出部 23B-2 において、部分相関値加算部 234 の後段に位相差計算部 281 および加算処理部 282 を備え、加算処理部 237 を削除した点である。なお、図 14 において、図 6 と同一の処理を行う箇所は、同一の番号を付してその詳細説明は省略する。部分相関値加算部 234 が拡散符号乗算部 232 から受け渡された乗算結果を 2 分割にして加算し、部分相関加算値 b_0 および b_1 が得られた場合を想定する。位相差計算部 281 は、部分相関値加算部 234 から受け渡された部分相関加算値 b_0 と b_1 の位相差を、 $d_0 = b_1 \times b_0^*$ のように計算し、位相差の計算結果 d_0 を加算処理部 282 に受け渡す。加算処理部 282 は、位相差計算部 281 から受け渡された位相差の計算結果 d_0 を加算し、加算結果を電力計算部 236 へ受け渡す。電力計算部 236 以後の処理は、前述したものと同一である。このような位相差を求める構成とした場合、第 2 の相関電力算出部 23B-2 から出力される第 2 の相関電力値は、位相差をとる処理により第 1 の相関電力算出部 23A よりも多く乗算を行うため、第 1 の相関電力算出部 23A から出力される第 1 の相関電力値と比べて電力値が大きくなる。そのため、重み付け合成部 241 は適切な電力比で重み付

け合成を行うことで、良好な初期捕捉性能を実現できる。この構成により、周波数オフセットが存在する条件でも、精度良く短時間で初期捕捉を行うことが可能となる。

[0061] また、本実施の形態では、受信機 2 の初期捕捉部 2 3 において、サンプル合成部 2 4 0 は、第 1 の相関電力算出部 2 3 A の後段に用いず第 2 の相関電力算出部 2 3 B の後段のみに用いる構成としたが、これに限定されず、第 1 の相関電力算出部 2 3 A の後段にサンプル合成部を用いることもできる。このとき、新たなサンプル合成部は相関電力メモリ 2 3 8 の後段に配置する。第 1 の相関電力算出部 2 3 A の後段のサンプル合成部の動作は実施の形態 1 で説明したサンプル合成部 2 4 0 と同じである。系列パラメータ $M_c = 1$ の Zadoff-Chu 系列を直接スペクトル拡散の拡散符号とした場合、オーバーサンプル数 N_{ovs} が 1 より大きいときに第 1 の相関電力算出部の相関値のサイドローブが存在し相関特性が劣化する。そのため、 $N_{ovs} > 1$ の場合、第 2 の相関電力算出部だけでなく第 1 の相関電力算出部の後段にもサンプル合成部を用いた構成とすることで、同期判定精度を改善できる。

[0062] また、本実施の形態では、受信機 2 の初期捕捉部 2 3 の重み付け合成部 2 4 1 において、雑音成分が除去された状態の第 1 の相関電力値およびサンプル合成電力値のそれぞれの、拡散符号 1 周期内の最大電力値をあらかじめ確認し、2 つの最大電力値が等電力で合成されるような重み付け係数を用いたが、これに限定されない。他の重み付け係数の決定方法として、雑音成分が除去された状態の第 1 の相関電力値およびサンプル合成電力値のそれぞれに対し、拡散符号 1 周期分の平均値（図 1 1，図 1 2 参照）を求め、これらの平均値が等しくなるような重み付け係数を用いてもよい。この場合、上述した、最大電力値が等電力となる重み付け係数を用いる場合と比べて第 1 の相関電力値の割合を大きくでき、周波数オフセットが小さい場合に同期精度の改善が得られる。ただし、周波数オフセットが大きい場合に精度が劣化する。また、最大電力値を等電力とする重み付け係数と、平均値を等電力とする重み付け係数との中間値を重み付け係数とする方法がある。この場合、上述

した、最大電力値が等電力となる重み付け係数を用いる場合と比べて、周波数オフセットが大きい場合の精度の劣化が少ないまま、周波数オフセットが小さい場合に精度を改善できる。以上のように重み付け係数を決定することによって、第1の相関電力値とサンプル合成電力値の割合を調整することができる。

[0063] 更に、重み付け係数をあらかじめ設定した固定値とするのではなく、シンボル毎に適応的に変えてもよい。例えば、相関電力メモリ238が保持している第1の相関電力値の平均値と、サンプル合成部240が保持しているサンプル合成電力値の平均値が、等しくなる重み付け係数をシンボル毎に算出する方法もある。この場合、重み付け係数は、例えば、重み付け合成部により適宜更新される。重み付け係数を適応的に変更する構成とすることにより、時間的に変動する受信レベルに応じた重み付け合成が可能となり、良好な同期判定精度を実現できる。

[0064] また、本実施の形態では、閾値判定部242で用いる閾値を算出するために、相関電力メモリ239が保持する相関電力値の平均値を用いる構成としたが、これに限定されない。例えば、重み付け合成部241が出力する重み付け合成電力値の平均値を用いる構成としてもよい。このような構成とすることで、第1の相関電力値とサンプル合成部240が出力するサンプル合成電力値との両方の情報を含んだ精度の良い閾値を生成することができ、良好な同期判定精度を達成できる。

[0065] 更に、閾値判定部242が用いる閾値をあらかじめ設定した固定値とするのではなく、適応的に変えてもよい。例えば、相関電力メモリ238で保持している1周期分の第1の相関電力値の平均値と最大値とを求め、最大値が平均値の γ 倍（ γ はあらかじめ決めた定数で $\gamma > 1$ ）を超えている場合、重み付け合成電力値の平均値の定数 α 倍を閾値判定部242で閾値として使用する。一方、重み付け合成電力値の最大値が平均値の γ 倍を超えていない場合、定数 α に定数 β （ $\beta < 1$ ）を乗算した値を閾値とする方法がある。相関電力メモリ238が保持している第1の相関電力算出部の最大相関電力値は

、周波数オフセットが大きい際に値が小さくなる。このように構成することで、閾値を周波数オフセットの大きさによって適応的に変えることができ、周波数オフセットの条件によらず初期捕捉時間を短縮できる。

[0066] つづいて、実施の形態 1 にかかる受信機 2 のハードウェア構成について説明する。受信機 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 2 2 はフィルタ回路で実現される。

[0067] 初期捕捉部 2 3 のうち、拡散符号乗算部 2 3 2 は、上述したように、図 8 に示す構成の回路で実現される。初期捕捉部 2 3 の拡散符号乗算部 2 3 2 以外の各構成要素は、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、専用ハードウェアにより実現されてもよいし、CPU (Central Processing Unit) を用いた制御回路であってもよい。

[0068] 上記の処理回路が、専用ハードウェアにより実現される場合、これらは、図 1 5 に示す処理回路 1 0 0 により実現される。図 1 5 は、実施の形態 1 にかかる受信機 2 を実現する処理回路を示す図である。処理回路 1 0 0 は、単一回路、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である。

[0069] 上記の処理回路が、CPU を用いた制御回路で実現される場合、この制御回路は例えば図 1 6 に示す構成の制御回路 2 0 0 である。図 1 6 は、実施の形態 1 にかかる受信機 2 を実現する制御回路の構成例を示す図である。図 1 6 に示すように制御回路 2 0 0 は、CPU などであるプロセッサ 2 0 1 と、メモリ 2 0 2 とを備える。上記の処理回路が制御回路 2 0 0 により実現される場合、メモリ 2 0 2 が、初期捕捉部 2 3 の拡散符号乗算部 2 3 2 以外の各構成要素の機能を実現するためのプログラムを記憶しておく。そして、プロセッサ 2 0 1 が、メモリ 2 0 2 に記憶された上記のプログラムを読み出して実行することにより、初期捕捉部 2 3 の拡散符号乗算部 2 3 2 以外の各構成要素が実現される。また、メモリ 2 0 2 は、プロセッサ 2 0 1 が実施する各

処理における一時メモリとしても使用される。

[0070] なお、初期捕捉部 23 の拡散符号乗算部 232 以外の各構成要素のうち、一部の構成要素を図 15 に示す処理回路 100 で実現し、残りの構成要素を図 16 に示す制御回路 200 で実現してもよい。

[0071] 図 14 に示す初期捕捉部 23a は、初期捕捉部 23 を実現する回路と同様の回路で実現される。

[0072] 拡散符号生成部 24 は、図 15 に示す処理回路 100 または図 16 に示す制御回路 200 で実現される。逆拡散部 25 は、複数の遅延素子と複数の乗算器とを組み合わせた回路で実現される。同期追従部 26 は、図 15 に示す処理回路 100 または図 16 に示す制御回路 200 で実現される。復調部 27 はデモジュレータで実現される。

[0073] また、実施の形態 1 にかかる送信機 1 の変調部 11 はモジュレータで実現される。拡散符号生成部 12 は、図 15 に示す処理回路 100 または図 16 に示す制御回路 200 と同様の回路で実現される。拡散部 13 は、複数の遅延素子と複数の乗算器とを組み合わせた回路で実現される。送信フィルタ 14 はフィルタ回路で実現される。送信アンテナ 15 はアンテナ装置で実現される。

[0074] 実施の形態 2.

つづいて、実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 では、送信機が、直接スペクトル拡散後の信号を複数回反復して送信信号を生成する。これは、スペクトル拡散技術の一つとして知られている方法である。この技術により、送信機は、送信信号スペクトルを周波数軸上で等間隔に分散配置する。実施の形態 2 にかかる受信機の初期捕捉部は、送信側の直接スペクトル拡散信号の反復回数に従って、第 1 の相関電力算出部と第 2 の相関電力算出部の相関値加算周期を決定する。本実施の形態では、送信機の構成および動作、受信機の動作が実施の形態 1 と異なる。本実施の形態では、実施の形態 1 と異なる部分について説明を行い、実施の形態 1 と同様の部分については説明を割愛する。

- [0075] 実施の形態2にかかる送信機の構成および動作について説明する。図17は、実施の形態2にかかる送信機の構成例を示す図である。図17に示すように、実施の形態2にかかる送信機1aは、実施の形態1で説明した送信機1（図1参照）の拡散部13と送信フィルタ14との間に、アップサンプル部31と、周波数シフト部32と、CP付加部33とを追加した構成である。
- [0076] 図17に示す送信機1aの動作概要を説明する。図18は、実施の形態2にかかる送信機1aの動作の一例を示すフローチャートである。図18に示すフローチャートは、図2に示すフローチャートのステップS13とステップS14との間にステップS51～S53を追加したものである。
- [0077] アップサンプル部31は、拡散部13から入力された直接スペクトル拡散信号に対して、信号長を $1/P$ に圧縮した後、圧縮した直接スペクトル拡散信号をP回反復する（ステップS51）。ここで、Pは2以上の整数とする。アップサンプル部31は、反復処理を行うことにより、長さが N_c の拡散符号をP回繰り返した、長さが $N_c \times P$ の直接スペクトル拡散信号を生成する。図19は、実施の形態2にかかる送信機1aが備えるアップサンプル部31の処理を説明するための図である。図19は、拡散符号周期が $N_c = 4$ 、反復回数が $P = 4$ とした場合のアップサンプル部31による直接スペクトル拡散信号の圧縮および反復の例を示す。信号のハッチングが施された部分は、拡散符号の1番目の要素を示す。図19に示した例の場合、アップサンプル部31は、サンプルレートを4倍にすることで信号長を $1/4$ に圧縮する。アップサンプル部31は、次に、 $1/4$ の長さに圧縮した信号を4回繰り返してアップサンプル後の直接スペクトル拡散信号を生成する。図19に示すように、アップサンプル後の直接スペクトル拡散信号は、2つの拡散符号周期が存在する。拡散符号周期#1は、アップサンプル前の直接スペクトル拡散信号の生成に用いた拡散符号周期 $N_c = 4$ と同一のチップ数、拡散符号周期#2は、拡散符号周期#1の反復回数 $P = 4$ 倍の、 $N_c \times P = 16$ のチップ数となる。アップサンプル部31は、アップサンプル後の直接スペクトル拡散信

号を周波数シフト部 32 へ受け渡す。

[0078] 周波数シフト部 32 は、アップサンプル部 31 から入力された信号に対し、予め設定された位相回転量で位相回転を行い、入力信号を周波数シフトさせる（ステップ S52）。位相回転量を θ とした場合、周波数シフト部 32 は、入力信号に $\exp(j 2 \pi \theta n / N_c)$ ($n = 1, \dots, N_c$ の整数) を乗算することで、位相回転を行う。周波数シフト部 32 は、周波数シフト後の直接スペクトル拡散信号を CP 付加部 33 へ受け渡す。

[0079] CP 付加部 33 は、周波数シフト部 32 から入力された信号に対し、図 20 に示すように、最後尾から予め定められた数のサンプル値を複製し、サイクリックプレフィックス (CP: Cyclic Prefix) として先頭に付加する（ステップ S53）。なお、図 20 は、実施の形態 2 にかかる送信機 1a が備える CP 付加部 33 の動作を説明するための図である。CP 付加部 33 は、CP 付加後の直接スペクトル拡散信号を送信フィルタ 14 に受け渡す。その後の送信機 1a の処理は、実施の形態 1 にかかる送信機 1 と同様である。

[0080] 送信機 1a のアップサンプル部 31、周波数シフト部 32 および CP 付加部 33 は、実施の形態 1 で説明した処理回路 100 または制御回路 200 により実現される。

[0081] 次に、実施の形態 2 にかかる受信機の構成および動作について説明する。実施の形態 2 にかかる受信機の構成は、実施の形態 1 にかかる受信機 2（図 4 参照）と同様である。ただし、初期捕捉部 23 の動作が異なる。ここでは、実施の形態 1 にかかる初期捕捉部 23 の構成を示す図 6 を参照しながら実施の形態 2 にかかる初期捕捉部 23 を説明する。また、実施の形態 2 にかかる受信機 2 の動作を示すフローチャートは、実施の形態 1 にかかる受信機 2 の動作を示すフローチャート（図 5 参照）と同じである。

[0082] 初期捕捉部 23 は、図 20 に示す CP 付加後の直接スペクトル拡散信号に対して、図示した拡散符号周期 #2 のタイミングを推定する。

[0083] 図 6 に示す拡散符号生成部 231 は、送信機 1a のアップサンプル部 31 が直接スペクトル拡散信号を反復させる回数 P に従って、長さが $N_c \times P$ の拡

散符号を生成する。例えば、送信機 1 a のアップサンプル部 3 1 が図 1 9 に示す構成のアップサンプル後の直接信号を生成する場合、拡散符号生成部 2 3 1 は、拡散符号周期 # 2 に対応する、 $N_c \times P = 16$ の周期の拡散符号を生成する。

[0084] 拡散符号乗算部 2 3 2 は、 $N_c \times P \times N_{ovs}$ (N_{ovs} : オーバーサンプル数) 個の遅延素子と、 $N_c \times P$ 個の乗算器とを用いて構成できる。例えば、図 1 9 において $N_{ovs} = 2$ とした場合、 $N_c \times P \times N_{ovs} = 32$ 個の遅延素子と、 $N_c \times P = 16$ 個の乗算器で拡散符号乗算部 2 3 2 を構成できる。

[0085] 第 1 の相関電力算出部 2 3 A の相関値加算部 2 3 3 は、拡散符号乗算部 2 3 2 から受け渡された乗算結果を、図 1 9 に示す拡散符号周期 # 2 と同等の長さで加算する。

[0086] 第 2 の相関電力算出部 2 3 B の部分相関値加算部 2 3 4 は、拡散符号乗算部 2 3 2 から受け渡された乗算結果を、図 1 9 に示す拡散符号周期 # 1 と同等の長さで加算する。つまり、部分相関値加算部 2 3 4 は、拡散符号周期 # 2 を P 分割にして加算する。例えば、図 1 9 に示した構成のアップサンプル後の直接スペクトル拡散信号を受信機 2 が受信する場合、部分相関値加算部 2 3 4 は、拡散符号周期 # 2 を 4 分割して加算する。

[0087] 相関値加算部 2 3 3 の後段の各構成要素および部分相関値加算部 2 3 4 の後段の各構成要素が行う処理は、実施の形態 1 にかかる初期捕捉部 2 3 の同じ符号が付された各構成要素と同じである。

[0088] 実施の形態 2 にかかる受信機 2 の逆拡散部 2 5 (図 4 参照) は、実施の形態 1 と同様に、拡散符号生成部 2 4 から入力された拡散符号を用いて、受信フィルタ 2 2 から入力された信号を逆拡散する。ただし、初期捕捉部 2 3 または同期追従部 2 6 で検出された推定タイミングまたは補正後のタイミングに基づき、 CP を除いた部分だけを逆拡散する。

[0089] 復調部 2 7 は、図 1 7 に示す送信機 1 a が送信する信号に対応した復調処理を行う。この処理は、例えば次のような構成で実現できる。復調部 2 7 は、逆拡散部 2 5 から受け取った逆拡散後の信号に対して、まず、伝送路で受

けた波形歪みを補正する等化処理を行う。復調部 27 は、等化処理を行った後、送信機 1a の周波数シフト部 32 で与えられた周波数シフトを除去する処理を行う。復調部 27 は、その後、送信機 1a のアップサンプル部 31 で実施された、反復回数 P に応じた合成を行う。合成は、次に説明するように実施する。復調部 27 は、周波数シフトが除去された後の拡散符号周期が N_c $\times P$ の信号に対して、送信機 1a のアップサンプル部 31 で反復する前の拡散符号の要素番号が同じであるサンプル同士を合成し、長さ N_c の信号にする。合成後、復調部 27 は、送信機 1a の変調部 11 が行う変調処理に対応した復調処理を行う。

[0090] 以上のように、本実施の形態では、送信機 1a のアップサンプル部 31 が、スペクトル拡散後の信号を複数回反復して送信信号を生成する構成とした。更に、受信機 2 の初期捕捉部 23 において、アップサンプル部 31 によって反復された後の拡散符号周期と、反復前の拡散符号周期に対応した長さで相関値を加算する、第 1 の相関電力算出部と第 2 の相関電力算出部とを併用する構成とした。短い拡散符号周期に対応した第 2 の相関電力算出部を用いることにより、部分相関でなく拡散符号周期全体の相関特性が得られるため、サイドローブを抑圧した相関値が得られる。この特性に第 1 の相関電力算出部の相関特性を併用することで同期判定精度を改善できる。

[0091] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の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、本発明の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

[0092] 1, 1a 送信機、2 受信機、11 変調部、12, 24, 231 拡散符号生成部、13 拡散部、14 送信フィルタ、15 送信アンテナ、21 受信アンテナ、22 受信フィルタ、23, 23a 初期捕捉部、23A 第 1 の相関電力算出部、23B, 23B-2 第 2 の相関電力算出部、23C タイミング検出部、25 逆拡散部、26 同期追従部、27 復調部、31 アップサンプル部、32 周波数シフト部、33 CP 付加

部、232 拡散符号乗算部、233 相関値加算部、234 部分相関値加算部、235, 236 電力計算部、237, 282 加算処理部、238, 239 相関電力メモリ、240 サンプル合成部、241 重み付け合成部、242 閾値判定部、281 位相差計算部、251～266 遅延素子。

請求の範囲

- [請求項1] 直接スペクトル拡散が実施された受信信号に対し、前記直接スペクトル拡散に用いられた拡散符号の複素共役を乗算して相関値系列を生成する拡散符号乗算部と、
- 前記拡散符号乗算部が前記乗算を行うごとに生成される相関値系列の各相関値を加算して相関加算値を生成し、前記相関加算値の電力値である第1の相関電力値を算出する第1の相関電力算出部と、
- 前記相関値系列を複数のブロックに分割し、前記ブロックごとに、ブロック内の各相関値を加算して部分相関値を生成するとともに前記部分相関値の電力値を求め、前記ブロックごとに求めた電力値同士を加算して第2の相関電力値を算出する第2の相関電力算出部と、
- 前記第1の相関電力値と前記第2の相関電力値とに基づいて、前記受信信号の送信元の送信装置が前記直接スペクトル拡散において送信信号に前記拡散符号を乗算したタイミング、を検出するタイミング検出部と、
- を備えることを特徴とする受信装置。
- [請求項2] 前記第1の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第1の相関電力値を算出し、
- 前記第2の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第2の相関電力値を算出し、
- 前記タイミング検出部は、
- 前記第1の相関電力値と前記第2の相関電力値とを重み付け合成してサンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を生成する重み付け合成部と、
- 前記拡散符号1周期内において値が最大の、前記サンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を閾値と比較して前記タイミングを検出する閾値判定部と、
- を備え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の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第1の相関電力値を算出し、
- 前記第2の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第2の相関電力値を算出し、
- 前記タイミング検出部は、
- 各サンプルタイミングについて、サンプルタイミングおよびオーバーサンプル数に基づく範囲に含まれる前記第2の相関電力値同士を合成してサンプルタイミングごとのサンプル合成電力値を生成するサンプル合成部と、
- 前記第1の相関電力値と前記サンプル合成電力値とを重み付け合成してサンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を生成する重み付け合成部と、
- 前記拡散符号1周期内において値が最大の、前記サンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を閾値と比較して前記タイミングを検出する閾値判定部と、
- を備え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1の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第1の相関電力値を算出し、
- 前記第2の相関電力算出部はサンプルタイミングごとに前記第2の相関電力値を算出し、
- 前記タイミング検出部は、
- 各サンプルタイミングについて、サンプルタイミングおよびオーバーサンプル数に基づく範囲に含まれる前記第1の相関電力値同士を合成してサンプルタイミングごとのサンプル合成電力値を生成するサンプル合成部と、
- 前記サンプル合成電力値と前記第2の相関電力値とを重み付け合成してサンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を生成する重み付け合成部と、

前記拡散符号 1 周期内において値が最大の、前記サンプルタイミングごとの重み付け合成電力値を閾値と比較して前記タイミングを検出する閾値判定部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の受信装置。

[請求項5] 前記重み付け合成で使用する重み付け係数は、前記第 1 の相関電力値の特性と前記第 2 の相関電力値の特性とに基づいて決定される、
ことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一つに記載の受信装置。

[請求項6] 前記重み付け係数は、雑音成分を含まない状態の前記第 1 の相関電力値の最大値と、雑音成分を含まない状態の前記第 2 の相関電力値の最大値とに基づいて決定される、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の受信装置。

[請求項7] 前記重み付け係数は、雑音成分を含まない状態の前記第 1 の相関電力値の平均値と、雑音成分を含まない状態の前記第 2 の相関電力値の平均値とに基づいて決定される、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の受信装置。

[請求項8] 前記重み付け係数は、前記第 1 の相関電力値の平均値と、前記第 2 の相関電力値の平均値とに基づいて、前記重み付け合成部により適応的に更新される、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の受信装置。

[請求項9] 前記拡散符号は、第 1 の長さの系列が複数回繰り返された第 2 の長さの系列であり、
前記第 2 の相関電力算出部は、前記相関値系列を複数のブロックに分割する際、前記ブロックの長さが前記第 1 の長さとなるよう、前記相関値系列を分割する、
ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の受信装置。

[請求項10] 直接スペクトル拡散が実施された信号を受信する受信装置が備える

タイミング検出装置であって、

前記信号に対し、前記直接スペクトル拡散に用いられた拡散符号の複素共役を乗算して相関値系列を生成する拡散符号乗算部と、

前記拡散符号乗算部が前記乗算を行うごとに生成される相関値系列の各相関値を加算して相関加算値を生成し、前記相関加算値の電力値である第1の相関電力値を算出する第1の相関電力算出部と、

前記相関値系列を複数のブロックに分割し、前記ブロックごとに、ブロック内の各相関値を加算して部分相関値を生成するとともに前記部分相関値の電力値を求め、前記ブロックごとに求めた電力値同士を加算して第2の相関電力値を算出する第2の相関電力算出部と、

前記第1の相関電力値と前記第2の相関電力値とに基づいて、前記受信装置が受信した信号の送信元の送信装置が前記直接スペクトル拡散において送信信号に前記拡散符号を乗算したタイミング、を検出するタイミング検出部と、

を備えることを特徴とするタイミング検出装置。

[請求項11]

直接スペクトル拡散が実施された信号を受信する受信装置が実行するタイミング検出方法であって、

前記信号に対し、前記直接スペクトル拡散に用いられた拡散符号の複素共役を乗算して相関値系列を生成する拡散符号乗算ステップと、

前記拡散符号乗算ステップを実行するごとに生成される相関値系列の各相関値を加算して相関加算値を生成し、前記相関加算値の電力値である第1の相関電力値を算出する第1の相関電力算出ステップと、

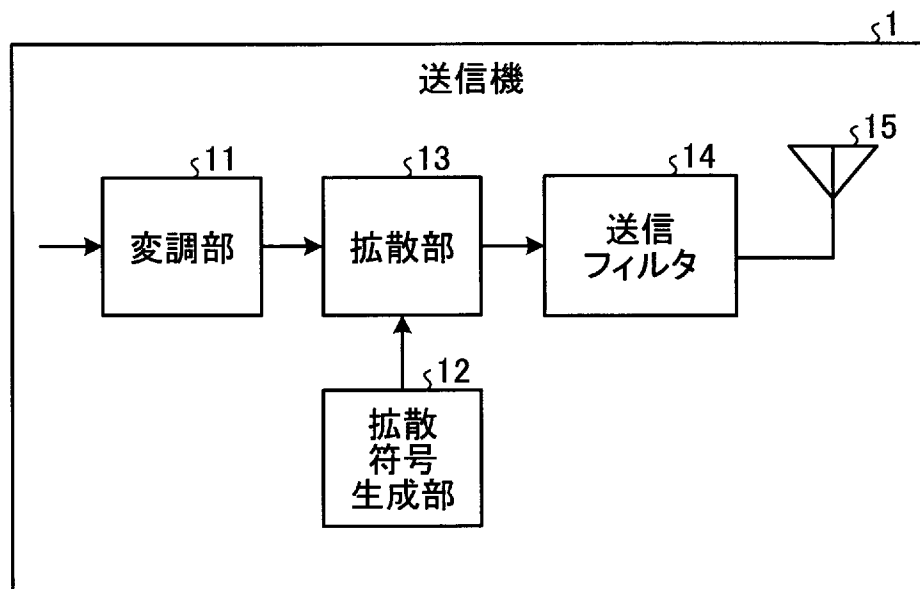
前記相関値系列を複数のブロックに分割し、前記ブロックごとに、ブロック内の各相関値を加算して部分相関値を生成するとともに前記部分相関値の電力値を求め、前記ブロックごとに求めた電力値同士を加算して第2の相関電力値を算出する第2の相関電力算出ステップと、

前記第1の相関電力値と前記第2の相関電力値とに基づいて、前記

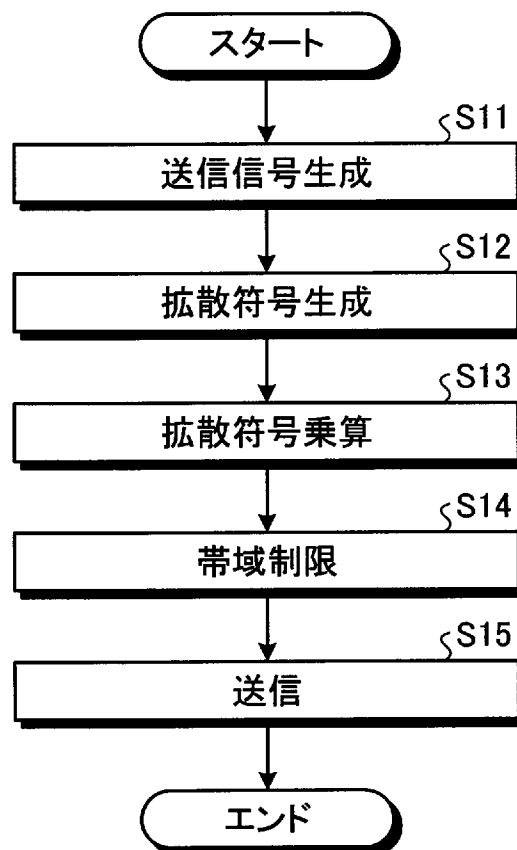
受信装置が受信した信号の送信元の送信装置が前記直接スペクトル拡散において送信信号に前記拡散符号を乗算したタイミング、を検出するタイミング検出部と、

を含むことを特徴とするタイミング検出方法。

[図1]



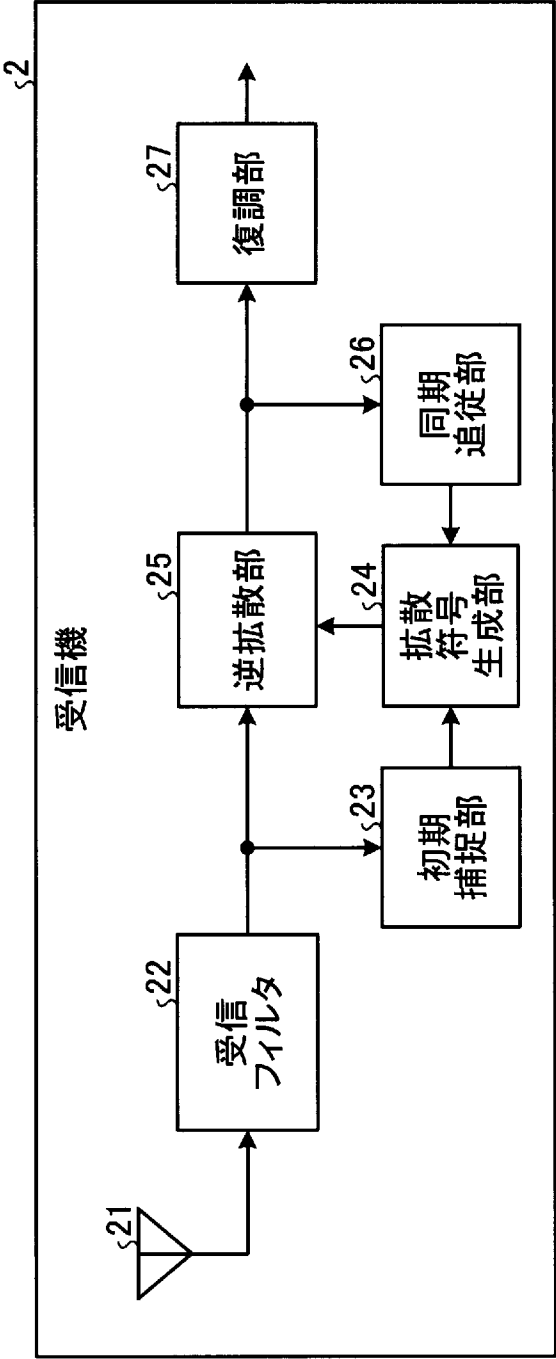
[図2]



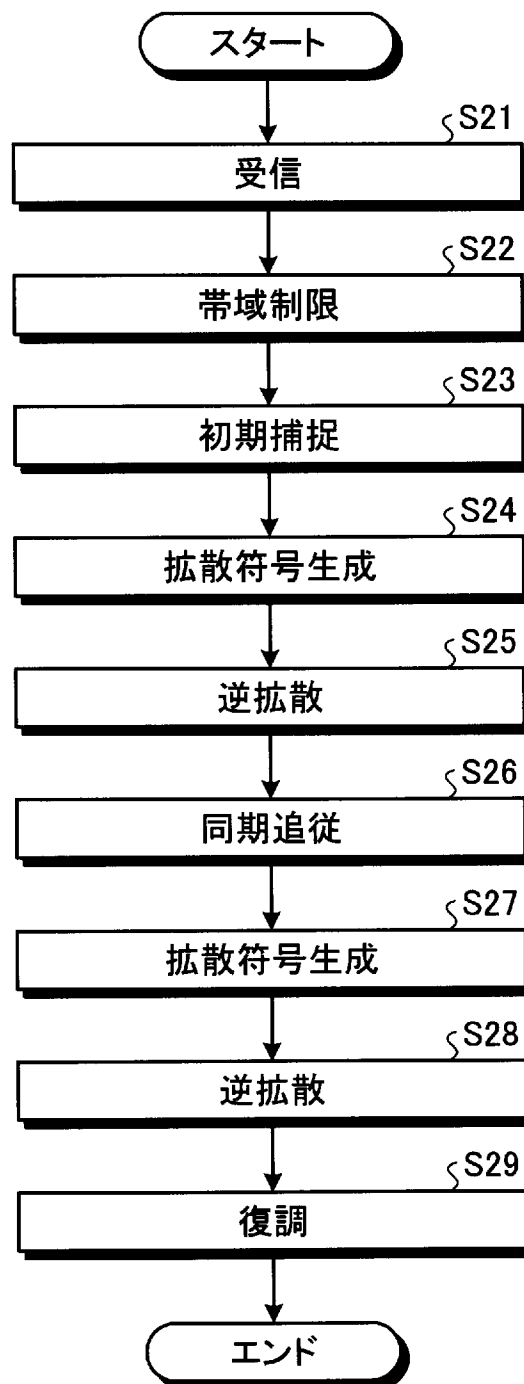
[図3]



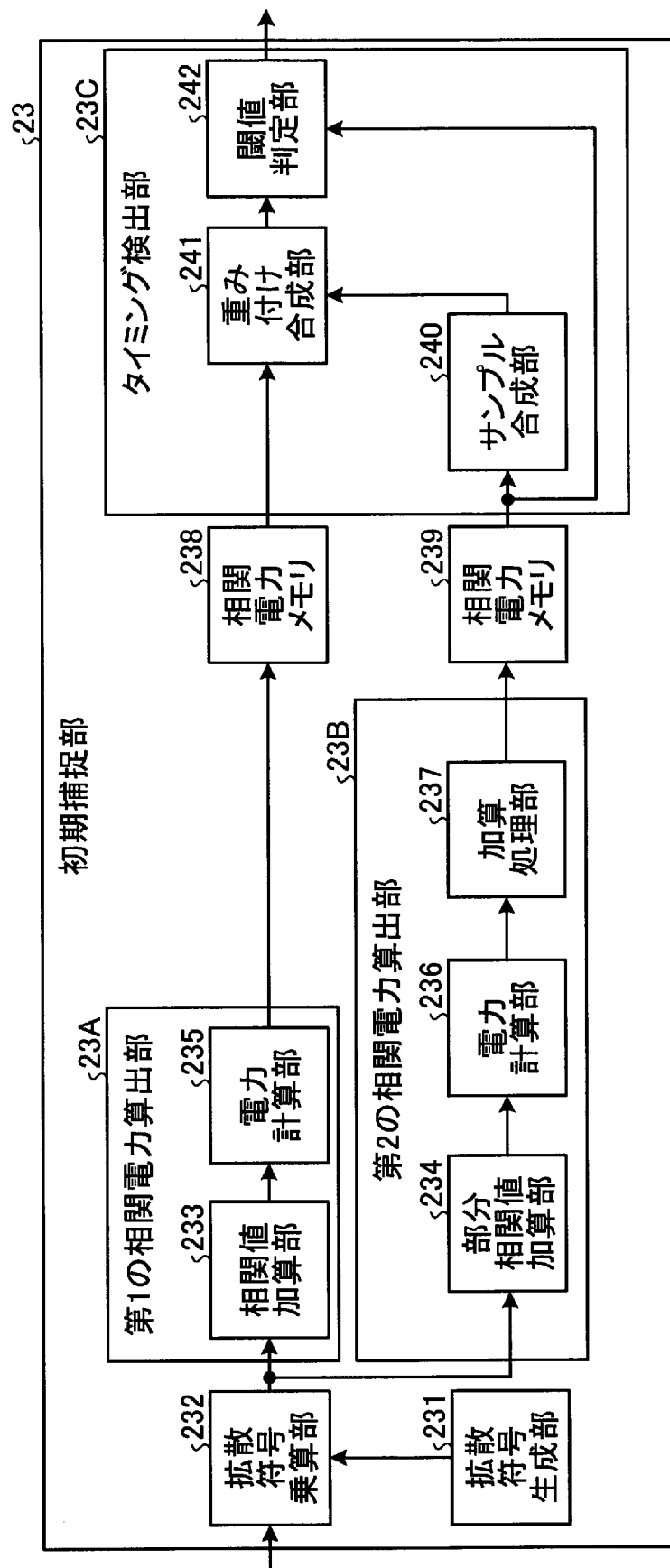
[図4]



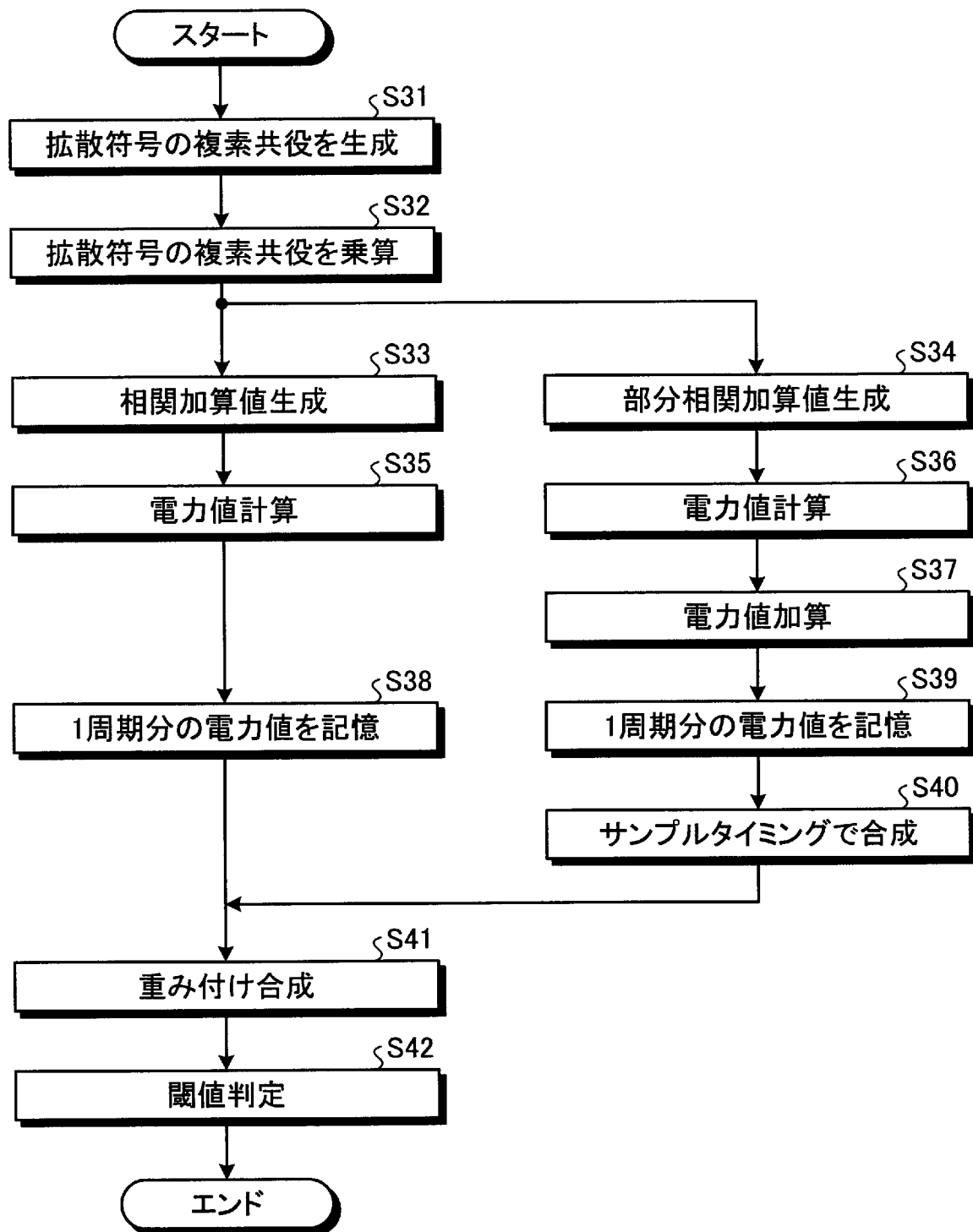
[図5]



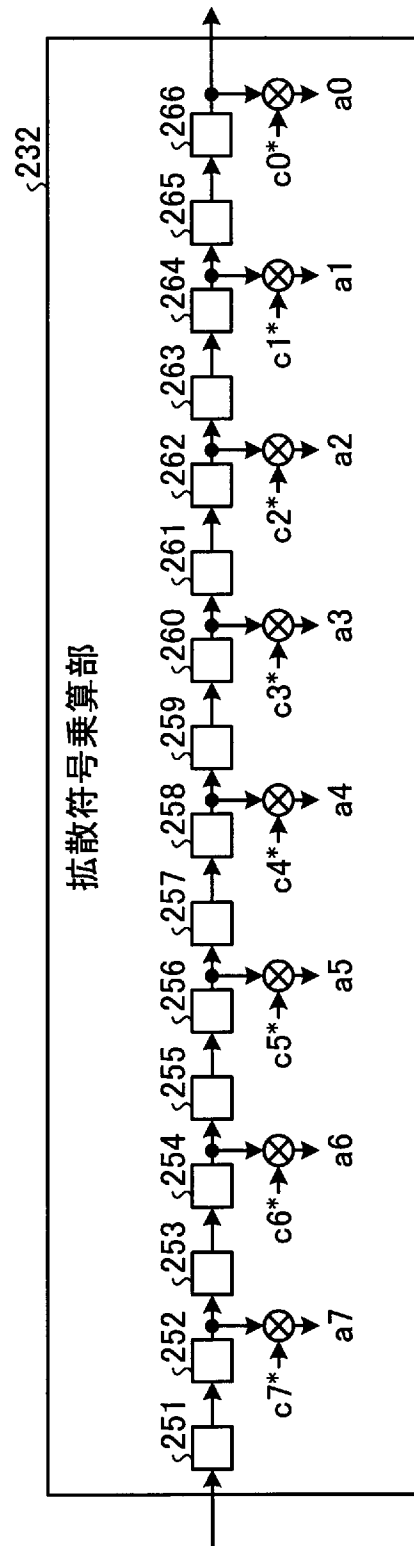
[図6]



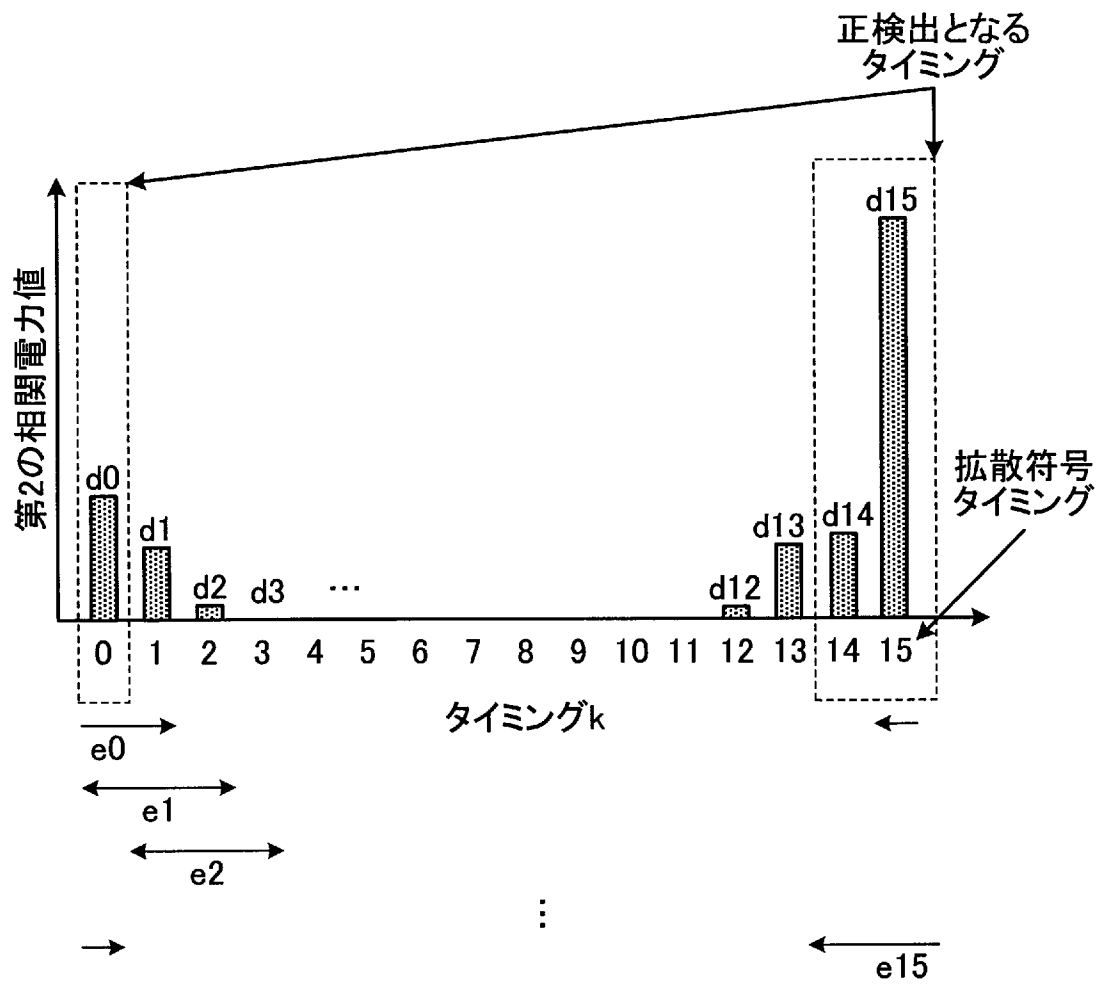
[図7]



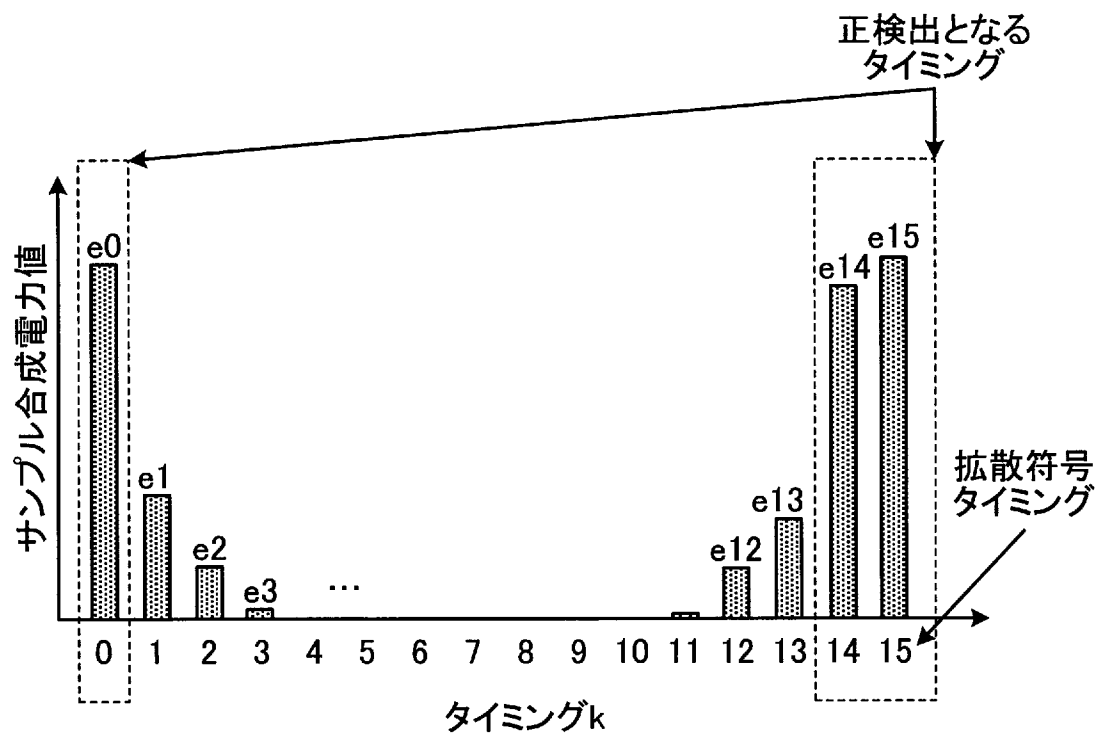
[図8]



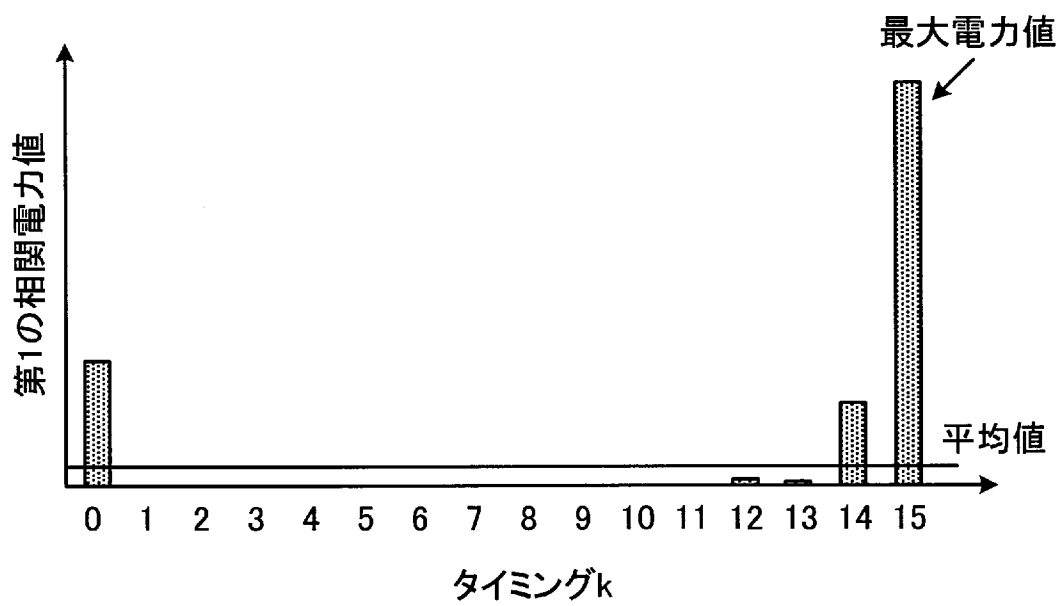
[図9]



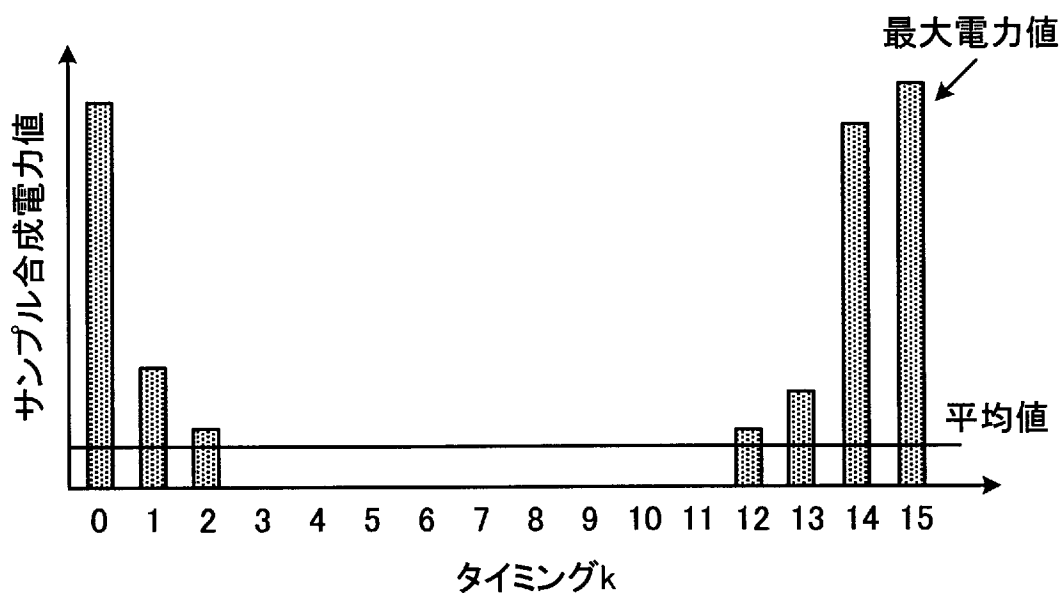
[図10]



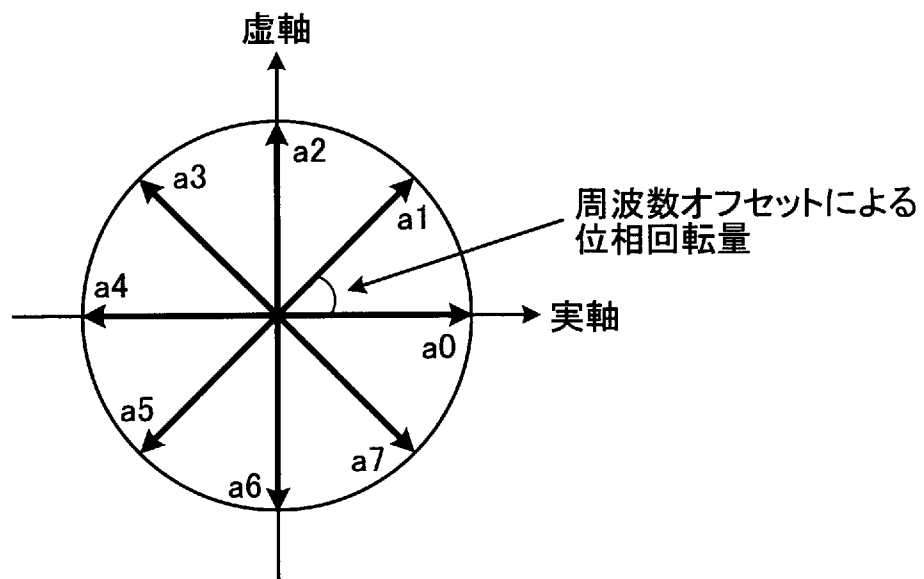
[図11]



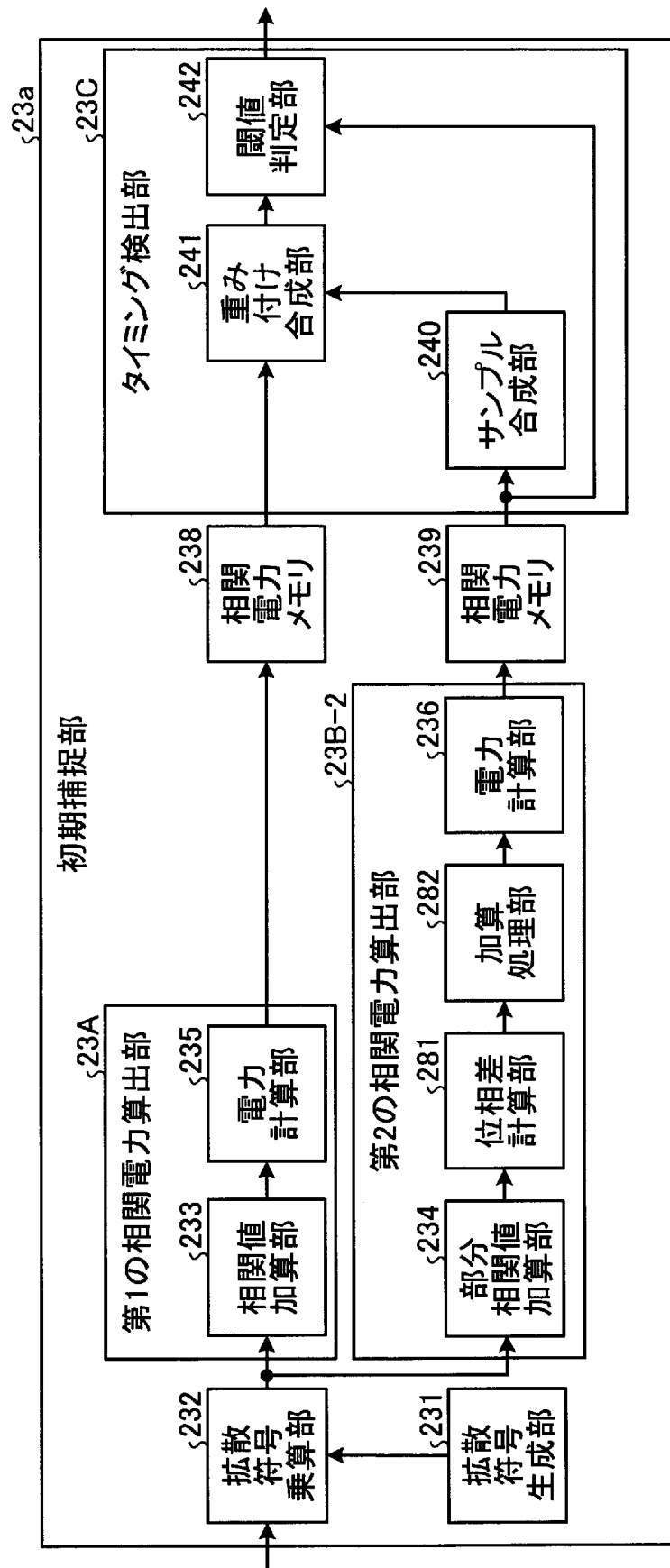
[図12]



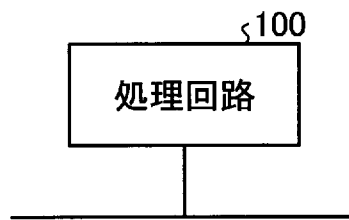
[図13]



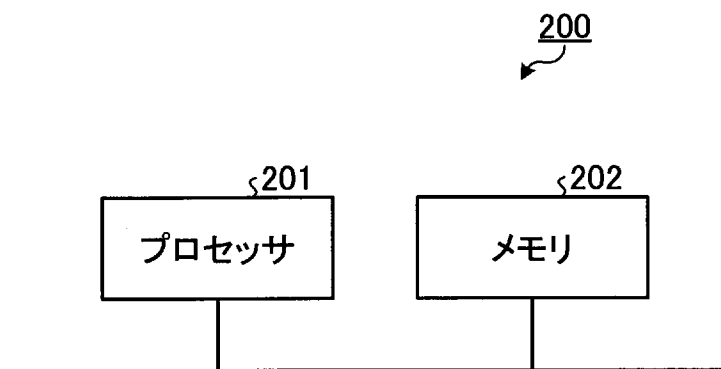
[図14]



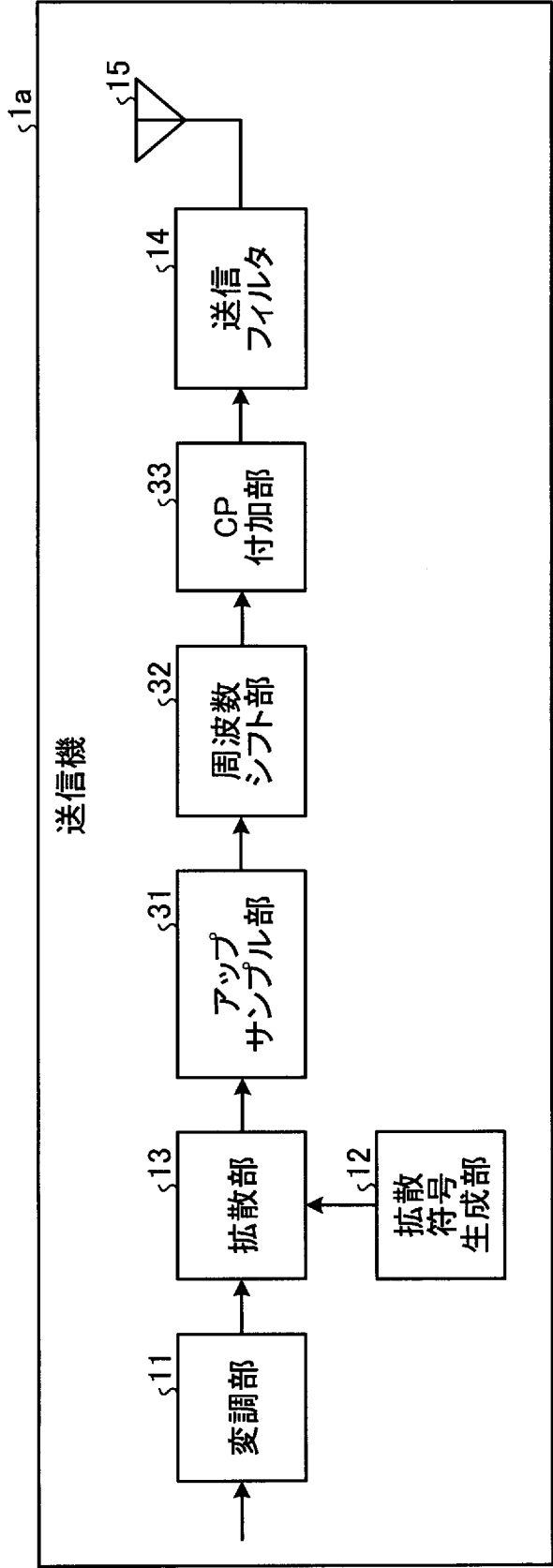
[図15]



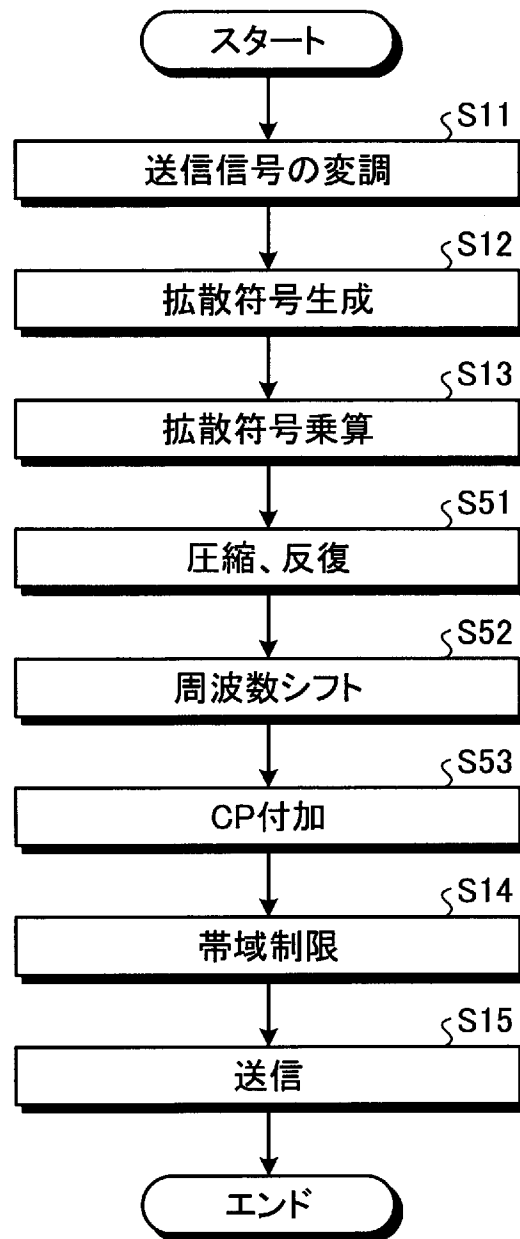
[図16]



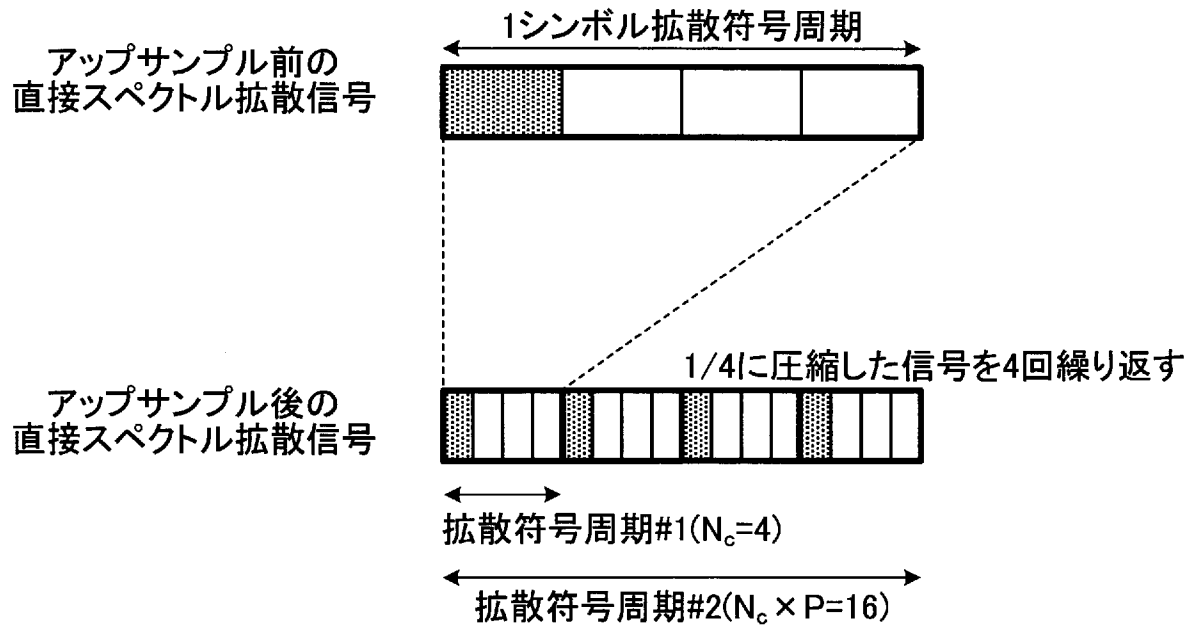
[図17]



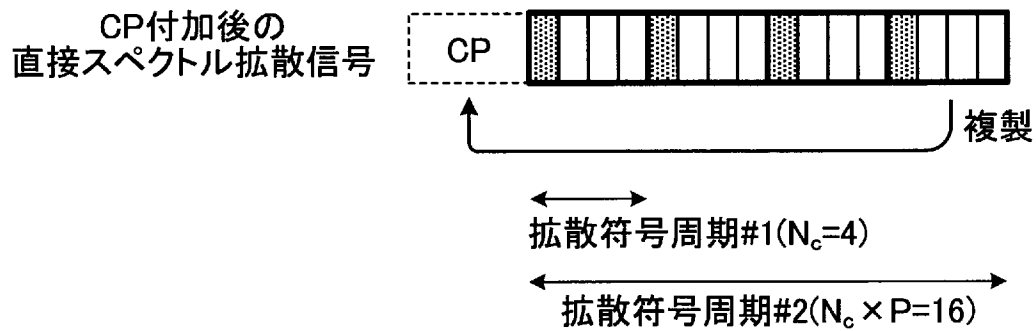
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029953

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04B1/7073 (2011.01) i

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)

Int. Cl. H04B1/7073

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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	JP 2015-026972 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 05 February 2015 (Family: none)	1-11
A	JP 2006-261985 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 28 September 2006 (Family: none)	1-11
A	JP 2010-011306 A (NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD.) 14 January 2010 (Family: none)	1-11



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

27.08.2018

Date of mailing of the international search report

18.09.2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029953

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	電子情報通信学会ソサイエティ大会講演要旨 [retrieved: 24 August 2018], Internet: < https://web.archive.org/web/20180824065701/https://www.gakkai-web.net/gakkai/ieice/S_2018/Settings/ab/b_05_070.html >, 2018 Society Conference Paper No. B-5-70, non-official translation (FUKUMA, Megumi et al. DS-SS High-Speed Initial Acquisition Scheme Using Multiple Divided Matching Filters. Proceedings of the IEICE Society Conference.)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04B1/7073(2011.01)i

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））

Int.Cl. H04B1/7073

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2015-026972 A（三菱電機株式会社）2015.02.05, （ファミリーなし）	1-11
A	JP 2006-261985 A（三菱電機株式会社）2006.09.28, （ファミリーなし）	1-11
A	JP 2010-011306 A（日本電波工業株式会社）2010.01.14, （ファミリーなし）	1-11

☒ 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矛盾するものではなく、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

27.08.2018

国際調査報告の発送日

18.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

大野 友輝

5 K

4685

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き) . 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
T	電子情報通信学会ソサイエティ大会講演要旨 [検索日 2018.08.24], Internet<URL:https://web.archive.org/web/20180824065701/http s://www.gakkai-web.net/gakkai/ieice/S_2018/Settings/ab/b_05_ 070.html>, 2018 年ソサイエティ大会 B-5-70	1-11