

(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9月24日(24.09.2020)



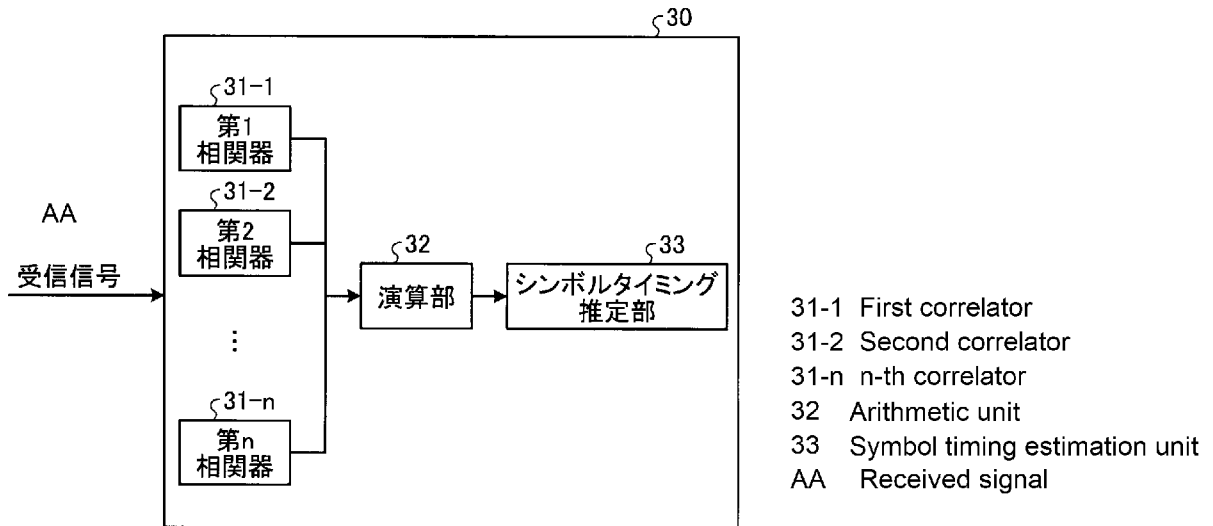
(10) 国際公開番号

WO 2020/188912 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 7/04 (2006.01) H04L 7/00 (2006.01)
H04B 1/7075 (2011.01) H04L 27/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048446
- (22) 国際出願日: 2019年12月11日(11.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-049897 2019年3月18日(18.03.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社 J V C ケンウッド (JVCKENWOOD CORPORATION) [JP/JP];
〒2210022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町
3丁目12番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 有田 懐人 (ARITA, Kaito); 〒2210022
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目
12番地 株式会社 J V C ケンウッド 知
的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許
事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT
OFFICE); 〒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 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, KE, KG, KH,

(54) Title: SYNCHRONIZATION TIMING DETECTION DEVICE, WIRELESS COMMUNICATION DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 同期タイミング検出装置、無線通信装置、およびプログラム



(57) Abstract: A synchronization timing detection device according to the invention is provided with: n (where n is $3 \leq n \leq m$, and n is a natural number and a submultiple of m) correlators (31-1, 31-2, 31-3, 31-4) that calculate a correlation value R between a received signal obtained by oversampling one symbol period by a factor of m (where m is a natural number) and a known synchronization pattern and then shift the correlation value R by m/n samples for output; an arithmetic unit (32) that combines n correlation value vectors obtained by applying each of the correlation values R_n outputted from the n correlators (31-1, 31-2, 31-3, 31-4) onto polar coordinates as an angle of $2\pi (n/m)$ and then calculates an angle of the

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,
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)）

combined vector; and a symbol timing estimation unit (33) that estimates a symbol timing of the received signal on the basis of the angle of the vector calculated by the arithmetic unit.

(57) 要約：同期タイミング検出装置は、1シンボル期間を m （ m は自然数）倍でオーバーサンプリングされた受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を m/n サンプルずつずらして算出して出力する n 個（ n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数）の相関器（31-1, 31-2, 31-3, 31-4）と、 n 個の相関器（31-1, 31-2, 31-3, 31-4）から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi(n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する演算部（32）と、演算部が算出したベクトルの角度に基づいて、受信信号のシンボルタイミングを推定するシンボルタイミング推定部（33）と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

同期タイミング検出装置、無線通信装置、およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、同期タイミング検出装置、無線通信装置、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] デジタル無線通信では、送信側は、所定の信号配列パターンを有する同期ワードを配置して、フレーム単位でデータを送信する。受信側は、同期ワードを検出することで、シンボル同期を図り受信したデータを復調する。

[0003] 例えば、特許文献1には、受信電力が大きく変動する場合であっても受信信号のシンボルと同期を図ることのできる技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5 2 8 3 1 8 2 号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、従来では、シンボル同期を検出する際に、シンボルレートの十数倍（例えば、16倍）のサンプリングレートで1つのサンプルごとに同期ワードとの相関値を算出している。その結果、情報処理量が多くなり、シンボル同期を検出するための処理負荷が大きくなってしまう。

[0006] 本開示は、シンボル同期を検出するための処理負荷を低減することのできる同期タイミング検出装置、無線通信装置、およびプログラムを提案する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の同期タイミング検出装置は、1シンボル期間を m （ m は自然数）倍でオーバーサンプリングされた受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を m/n サンプルずつずらして算出して出力する n 個（ n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数）の相関器と、前記 n 個の相関器から出力され

る相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi (n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する演算部と、前記演算部が算出したベクトルの角度に基づいて、前記受信信号のシンボルタイミングを推定するシンボルタイミング推定部と、を備える。

[0008] 本開示のデジタル無線通信装置は、RF 信号を検波し、受信信号に変換する検波部と、前記受信信号を復調する復調部と、前記復調部が前記受信信号を復調するための同期信号を生成する同期タイミング検出装置と、を備え、前記同期タイミング検出装置は、1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングされた前記受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を m/n サンプルずつずらして算出して出力する n 個 (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) の相関器と、前記 n 個の相関器から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi (n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する演算部と、前記演算部が算出したベクトルの角度に基づいて、前記受信信号のシンボルタイミングを推定するシンボルタイミング推定部と、推定したシンボルタイミングに基づいて、前記同期信号を生成する同期信号生成部と、を備える。

[0009] 本開示のプログラムは、1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングした受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値を m/n サンプルおきに n 個 (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) の相関値 R_n を算出して出力する相関値算出ステップと、前記 n 個の相関器から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi (n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する角度算出ステップと、前記角度に基づいて、シンボルが同期するシンボルタイミングを推定する推定ステップと、を同期タイミング検出装置として動作するコンピュータに実行させる。

[0010] 本開示によれば、シンボル同期を検出するための処理負荷を低減すること

ができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の実施形態に係る無線通信装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、本開示の実施形態に同期タイミング検出装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図3]図3は、本実施形態におけるサンプルの1周期の相関値を示す模式図である。

[図4]図4は、相関値を極座標に当てはめる方法の一例を説明するための模式図である。

[図5]図5は、相関値を相関値ベクトルとして算出する方法の一例を説明するための模式図である。

[図6]図6は、相関値のx成分と、y成分とを説明するための模式図である。

[図7]図7は、本開示の実施形態に同期タイミング検出装置を詳細に示す機能ブロック図である。

[図8]図8は、予測角度に対応するバッファの相関値ベクトルを示す模式図である。

[図9]図9は、本実施形態に係る同期タイミングを検出する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、添付図面を参照して、本開示に係る実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本開示が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせ構成するものも含む。

[0013] [実施形態]

図1を用いて、本開示の実施形態に係る無線通信装置1の構成について説明する。図1は、無線通信装置1の構成の一例を示すブロック図である。

[0014] 無線通信装置1は、アンテナ10と、検波部20と、同期タイミング検出装置30と、復調部40と、制御部50とを備える。本実施形態において、

無線通信装置 1 は、デジタル無線通信装置である。

[0015] アンテナ 10 は、無線通信装置 1 とは異なる無線通信装置から送信された RF 信号を受信する。アンテナ 10 は、例えば 4 値 FSK (Frequency Shift Keying) で変調された RF 信号を受信する。アンテナ 10 は、受信した RF 信号を検波部 20 に出力する。

[0016] 検波部 20 は、RF 信号を検波する。具体的には、検波部 20 は、例えば図示しない RF (Radio Frequency) 回路部と、直交検波部と、A/D (Analog to Digital) 変換部と、受信データ変換部とを有する。RF 回路部は、アンテナ 10 から受けた RF 信号に対して、周波数を変更する処理などを実行する。RF 回路部は、例えば信号を中間周波数に変更し、直交検波部に出力する。直交検波部は、RF 回路部から受けた信号に対して、直交検波を実行し、検波した直交信号を A/D 変換部に出力する。A/D 変換部は、直交検波部により直交検波された I, Q 2 つの直交信号を、アナログ-デジタル変換を実行して、デジタル信号に変換し、受信データ変換部に出力する。受信データ変換部は、直交信号を受信信号に変換する。前記した 4 値 FSK で変調された信号であればアークタンジェント検波により FM 検波を実行し、受信信号に変換する。受信データ変換部から出力された受信信号は、同期タイミング検出装置 30 と、復調部 40 とに出力される。

[0017] A/D 変換部は、例えばシンボルレートに対して十数倍（例えば、16 倍）にオーバーサンプリングする。よって受信データ変換部から出力される受信信号は、シンボルレートに対してオーバーサンプリングされた信号となる。よって、検波部 20 は、RF 信号を受信し、シンボルレートに対してオーバーサンプリングされた受信信号を出力する。

[0018] 同期タイミング検出装置 30 は、シンボル同期のタイミングを検出する。同期タイミング検出装置 30 は、シンボル同期を開始するタイミングに関するタイミング情報（シンボル同期信号）を出力する。また、同期タイミング検出装置 30 は、フレーム同期のタイミングも検出する。同期タイミング検

出装置 30 は、フレーム同期を開始するタイミングに関するタイミング情報（フレーム同期信号）を出力する。同期タイミング検出装置 30 の構成や処理については後述する。

[0019] 復調部 40 は、同期タイミング検出装置 30 が検出したタイミング情報に基づいて、受信信号の復調処理を実行する。

[0020] 制御部 50 は、無線通信装置 1 を構成する各部を制御する。すなわち、制御部 50 は、検波部 20 と、同期タイミング検出装置 30 と、復調部 40 との各部を制御する。制御部 50 は、例えば CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) など構成されている。この場合、ROM には、CPU が各部を制御するためのプログラムが格納されている。CPU は、ROM に格納されたプログラムを読み出し、RAM にデータ領域を確保して実行することで、無線通信装置 1 の各部を制御する。言い換えると、制御部 50 は、コンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体に記録されたプログラムを実行することにより、本実施形態の無線通信装置 1 の各機能を実現する。

[0021] [同期タイミング検出装置]

図 2 を用いて、本開示の実施形態に係る同期タイミング検出装置について説明する。図 2 は、本開示の実施形態に係る同期タイミング検出装置の基本構成の一例を示すブロック図である。

[0022] 同期タイミング検出装置 30 は、第 1 相関器 31-1 と、第 2 相関器 31-2 と、・・・、第 n (n は 3 以上の自然数) 相関器 31- n と、演算部 32 と、シンボルタイミング推定部 33 とを備える。

[0023] 第 1 相関器 31-1 から第 n 相関器 31- n は、それぞれ、 m 倍でオーバーサンプリングされた受信信号を受ける。第 1 相関器 31-1 から第 n 相関器 31- n は、それぞれ異なる所定のサンプルタイミングの信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を導出する。所定のサンプルタイミングは、 m/n (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) サンプルずつずれている

。例えば、相関値 R_n のサンプリングのずれは、 m を 16 とし、 n を 4 とすると 4 サンプルとなる。1 シンボル期間の 16 サンプル（第 1 ～ 第 16 サンプル）の第 1、第 5、第 9、第 13 サンプルを起点として、それぞれの相関器 $31 - n$ が相関値を導出する。つまり、第 1 相関器 $31 - 1$ は、第 1 サンプルから次の第 1 サンプルまでを 1 シンボル期間として相関値 R_1 を導出する。第 2 相関器 $31 - 2$ は、第 5 サンプルから次の第 5 サンプルまでを 1 シンボル期間として相関値 R_2 を導出する。第 3 相関器 $31 - 3$ は、第 9 サンプルから次の第 9 サンプルまでを 1 シンボル期間として相関値 R_3 を導出する。第 4 相関器 $31 - 4$ は、第 13 サンプルから次の第 13 サンプルまでを 1 シンボル期間として相関値 R_4 を導出する。4 つの相関器 $31 - n$ は、それぞれ 4 サンプルずつタイミングがずれた受信信号に対して相関値 R_n をそれぞれ導出する。なお、各相関器は、下記の式（1）に基づいて相関値を算出する。

[0024] [数1]

$$\text{相関値} = \sum_{k=1}^l S[k] * B[k] \quad \dots (1)$$

[0025] 式（1）において、 $S[k]$ は同期ワードのデータ、 $B[k]$ はバッファされた受信データである。また、 l （ L の小文字）は同期ワードのデータ長である。

[0026] 図 3 は、第 1 相関器 $31 - 1$ から第 n 相関器 $31 - n$ の n 個の相関器から出力されるそれぞれの相関値 R_n をサンプルタイミング $P_1 \sim P_m$ 毎に並べた状態を示している。例えば、第 1 相関器 $31 - 1$ の出力は、 P_1 の位置で相関値の大きさを図の上方向の矢印で示している。第 2 相関器 $31 - 2 \sim$ 第 4 相関器も同様である。

[0027] 演算部 32 は、相関値 R_n のいずれが所定のしきい値を超えるまで相関値 R_n の算出を繰り返す。演算部 32 は、相関値 R_n のいずれかが所定のしきい値を超えた場合、図 3 で示した相関値 R_n の各々を、図 4 で示す極座標に当てはめる。その結果、相関値 R_n の各々は、図 5 に示すように極座標上に

、相関値の絶対値を大きさとし、角度を $2\pi (n/m)$ [rad] としてあてはめた n 個の相関値ベクトル V_1 、 V_5 、 V_9 、 V_{13} として表される。演算部 32 は、相関値ベクトル V_1 、 V_5 、 V_9 、 V_{13} のベクトル合成の演算を行う。演算部 32 は、合成した相関値ベクトルの極座標上における角度を算出する。なお説明を容易にするため、 P_1 の角度を 0 [rad] としている。

[0028] 合成した相関値ベクトルの角度の算出は、相関値ベクトル各々の x 成分と y 成分とを算出し、 x 成分と y 成分とそれぞれの差分を算出し、算出後の x 成分と y 成分とから逆正接を算出してもよい。例えば、演算部 32 は、相関器の数 n を 4 として 90 度ごとに配置された相関値ベクトル V_1 、 V_5 、 V_9 、 V_{12} のそれぞれの x 成分の差分と、 y 成分の差分を算出する。図 6 に示すように、演算部 32 は、 x 成分は下記の式 (2)、 y 成分は下記の式 (3) により相関値ベクトルのそれぞれの x 成分と y 成分とを算出し、さらに x 成分の差分 (V_x) と、 y 成分の差分 (V_y) とを算出する。

[0029] [数2]

$$x\text{成分} = \sum_{n=1}^n \text{第}n\text{バッファの相関値} * \text{Cos(第}n\text{バッファの角度)} \quad \dots(2)$$

$$y\text{成分} = \sum_{n=1}^n \text{第}n\text{バッファの相関値} * \text{Sin(第}n\text{バッファの角度)} \quad \dots(3)$$

[0030] 演算部 32 は、合成した相関値ベクトルの角度を求めるため、下記の式 (4) に従って、 V_x と V_y とから逆正接を算出する。

[0031] [数3]

$$\text{角度} = \arctan\left(\frac{\text{相関値の}y\text{成分}}{\text{相関値の}x\text{成分}}\right) \quad \dots(4)$$

[0032] 演算部 32 が、ベクトル合成を行い、角度を求める理由は、相関値が最大となるサンプルタイミングを推定するためである。図 3 に示すように、本開示の実施形態に係る同期タイミング検出装置 30 は、1 シンボル期間 ($P_1 \sim P_{16}$) の全てのサンプルタイミングを起点として相関値を算出するのではなく、所定の間隔で間引きしたサンプルタイミングを起点として相関値を

算出している。そのため、相関値が最大になる場合の相関値の大きさとサンプルタイミングとは、推定する必要がある。

[0033] 演算部32は、間引きしたサンプルタイミングの相関値の各々を極座標上にあてはめ、相関値ベクトルとする。極座標上の角度は1周で16サンプル表せるので、それぞれの相関値ベクトルのなす角度は、相関値の算出の起点となっているサンプルタイミングとなる。そのため、それぞれの相関値ベクトルを、演算部32がベクトル合成した結果は、相関値が最大となった場合の相関値ベクトルを示すことになる。そのため、演算部32により算出したベクトル合成後の相関値ベクトルのなす角度（予測角度 θ_1 ）は、相関値が最大となるサンプルタイミングとなる、と推定できる。

[0034] シンボルタイミング推定部33は、予測角度 θ_1 に基づいて、シンボルが同期するシンボルタイミングを推定する。図4に示すように極座標における1周は1シンボル期間である。シンボルタイミング推定部33は、予測角度 θ_1 において、相関値が最大になると推定する。さらに、シンボルタイミング推定部33は、図4に示すように極座標における1周は1シンボル期間であるため、相関値が最大となる角度に該当するサンプルタイミングを推定する。また、シンボルタイミング推定部33は、相関値が最大となるサンプルタイミングからシンボルが同期するタイミングを推定する。よって、予測角度 θ_1 に該当するサンプルタイミングから受信信号をサンプリングした場合に、同期ワードとの相関値は最大となるといえる。同期ワードとの相関値が最大となることから、同期ワードのタイミングを推定できたといえる。また、同期ワードの波形におけるシンボルの位置（シンボルタイミング）は、既知であることから、同期ワードとの相関値が最大となるサンプルタイミングを推定することにより、同期ワードそのもののタイミングを推定でき、さらにはシンボルが同期するタイミングを推定することができる。

[0035] [同期タイミング検出方法]

図7を用いて、本実施形態に係る同期タイミング検出装置を備えた無線通信装置における同期タイミング検出方法を説明する。図7は、本実施形態に

係る同期タイミング装置を詳細に示した機能ブロック図である。

[0036] 本実施形態に係る同期タイミング検出装置30Aでは、受信側のサンプリングレートを送信側の m 倍、例えば16倍にオーバーサンプリングする。この場合、同期タイミング検出装置30Aは、バッファを16個備えている。なお、以下の説明では、受信側のサンプリングレートを送信側の16倍にオーバーサンプリングするものとして説明するが、これは例示であり、本開示を限定するものでない。例えば受信側のサンプリングレートを送信側の十数倍に設定すればよい。

[0037] 本実施形態に係る同期タイミング検出装置30Aは、第1バッファ110-1～第16バッファ110-16と、第1相関器31-1～第4相関器31-4と、演算部32と、シンボルタイミング推定部33と、セクタ34と、同期判定用相関器35と、フレームタイミング判定部36と、シンボルタイミング判定部37とを備える。

[0038] 16個のバッファのそれぞれは、1サンプルずつずらして受信信号を記憶する。図2で説明した基本構成と同じく、 n 個の相関器により m/n (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) サンプルずつずれたサンプルタイミングとなるバッファから出力された受信信号のそれぞれに対して同期ワードとの相関判定を行う。相関器数を4としたため、 n は4であり、4サンプルずつずれたバッファからの出力に対して同期ワードとの相関値を算出することになる。第1バッファ110-1の出力を第1相関器31-1が、第5バッファ110-5の出力を第2相関器31-2が、第9バッファ110-9の出力を第3相関器31-3が、第13バッファ110-13の出力を第4相関器31-4が、それぞれ相関値の算出を行う。演算部32は、予測角度 θ_1 を算出するが、図2で示した基本構成と同じであるため説明は省略する。

[0039] シンボルタイミング推定部33は、演算部32において算出した予測角度 θ_1 から、図4に示す極座標上の P_m ($P_1 \sim P_{16}$) のいずれとなるかを推定する。 P_m は、1シンボル期間を1周としているため、予測角度 θ_1 が

示す角度は、サンプルタイミングを意味する。厳密には、1周を16分割した角度のいずれかに相関値が最大となる予測角度 θ_1 が当てはまることはないため、シンボルタイミング推定部33は予測角度 θ_1 に最も近い角度となる P_m を推定してもよい。

[0040] シンボルタイミング推定部33は、シンボルタイミング推定部33が推定したシンボルタイミングの推定値 P_m から、該当するサンプルタイミングのバッファに記憶された受信信号を選択するようセクタ34に指示する。

[0041] 例えば、図3、図5、図6、図8に示す状態である場合、演算部32は予測角度 θ_1 を45度と算出することになる。シンボルタイミング推定部33は、演算部32の算出結果である45度に基づき、相関値が最大となるサンプルタイミングは P_3 であると推定する。シンボルタイミング推定部33が P_3 と推定したことに基づいて、セクタ34は、第3バッファ110-3に記憶された受信信号を選択し、同期判定用相関器35に出力する。

[0042] 同期判定用相関器35は、シンボルタイミング推定部33で推定した相関値が最大となると推定されたタイミング P_3 でサンプリングされたバッファの受信信号に対して、同期ワードとの相関値を算出し、フレームタイミング判定部36およびシンボルタイミング判定部37に出力する。

[0043] フレームタイミング判定部36は、同期判定用相関器35が算出した相関値が所定のしきい値以上であれば、フレームタイミングを判定する。フレームタイミング判定部36は、判定したフレームタイミングに基づいてフレーム同期信号を生成し、復調部40に出力する。

[0044] シンボルタイミング判定部37は、同期判定用相関器35が算出した相関値が所定のしきい値以上であれば、受信信号におけるシンボルタイミングを判定する。シンボルタイミング判定部37は、判定したシンボルタイミングに基づいてシンボル同期信号を生成し、復調部40に出力する。フレームタイミング判定部36およびシンボルタイミング判定部37はそれぞれ判定だけでなくそれぞれ同期信号を生成することから、これら2つを同期信号生成部38とする。

- [0045] 前記したように、復調部40は、同期タイミング検出装置30が検出したタイミング情報、つまりフレーム同期信号およびシンボル同期信号に基づいて、受信信号の復調処理を実行する。
- [0046] 本実施形態は、16個のバッファのうち、5個のバッファの相関値と、最大の相関値予測する際の $\arctan$ の計算を行うことでシンボルタイミングを推定する。 $\arctan$ の計算の処理量は、例えばチェビシェフ近似式に置き換えた場合、1つのバッファの相関値を計算する場合と同等となる。すなわち、本実施形態は、同期タイミング検出装置が16個のバッファを備えている場合において、6個のバッファの相関値を算出する演算量と同等の処理で、同期タイミングを検出することができる。
- [0047] 一方、上述したように、従来の方法では、同期タイミング検出装置では16個のバッファを備えている場合に、同期タイミングを検出する場合には、16個全てのバッファの相関値を算出する必要があった。すなわち、本実施形態は、従来の方法と比較すると、半分以下の演算量で同期タイミングを検出することができる。
- [0048] なお、上述では、演算部32は、第1バッファ110-1と、第5バッファ110-5と、第9バッファ110-9と、第13バッファ110-13との4つのバッファの相関値を検出して、シンボルタイミングを推定した。しかしながら、本開示では、演算部32は、3つ以上であればベクトルの合成により、角度を算出しシンボルタイミングを推定することができる。
- [0049] 図9を用いて、本実施形態に係る同期タイミングを検出する処理の流れについて説明する。図9は、本実施形態に係る同期タイミングを検出する処理の流れの一例を示すフローチャートである。
- [0050] 所定数の相関器（第1から第n相関器）は、対応するバッファ（所定のバッファ）に記憶された受信信号と同期ワードとの相関値を算出する（ステップS101）。
- [0051] ステップS101で算出した相関値のいずれかが、所定のしきい値以上であれば（ステップS102のYes）、演算部32は、相関器から受けた相

閾値に基づいて、極座標において最大の相関値に対応する予測角度 θ_1 を算出する（ステップS103）。

[0052] ステップS101で算出した相関値のいずれかが、所定のしきい値未満であれば（ステップS102のNo）、ステップS101に戻り、演算部32は、所定のバッファの相関値の算出を行う。受信信号が同期ワードでは無い場合には、いずれの相関器も相関値は上がらないことから、ステップS103以降の処理を行わないための処理である。

[0053] シンボルタイミング推定部33は、演算部32が算出した予測角度 θ_1 に対応するサンプルタイミングから、該当するサンプルタイミングのバッファを選択し、同期判定用相関器35は、該当するバッファに記憶された受信信号と同期ワードとの相関値を算出する（ステップS104）。

[0054] ステップS104で算出した相関値が、所定のしきい値未満であれば（ステップS105のNo）、ステップS101に戻る。

[0055] ステップS104で算出した相関値が、所定のしきい値以上であれば（ステップS105のYes）、フレームタイミング判定部36がフレームタイミングを判定しフレーム同期信号を生成し、シンボルタイミング判定部37がシンボルタイミングを判定しシンボル同期信号を生成する（ステップS106）。そして、図9の処理は終了する。

[0056] ステップS102におけるサンプルタイミングを推定するための相関値のしきい値は、ステップ105における同期判定用相関器が同期判定を行うための相関値のしきい値に比べて低くてもよい。これは、推定の段階では、間引きしたサンプルタイミングを起点として記憶したバッファの受信信号と同期ワードとの位相がかならずしも一致せず、相関値は上がりにくいためである。しかし、同期判定用相関器に入力される受信信号は、相関値が最大となると推測されたサンプルタイミングを起点としたバッファに記憶された受信信号であるため、相関値は高くなることが予想できることから、相関値のしきい値を高くてもよい。

[0057] 上述のとおり、本実施形態は、受信側でサンプリングレートを十数倍した

場合において、相関値を演算するバッファを間引くことによって、同期タイミングを検出する演算量を従来と比べて半分以下に抑制することができる。

[0058] また、本実施形態は、同期タイミングであると予測されたバッファの相関値を算出し、その相関値と、同期タイミングを予測するために算出したバッファの相関値とを比較することができる。その結果、本実施形態は、同期タイミングの検出精度を向上させることができる。

[0059] 以上、本開示の実施形態を説明したが、これら実施形態の内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、前述した実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

産業上の利用可能性

[0060] 本実施形態に係る同期タイミング検出装置、無線通信装置、およびプログラムは、例えば、デジタル信号を受信する無線通信装置に利用することができる。

符号の説明

- [0061] 1 無線通信装置
- 10 アンテナ
 - 20 検波部
 - 30, 30A 同期タイミング検出装置
 - 31-1 第1相関器
 - 31-2 第2相関器
 - 31-3 第3相関器
 - 31-4 第4相関器
 - 32 演算部
 - 33 シンボルタイミング推定部
 - 34 セレクタ

- 3 5 同期判定用相関器
- 3 6 フレームタイミング判定部
- 3 7 シンボルタイミング判定部
- 3 8 同期信号生成部
- 4 0 復調部
- 1 1 0 - 1 第 1 バッファ
- 1 1 0 - 5 第 5 バッファ
- 1 1 0 - 9 第 9 バッファ
- 1 1 0 - 1 3 第 1 3 バッファ

請求の範囲

[請求項1]

1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングされた受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を m/n サンプルずつずらして算出して出力する n 個 (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) の相関器と、

前記 n 個の相関器から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi(n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する演算部と、

前記演算部が算出したベクトルの角度に基づいて、前記受信信号のシンボルタイミングを推定するシンボルタイミング推定部と、

を備える、同期タイミング検出装置。

[請求項2]

R F 信号を検波し、受信信号に変換する検波部と、

前記受信信号を復調する復調部と、

前記復調部が前記受信信号を復調するための同期信号を生成する同期タイミング検出装置と、

を備え、

前記同期タイミング検出装置は、

1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングされた前記受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値 R を m/n サンプルずつずらして算出して出力する n 個 (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) の相関器と、

前記 n 個の相関器から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi(n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する演算部と、

前記演算部が算出したベクトルの角度に基づいて、前記受信信号のシンボルタイミングを推定するシンボルタイミング推定部と、

推定したシンボルタイミングに基づいて、前記同期信号を生成する同期信号生成部と、
を備える、
無線通信装置。

[請求項3]

前記同期タイミング検出装置は、

1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングされた前記受信信号を、1 サンプルずつずらしたタイミングを起点として記憶する m 個のバッファと、

前記シンボルタイミング推定部が推定したシンボルタイミングに基づいて m 個のバッファから1つのバッファを選択するセレクトと、

前記セレクトで選択したバッファに記憶された受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値を算出する同期判定用相関器と、

前記同期判定用相関器が算出した相関値が所定のしきい値以上の場合に、前記復調部に前記同期信号としてフレーム同期信号を生成して出力するフレームタイミング判定部と、

前記同期判定用相関器が算出した相関値が所定のしきい値以上の場合に、前記復調部に前記同期信号としてシンボル同期信号を生成して出力するシンボルタイミング判定部と、

を備える請求項2に記載の無線通信装置。

[請求項4]

1 シンボル期間を m (m は自然数) 倍でオーバーサンプリングした受信信号と、既知の同期用パターンとの相関値を m/n サンプルおきに n 個 (n は $3 \leq n \leq m$ 、 n は自然数かつ m の約数) の相関値 R_n を算出して出力する相関値算出ステップと、

前記 n 個の相関器から出力される相関値 R_n の各々を極座標上に角度 $2\pi(n/m)$ としてあてはめた n 個の相関値ベクトルとし、 n 個の相関値ベクトルを合成し、合成したベクトルの角度を算出する角度算出ステップと、

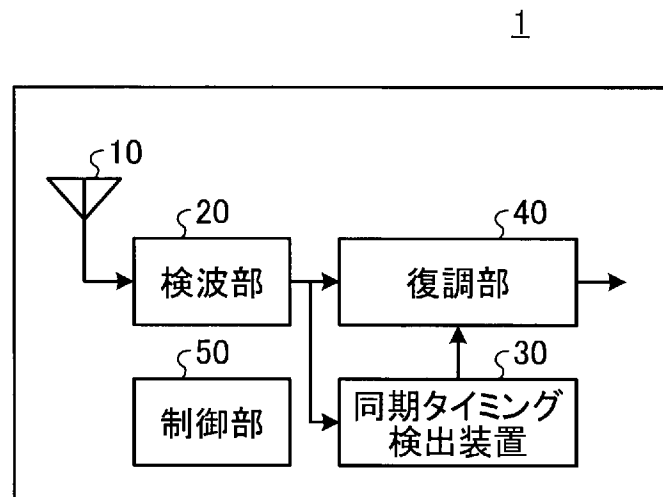
前記角度に基づいて、シンボルが同期するシンボルタイミングを推

定する推定ステップと、

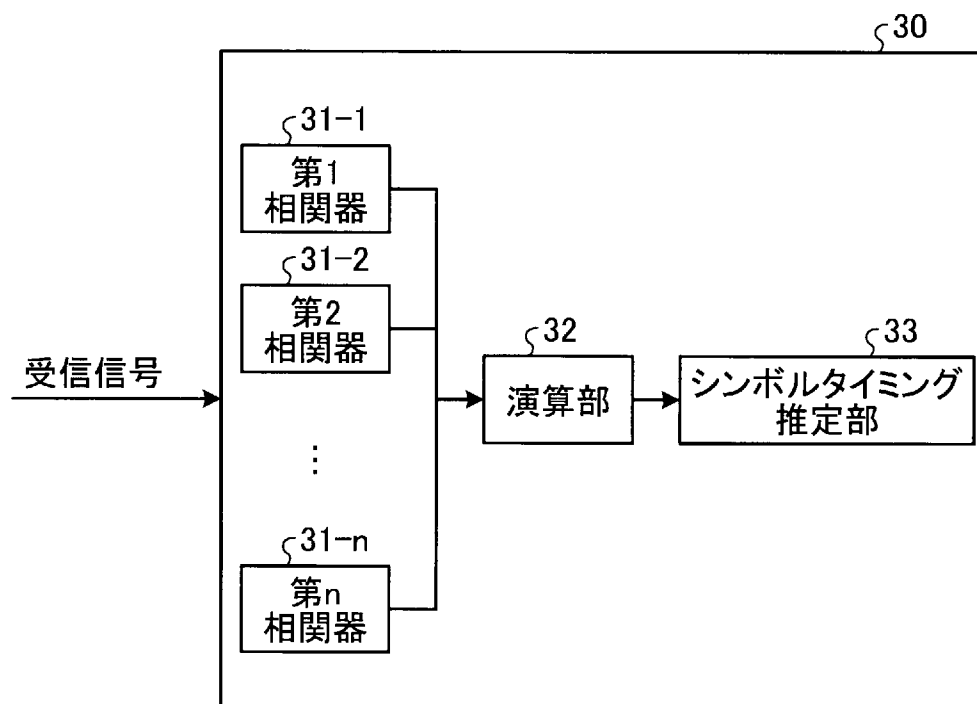
を同期タイミング検出装置として動作するコンピュータに実行させるための、プログラム。

[請求項5] 前記相関値 R_n のいずれかが所定のしきい値を超えた場合に、前記角度算出ステップを行う判定ステップをさらに含む請求項4に記載のプログラム。

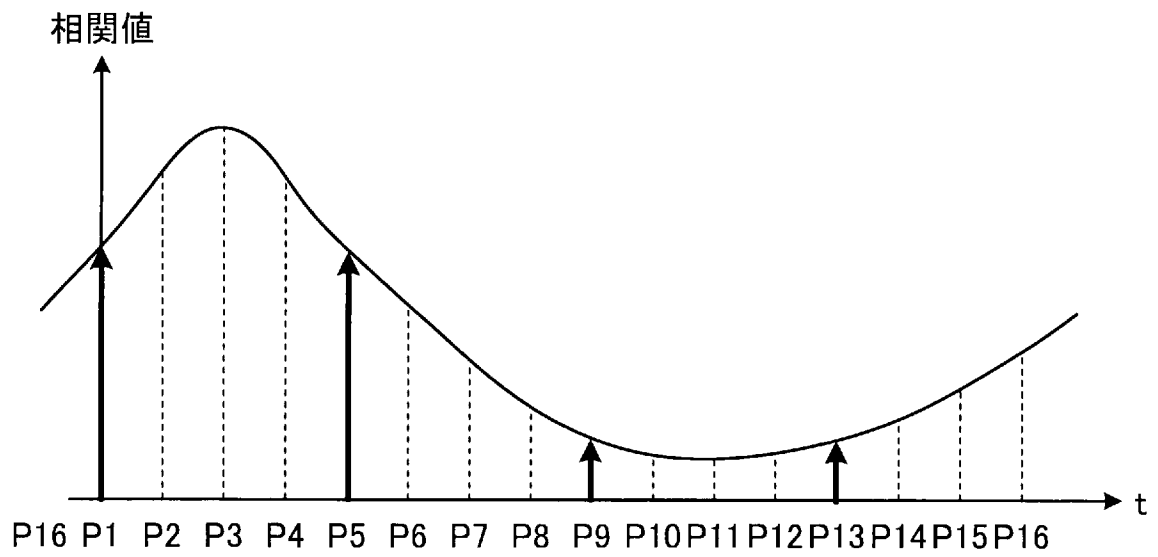
[図1]



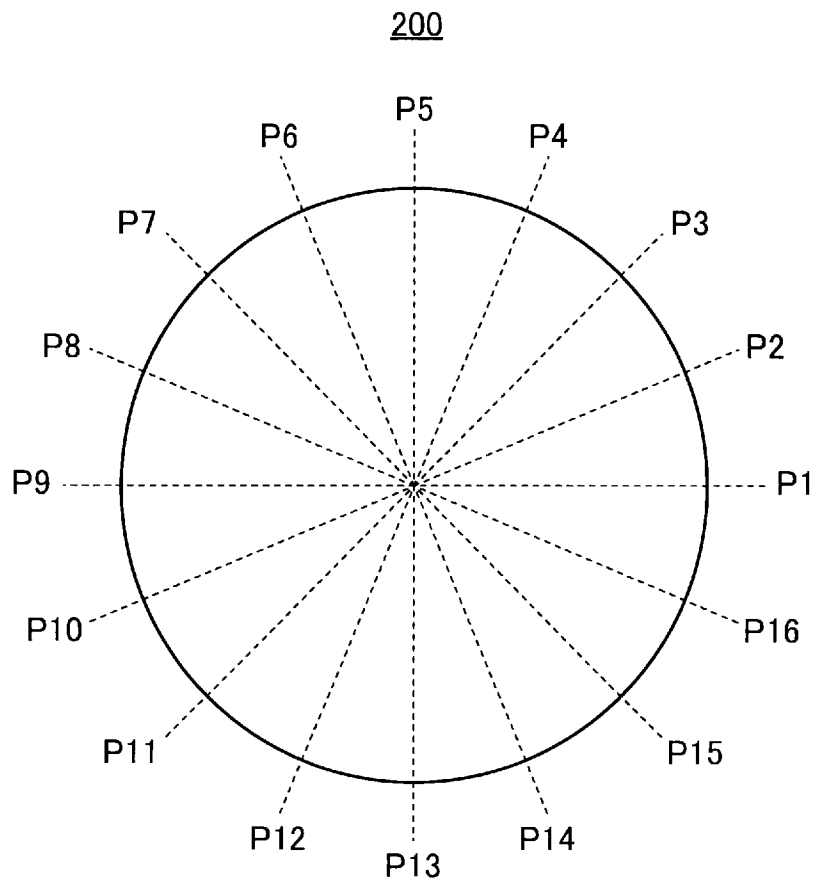
[図2]



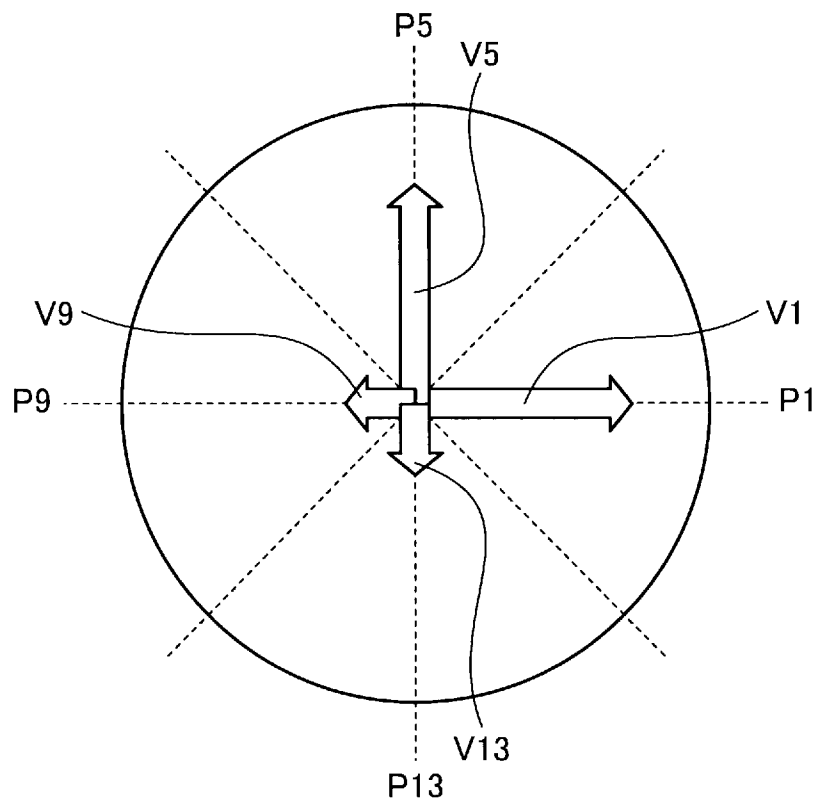
[図3]



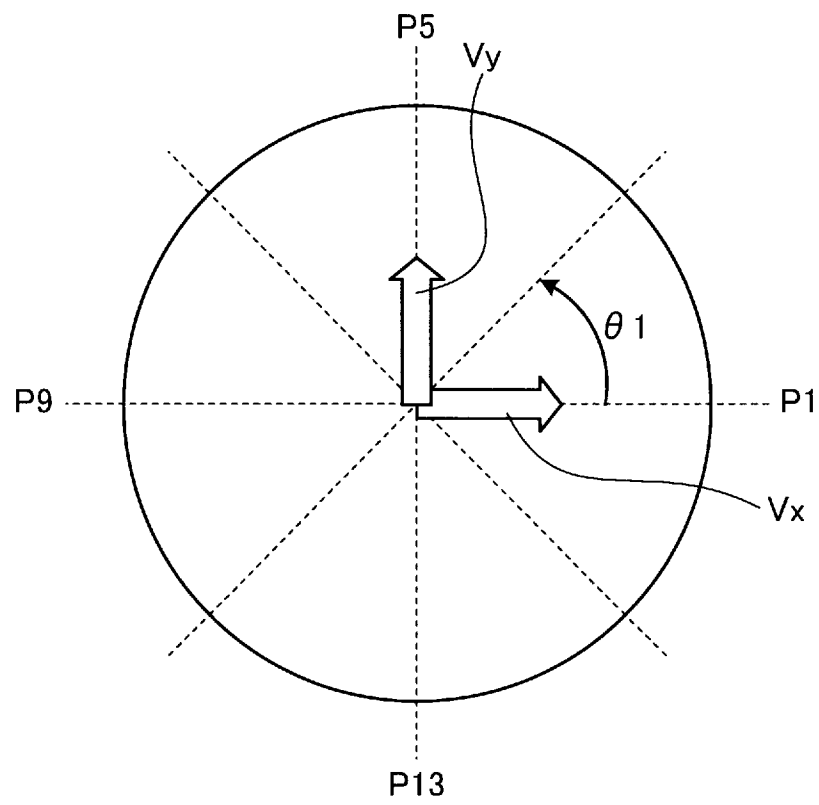
[図4]



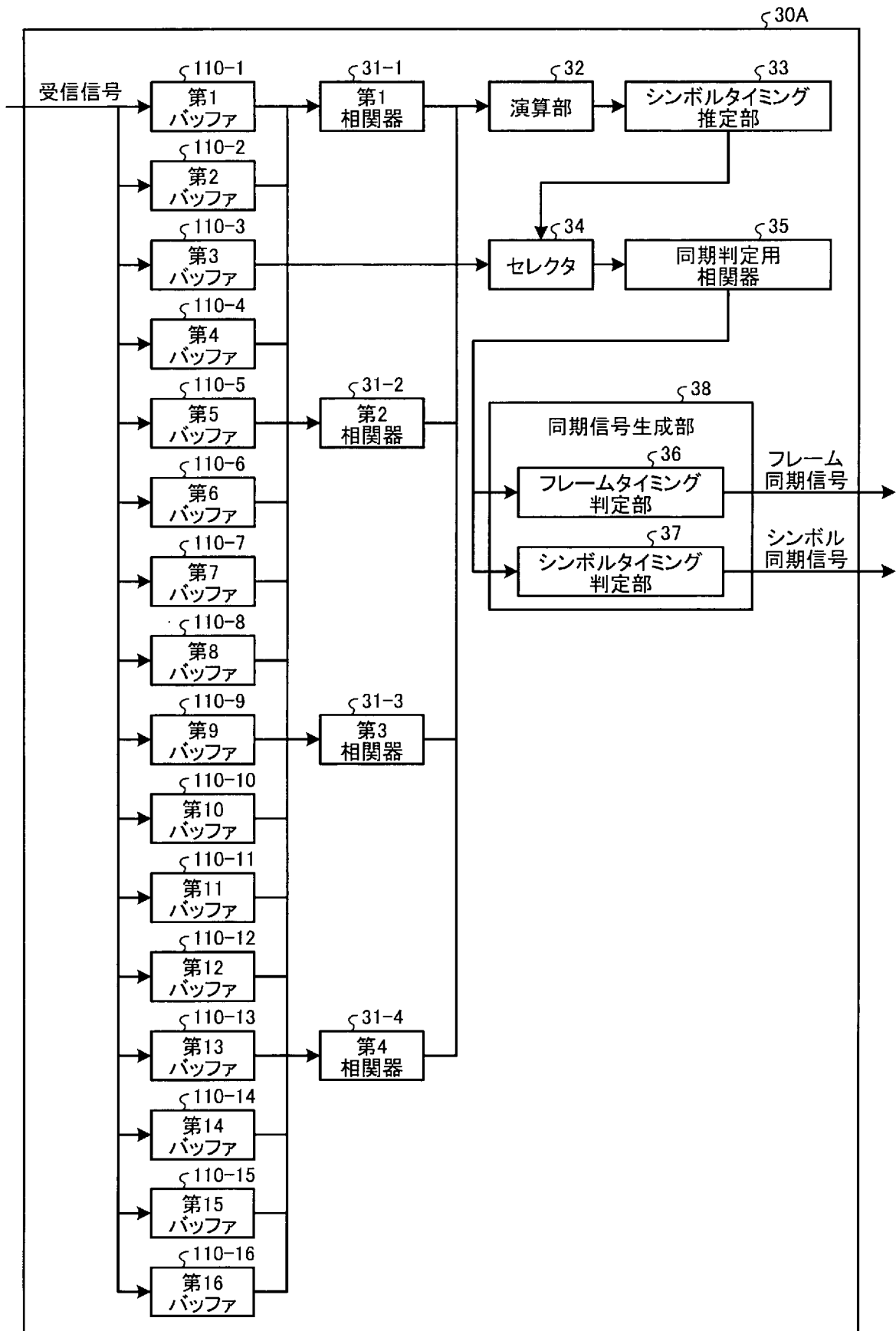
[図5]



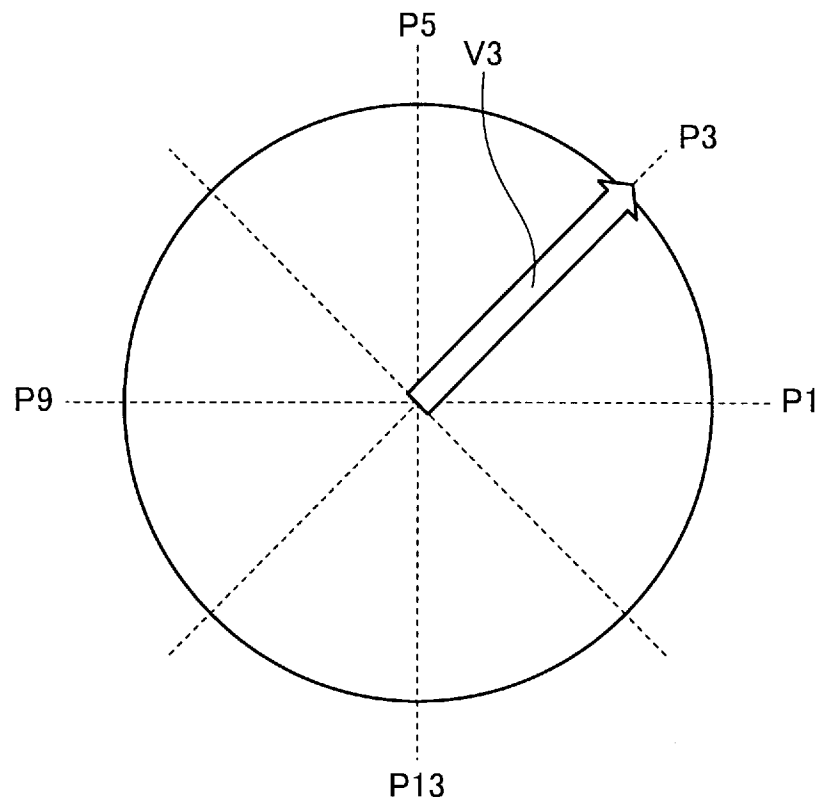
[図6]



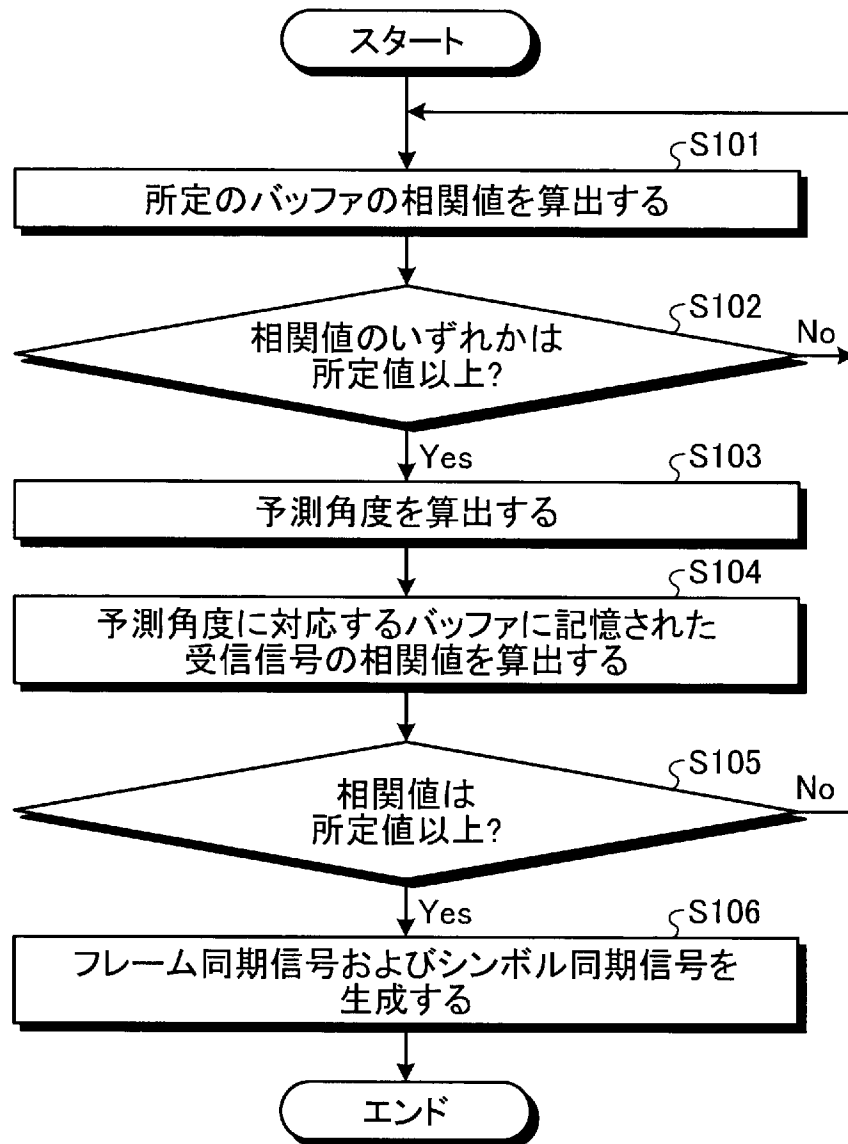
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 7/04 (2006.01) i; H04B 1/7075 (2011.01) i; H04L 7/00 (2006.01) i; H04L 27/14 (2006.01) i

FI: H04L7/04 200; H04L7/00 970; H04L27/14 Z; 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)

H04L7/04; H04B1/7075; H04L7/00; H04L27/14

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-103326 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 13.04.1999 (1999-04-13)	1-5
A	JP 2001-217888 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10.08.2001 (2001-08-10)	1-5

☐ 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

"I" 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
31 January 2020 (31.01.2020)

Date of mailing of the international search report
10 February 2020 (10.02.2020)

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/048446

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 11-103326 A	13 Apr. 1999	(Family: none)	
JP 2001-217888 A	10 Aug. 2001	US 6683493 B1	
		WO 2001/058104 A1	
		EP 1168744 A1	
		CA 2361422 A	
		CN 1345500 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 7/04(2006.01)i; H04B 1/7075(2011.01)i; H04L 7/00(2006.01)i; H04L 27/14(2006.01)i FI: H04L7/04 200; H04L7/00 970; H04L27/14 Z; 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）） H04L7/04; H04B1/7075; H04L7/00; H04L27/14 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
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 11-103326 A（三菱電機株式会社）13.04.1999（1999 - 04 - 13）	1-5								
A	JP 2001-217888 A（三菱電機株式会社）10.08.2001（2001 - 08 - 10）	1-5								
☐ 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、一般的な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 31.01.2020		国際調査報告の発送日 10.02.2020								
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） 阿部 弘 5K 9382 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/JP2019/048446

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	11-103326	A	13.04.1999	(ファミリーなし)			
JP	2001-217888	A	10.08.2001	US	6683493	B1	
				WO	2001/058104	A1	
				EP	1168744	A1	
				CA	2361422	A	
				CN	1345500	A	