

(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
2017 年 9 月 8 日(08.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/149965 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 27/26 (2006.01) *H04J 99/00* (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/001456
- (22) 国際出願日: 2017 年 1 月 18 日(18.01.2017)
- (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 2016-039033 2016 年 3 月 1 日(01.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 青野 正裕(AONO Masahiro); 〒1008280
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会
社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 1 番 18 号
ヒューリック虎ノ門ビル Tokyo (JP).

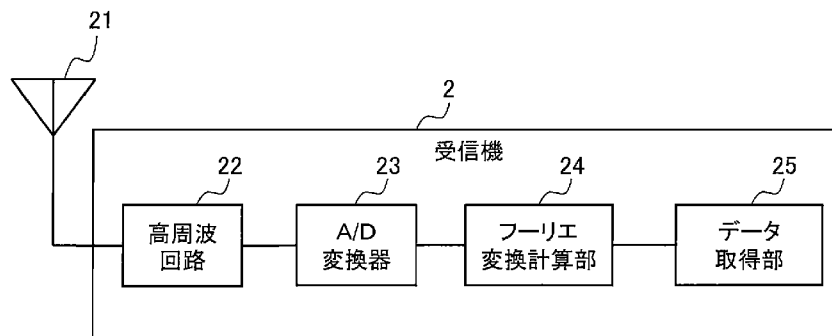
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA,
LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: RECEIVER, TRANSMITTER, AND SIGNAL DECODING METHOD

(54) 発明の名称: 受信機、送信機、および信号復号方法



- 2 Receiver
22 High-frequency circuit
23 A/D converter
24 Fourier transform computing unit
25 Data acquisition unit

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to improve frequency utilization efficiency and increase communication speed of wireless communication. A receiver (2) is provided with: a receive unit which receives a signal obtained by modulating each of a plurality of subcarriers differing by a predetermined frequency with transmission data at a modulation speed not lower than the predetermined frequency; a Fourier transform computing unit (24) which, with respect to an output signal from the receive unit, performs a discrete Fourier transform in which the frequencies after transformation are limited to the frequencies of the subcarriers; and a data acquisition unit (25) which acquires reception data from each of the subcarriers computed by the Fourier transform computing unit (24).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/149965 A1

周波数の利用効率を上げて、無線通信の通信速度を向上させる。受信機（２）は、所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波それぞれに対して、送信データにより前記所定周波数以上の変調速度で変調が行われた信号を受信する受信部と、受信部の出力信号に対して、変換後の周波数を前記副搬送波の周波数に制限した離散フーリエ変換を行うフーリエ変換計算部（２４）と、フーリエ変換計算部（２４）によって計算された各副搬送波から受信データを取得するデータ取得部（２５）とを備える。

明 細 書

発明の名称：受信機、送信機、および信号復号方法

技術分野

[0001] 本発明は、受信機、送信機、および信号復号方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の携帯電話通信では、直交周波数分割多重方式のデジタル変調が採用されていることがある。この直交周波数分割多重方式は、データを多数の副搬送波（サブキャリア）に乗せるマルチキャリア変調である。これらのサブキャリアは互いに直交しているため、周波数軸上で重なりが生じているにも関わらず互いに干渉せず、かつ高速フーリエ変換処理によって各サブキャリアを区別可能である。

[0003] 特許文献1には、「クロック周期T秒で互いに同期のとれた2Nチャンネルのベースバンドパルス振幅変調信号を、隣接キャリアの周波数差が $1/T$ サイクルでありかつそれぞれのキャリアが互いに同相又は直交関係を保つように位相設定した2N個のキャリアによってN個の直交振幅変調信号に変換した後、これらを多重化して伝送する直交多重信号の送受信方式において、周波数領域で互いに隣接する2つの同相チャンネル同志および2つの直交チャンネル同志に対してのみこれらに対応する送信側ベースバンドパルス振幅変調信号間に互いに $T/2$ 秒の遅延差を与えることによって受信側で復調された各ベースバンド信号の識別時刻において符号間干渉およびチャンネル間干渉を殆ど零にすることを特徴とする直交多重信号の送受信方式」と記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭52-151510号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 には直交する複数の搬送波を用いて周波数多重通信を行う方法が記載されている。しかしこの方法では周波数の利用効率が制限されてしまい、無線通信の通信速度に限界が生じてしまう。

そこで、本発明は、周波数の利用効率を上げて、無線通信の通信速度を向上させることを可能とする受信機、送信機、および信号復号方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 前記した課題を解決するため、本発明の受信機は、所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波それぞれに対して、送信データにより前記所定周波数以上の変調速度で変調が行われた信号を受信する受信部と、前記受信部の出力信号に対して、変換後の周波数を前記副搬送波の周波数に制限した離散フーリエ変換を行うフーリエ変換計算部と、前記フーリエ変換計算部によって計算された各副搬送波から受信データを取得するデータ取得部とを備える。

その他の手段については、発明を実施するための形態のなかで説明する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、周波数の利用効率を上げて、無線通信の通信速度を向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第 1 の実施形態における送信機の例である。

[図2]送信信号生成部の例である。

[図3]第 1 の実施形態における変換後の周波数を制限した離散フーリエ変換を行う受信機の例である。

[図4]オンオフ変調を行う送信信号生成部の例である。

[図5]変換後の周波数を制限した離散フーリエ変換のシミュレーション結果である。

[図6]高速フーリエ変換のシミュレーション結果である。

[図7]第 2 の実施形態における周波数変換を行う場合の送信機の例である。

[図8]第 2 の実施形態における周波数変換を行う場合の受信機の例である。

[図9]位相偏移変調を行う送信信号生成部の例である。

[図10]サンプリング周波数を自動調整する場合のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以降、本発明を実施するための形態を、各図を参照して詳細に説明する。

(第1の実施形態)

第1の実施形態は、変換後の周波数を制限したフーリエ変換を行う受信機を備えた無線機の例である。

使用する搬送波の周波数を f_c 、副搬送波の周波数差を f_b 、副搬送波の数を n とする。 k 番目の副搬送波の周波数は $(f_c + f_b \cdot k)$ となる。周波数差 f_b は、各副搬送波 f_c が互いに直交する周波数よりも小さい。

[0010] 図1は、送信機1の構成である。

送信機1は、送信信号生成部11と、D/A変換器(Digital Analog Converter)12と、高周波(Radio Frequency, RF)回路13とを備え、送信アンテナ10が接続されている。

送信信号生成部11で生成された送信信号は、D/A変換器12でアナログ信号に変換される。このアナログ信号は、高周波回路13で増幅されると共に帯域制限され、送信アンテナ10から送信される。D/A変換器12と高周波回路13とは、送信信号生成部11の出力を信号として送信する送信部である。

[0011] 図2は、送信信号生成部11の構成である。

送信信号生成部11は、第1搬送波生成部14aから第5搬送波生成部14eと、第1搬送波変調部15a～第5搬送波変調部15eと、送信データ生成部16と、送信データ並列化部17と、加算器18と、送信信号規格化部19とを備える。

[0012] 送信データ生成部16で受信機へと送信するデータが生成される。生成されたデータは、送信データ並列化部17で副搬送波の数と同じ5個に並列化される。並列化された5個のデータは、周波数多重通信方式を用いて同時に送信される。なお、副搬送波の数は、5個に限定されず、任意の自然数 n で

あってもよい。

[0013] 第1搬送波生成部14aから第5搬送波生成部14eでは、正弦波がデジタル信号として生成される。各搬送波生成部は、使用する副搬送波の数だけ必要である。第1搬送波生成部14aでは周波数($f_c + f_b$)の正弦波が生成される。第2搬送波生成部14bでは周波数($f_c + f_b \cdot 2$)の正弦波が生成される。第3搬送波生成部14cでは周波数($f_c + f_b \cdot 3$)の正弦波が生成される。第4搬送波生成部14dでは周波数($f_c + f_b \cdot 4$)の正弦波が生成される。第5搬送波生成部14eでは周波数($f_c + f_b \cdot 5$)の正弦波が生成される。

生成された各正弦波は、第1搬送波変調部15a～第5搬送波変調部15eでそれぞれ変調される。各搬送波変調部も、搬送波生成部と同様に使用する副搬送波の数だけ必要である。変調には、送信データ並列化部17で並列化されたデータが用いられる。

[0014] 変調された5個の搬送波は、加算器18で加算された後、送信信号規格化部19で規格化されて出力される。規格化とは、出力信号の振幅を一定に保つように信号を増幅・減衰させる信号処理のことである。

[0015] 図3は、受信機2の構成である。

受信機2は、受信アンテナ21に接続されて、高周波回路22と、A/D変換器(Analog Digital Converter)23と、フーリエ変換計算部24と、データ取得部25とを備える。

無線の通信路を経て受信アンテナ21で受信された受信信号は、高周波回路22で増幅・帯域制限され、A/D変換器23でデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、フーリエ変換計算部24でフーリエ変換され、データ取得部25で受信データとなる。フーリエ変換計算部24では、変換後の周波数を制限したフーリエ変換が行われる。

受信アンテナ21、高周波回路22、およびA/D変換器23は、所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波それぞれに対して、送信データにより所定周波数以上の変調速度で変調が行われた信号を受信する受信部である。フーリ

エ変換計算部 24 は、受信部の出力信号に対して、変換後の周波数を副搬送波の周波数に制限した離散フーリエ変換を行う。データ取得部 25 は、フーリエ変換計算部 24 によって計算された各副搬送波から受信データを取得する。

[0016] 以下の各式に、周波数を制限した送信信号を示している。送信信号を $f(t)$ とする。変調周期よりも短い時間に限定した場合、送信信号 $f(t)$ は送信に用いる副搬送波の和となり、式 (1) のようになる。ここで D_0 は定数成分である。理想的には定数成分は存在しないが、フーリエ変換の精度を上げるために式 (1) に含めている。

[数1]

$$f(t) = D_0 + \sum_{k=1}^n D_k \sin(2\pi(f_c + f_b \cdot k)t + \alpha_k) \cdots (1)$$

但し、 D_k : k 番目の副搬送波の振幅

α_k : k 番目の副搬送波の位相

D_0 : 定数成分

[0017] 位相 α_k の正弦波は、位相差のない正弦波と余弦波に分離できる。正弦波成分の振幅を A_k 、余弦波成分の振幅を B_k とすると、送信信号 $f(t)$ は、式 (2) となる。

[数2]

$$f(t) = D_0 + \sum_{k=1}^n D_k \{A_k \sin(2\pi(f_c + f_b \cdot k)t) + B_k \cos(2\pi(f_c + f_b \cdot k)t)\} \cdots (2)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} A_k \equiv D_k \cos \alpha_k \\ B_k \equiv D_k \sin \alpha_k \end{cases}$$

[0018] 正弦波と余弦波は、複素指数関数で表せる。これにより、送信信号は式 (3) のように表せる。

[数3]

$$f(t) = D_0 + \sum_{k=1}^n \left\{ \left(\frac{B_k}{2} - \frac{j}{2} A_k \right) \exp(2\pi(f_c + f_b \cdot k)ti) + \left(\frac{B_k}{2} + \frac{j}{2} A_k \right) \exp(-2\pi(f_c + f_b \cdot k)ti) \right\} \cdots (3)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} \sin \theta = -\frac{j}{2} (\exp(i\theta) - \exp(-i\theta)) \\ \cos \theta = -\frac{1}{2} (\exp(i\theta) + \exp(-i\theta)) \end{cases}$$

[0019] C_k を式（４）のように定義する。

[数4]

$$C_k \equiv \begin{cases} \frac{1}{2}B_k - \frac{i}{2}A_k \dots\dots (k > 0) \\ D_0 \dots\dots\dots (k = 0) \dots\dots (4) \\ \frac{1}{2}B_{-k} + \frac{i}{2}A_{-k} \dots\dots (k < 0) \end{cases}$$

[0020] $E_k(t)$ を式（５）のように定義する。

[数5]

$$E_k(t) \equiv \begin{cases} \exp(2\pi f_c t) \dots\dots (k > 0) \\ 1 \dots\dots\dots (k = 0) \dots\dots (5) \\ \exp(-2\pi f_c t) \dots\dots (k < 0) \end{cases}$$

[0021] これら式（４）と式（５）により、送信信号は式（６）のように表せる。

[数6]

$$f(t) = C_0 + \sum_{k=1}^n \{C_k E_k(t) \exp(2\pi f_b k t) + C_{-k} E_{-k}(t) \exp(-2\pi f_b k t)\} \dots (6)$$

[0022] 式（６）を変換すると、式（７）のように表せる。これが変換後の周波数を制限したフーリエ変換の計算方法である。

[数7]

$$f(t) = \sum_{k=-n}^n C_k E_k(t) \exp(2\pi f_b k t) \dots (7)$$

[0023] フーリエ変換のためには、受信信号を（ $2n+1$ ）点に亘ってサンプリングする必要があり、そのサンプリング点を（ t_k, v_k ）とする（但し、 $-n \leq k \leq n$ ）。 t_k はサンプリング点の時間である。これは相対時間で構わない。すなわち $t_0 = 0$ としてよい。なぜなら相対時間と絶対時間の差は位相差として α_k に含めることができるからである。 v_k はサンプリングされた信号の値である。

[0024] フーリエ変換行列Mを式（８）のように定義する。この行列Mはサンプリング点の時間のみに依存し、時間が決まれば行列Mは一意に決定できる。

[数8]

$$M \equiv \begin{pmatrix} m_{n,n} & \cdots & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ & \cdots & m_{-n,-n} \end{pmatrix} \cdots (8)$$

但し、 $m_{x,y} = E_y(t_x) \exp(2\pi f_b y t_i)$

[0025] C_k の列ベクトルを式（９）のようにCと定義する。

[数9]

$$C \equiv \begin{pmatrix} c_n \\ \cdots \\ c_{-n} \end{pmatrix} \cdots (9)$$

[0026] v_k の列ベクトルを式（１０）のようにVと定義する。

[数10]

$$V \equiv \begin{pmatrix} v_n \\ \cdots \\ v_{-n} \end{pmatrix} \cdots (10)$$

[0027] 受信信号が式（７）であることから式（１１）が成り立つ。

[数11]

$$MC = V \cdots (11)$$

[0028] $f_b \ll f_c$ とし、サンプリングする期間が f_b の周期に比べて十分短いならば、フーリエ変換行列Mには逆行列 M^{-1} が存在する。逆行列 M^{-1} を式（１１）に左側から掛けると、式（１２）が得られる。すなわち、Mの逆行列を計算することで、サンプリング点から列ベクトルCを求めることができる。

[数12]

$$M^{-1}V = C \cdots (12)$$

[0029] 式(4)の $k=0$ の条件より、以下の式(13)を導出できる。

[数13]

$$D_0 = C_0 \cdots (13)$$

[0030] 式(4)の $k>0$ の条件と $k<0$ の条件より、以下の式(14)を導出できる。

[数14]

$$\begin{cases} A_k = (C_k - C_{-k})i \\ B_k = C_k + C_{-k} \end{cases} \cdots (14)$$

[0031] 式(3)より、以下の式(15)を導出できる。つまり、各副搬送波の振幅 D_k を求めることができる。データ取得部25は、これら各副搬送波の振幅 D_k から、データを取得可能である。

[数15]

$$D_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \cdots (15)$$

[0032] 式(3)より、以下の式(16)を導出できる。つまり、各副搬送波の位相 α_k を求めることができる。データ取得部25は、これら各副搬送波の位相 α_k から、データを取得可能である。

[数16]

$$\alpha_k = \arctan(A_k/B_k) \cdots (16)$$

[0033] このフーリエ変換を用いれば、 f_b を小さくし n を大きくすることで、理論上はいくらでも周波数の利用効率をあげることができる。しかし実際には、A/D変換器23の分解能やノイズによりこれらには限界が存在する。具体

的にいうと、変調方式がオンオフ変調 (On-Off Keying, OOK)、 $f_c = 920 \text{ MHz}$ 、 $f_b = 15 \text{ kHz}$ 、 $n = 5$ 、各搬送波に対する変調速度 50 kbps 、A/D変換器23の分解能が 12 bit の場合、送信速度は 250 kbps となる。

[0034] 図4は、前述の条件の場合の送信信号生成部11の構成である。

この送信信号生成部11は、第1搬送波変調部15a～第5搬送波変調部15eとして機能するスイッチ151a～151eを備え、それ以外は図2に示した送信信号生成部11と同様に構成されている。

[0035] 送信データ生成部16により、受信機2（図3参照）へと送信するデータが生成される。生成されたデータは、送信データ並列化部17で副搬送波の数と同じ5個に並列化される。並列化された5個のデータは、周波数多重通信方式を用いて同時に送信される。使用する副搬送波が5個であり、各搬送波は 1 bit ずつ変調されるため、送信データ並列化部17では、送信データは、 5 bit のパラレルデータに変換される。送信データ並列化部17は、0のみのデータを避けるようにデータを並列化する。なお、副搬送波の数は、5個に限定されず、任意の自然数 n であってもよい。

[0036] 第1搬送波生成部14aから第5搬送波生成部14eでは、正弦波がデジタル信号として生成される。例えば第1搬送波生成部14aでは 920.015 MHz の搬送波が生成される。生成された各正弦波は、搬送波変調部であるスイッチ151a～151eでそれぞれ変調される。変調には、送信データ並列化部17で並列化された 5 bit のデータが用いられる。データが“1”のときには対応するスイッチをONし、データが“0”のときには対応するスイッチをOFFにすることで、この搬送波は変調される。変調された5個の搬送波は、加算器18で加算された後、送信信号規格化部19で規格化されて出力される。送信信号規格化部19では、出力の振幅が1に規格化される。例えば全てのスイッチ151a～151eがONの場合は信号を5分の1に、3つだけの場合は3分の1にする。

[0037] 変調速度は 50 kHz なので変調周期は 20 ms であり、副搬送波は5つ

なのでサンプリング点は11点必要である。よってA/D変換器23のサンプリング周期は、 $(20/11) = 1.82 \text{ ms}$ 、サンプリング周波数は550 kHzである。

[0038] データ取得部25（図3参照）では閾値を決め、副搬送波の振幅 D_k が閾値以上のものは“1”、閾値以下のものは“0”として受信信号を得る。5個の搬送波すべてが“1”の場合は D_k が約0.2となるので、閾値は0.1～0.15のときに好適に受信データを得ることができる。

[0039] 図5は、変換後の周波数を制限したフーリエ変換のシミュレーション結果である。

5個の副搬送波に対して、それぞれ振幅 D_k の値を図示している。1番目、2番目、5番目の副搬送波に係るデータは“1”として、3、4番目の副搬送波に係るデータは“0”として受信される。この図5で示すように、副搬送波の周波数差は、副搬送波が互いに直交する周波数よりも小さい。

このシミュレーションにおいて、ビットエラー率は 10^{-6} 以下であった。

[0040] 図6は、前述した条件の受信信号を通常のFFT（Fast Fourier Transform）によりフーリエ変換した場合のシミュレーション結果である。ただしサンプリング周波数550 kHzではナイキストの定理から、920 MHzの信号をフーリエ変換することはできない。よって特別にサンプリング周波数を10 GHzとしている。しかし $f_b = 15 \text{ kHz}$ に対してサンプリング時間が20 msであり、周波数分解能は50 kHzである。よって図6から分かるとおり、各搬送波を分解することはできない。つまり第1の実施形態の条件では、通常のFFTでは受信信号を得ることができず、よって直交周波数分割多重方式ではデータを送受信することはできない。

以上より、第1の実施形態の変換後の周波数を制限したフーリエ変換を行う受信機2を備えた無線機を用いることで、周波数の利用効率を向上することができる。また、通常のFFTと比べて行列が低次元であるため、短時間のサンプリングデータから受信波を復調できる。更に基本周波数が周波数分解能となるため、事前に基本周波数を固定することで、高い周波数分解能を

実現できる。

第1の実施形態の送信機や受信機は、例えば変電所内部における数Mbpsの大容量無線通信システムや、工場内部向け無線通信システム、交通システム、近距離無線通信システムなどに好適である。

[0041] 第2の実施形態では、第1の実施形態に加えて周波数変換を用いる例を示す。

図7は、送信機1Aの構成である。

送信信号生成部11Aでは、搬送波周波数 $f_c=0$ として、送信信号が生成され、D/A変換器12でアナログ信号に変換される。このアナログ信号は、高周波回路13で発振器32により生成された搬送波と乗算され、高周波回路13で増幅・帯域制限された後、送信アンテナ10から送信される。

この周波数変換により、D/A変換器12の動作周波数を低くすることが可能である。よって、D/A変換器12に廉価なものを採用可能である。

[0042] 図8は、位相変調(Phase Shift Keying, PSK)を用いる場合の搬送波変調部である。反転器152aとスイッチ153aの組合せにより、第1搬送波変調部15a(図2参照)を実現する。以下、反転器152b~152eとスイッチ153b~153eも同様である。

[0043] スwitch153aによって、データが“1”の場合は搬送波そのままを出力し、データが“0”の場合は反転器152aによって位相が180度ずれた搬送波を出力する。これにより送信信号の振幅は変化しないので、信号の規格化は不要となる。

[0044] 第1の実施形態の受信機2は、受信データとして振幅 D_k を用いていた。第2の実施形態の受信機2Aは、位相 α_k を用いる。しかし、サンプリング点の時間 t_k が相対的であるため、“1”と“0”との反転が起こりうる。そのため、通信の前にパイロット信号を用いて“1”と“0”とを確定させる方法や、送信機1Aと受信機2Aとの間で時刻同期をとりサンプリング点の時間 t_k を絶対時間とする方法を用いる必要がある。

[0045] また、多値変調を行うことも可能である。例えば4値の直角位相振幅変調(

Quadrature Amplitude Modulation, QAM)を用いるならば、振幅 D_k と位相 α_k それぞれが4つの値をとる。データ取得部25にてそれぞれに閾値を設定し、データを得る必要がある。

以上より、第2の実施形態の変調方式を用いることで回路の簡素化や通信速度の向上が可能となる。

[0046] 図9は、受信機2Aの構成である。

高周波回路22から出力された受信信号から、搬送波再生回路26により搬送波が再生される。この再生搬送波と受信信号とが乗算器27で乗算され、ローパスフィルタ28でフィルタリングされてダウンコンバージョンされる。なお、搬送波再生回路26の代わりに検波回路を用いることも可能である。

ダウンコンバージョンされた受信信号はその後、A/D変換器23によりデジタル変換され、フーリエ変換計算部24にて $f_c=0$ でフーリエ変換される。この周波数変換により、 $f_c=0$ とすることができ、フーリエ変換の行列計算が容易になる。更にダウンコンバージョンされた信号をA/D変換するので、A/D変換器23として廉価なものを採用可能である。

第2の実施形態の無線機を用いることで、より低速な回路・演算で帯域の利用効率を上げることができる。

[0047] 第1の実施形態ではサンプリング速度を550kHzとした。これはフーリエ変換を行うための最低限のサンプリング速度である。このサンプリング速度を2倍にすると、サンプリング点も2倍となり、異なった2組のデータを用いて受信データを得ることができる。複数の受信データを得て平均することにより、誤りの少ない通信をすることができる。

[0048] 図10は、サンプリング速度を決定する処理のフローチャートである。

まず受信機2Aは、サンプリング周波数の初期値として、最も小さな値を設定する(ステップS10)。次いで受信機2Aは、変数 f を0に設定(ステップS11)したのち、パイロット信号送信開始のリクエストを送信機1Aに送信する(ステップS12)。

[0049] 受信機 2 A は、パイロット信号を受信し（ステップ S 1 3）、ビットエラー率（BER）を計算する（ステップ S 1 4）。もしビットエラー率が規定を満足しているなら（ステップ S 1 5 → Yes）、そのサンプリング周波数を変数 f に代入（ステップ S 1 6）したのち、サンプリング周波数を 1 段階下げて（ステップ S 1 7）、ステップ S 1 3 の処理に戻る。

[0050] ビットエラー率が規定を満足していないならば（ステップ S 1 5 → No）、変数 f が 0 であるか否かを判断する。変数 f が 0 ならば（ステップ S 1 8 → Yes）、サンプリング周波数を 1 段階上げて（ステップ S 1 9）、ステップ S 1 3 の処理に戻る。

[0051] 変数 f が 0 でないならば（ステップ S 1 8 → No）、ビットエラー率が規定を満足するサンプリング周波数が発見されている。このとき受信機 2 A は、パイロット信号送信停止のリクエストを送信機 1 A に送信して（ステップ S 2 0）、サンプリング周波数（サンプリング速度）を変数 f の値に設定して、図 1 0 のフローチャートを終了する。以降、A/D 変換器 2 3 は、周波数 f で信号をサンプリングしてデジタル信号に復調する。

[0052] また、どのようなサンプリング周波数でも通信できない場合は、搬送波の数や周波数差を可変とすることも可能である。図 1 0 に示したサンプリング速度を決定する処理は、セッションの確立前に 1 回だけ行ってもよく、また、通信のエラーレートが悪化したときなど、通信状況によって行ってもよい。

本実施形態のサンプリング速度を決定する処理によれば、通信環境に応じたサンプリング速度を選択することが可能である。

[0053] （変形例）

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば上記した実施形態は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を

加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

[0054] 上記の各構成、機能、処理部、処理手段などは、それらの一部または全部を、例えば集積回路などのハードウェアで実現してもよい。上記の各構成、機能などは、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈して実行することにより、ソフトウェアで実現してもよい。

[0055] 各実施形態に於いて、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

本発明の変形例として、例えば、次の（a）～（e）のようなものがある。

（a） 送信機と受信機との間の通信路は、無線に限られず、有線であってもよい。応用例は、デジタルテレビや放送、ブロードバンドインターネット接続などであってもよい。本発明によれば、クロック同期が必要でないため、データ通信の高速化が可能である。

（b） 副搬送波の数は、5個に限られない。

（c） 副搬送波の変調は、送信データのうち1 b i tの変調に限定されず、例えば256 Q A M（256 Quadrature Amplitude Modulation）などの多値変調を用いてもよい。これにより、データ通信の更なる高速化が可能である。

（d） サンプリング周波数の調整処理は、図10のフローチャートによる処理に限定されない。

（e） 逆フーリエ変換に限定されず、直接に各搬送波を加減算することにより、送信波を計算してもよい。

符号の説明

[0056] 1, 1 A 送信機

10 送信アンテナ

11, 11 A 送信信号生成部

- 1 2 D/A変換器
- 1 3 高周波回路
- 1 4 a 第1搬送波生成部
- ...
- 1 4 e 第5搬送波生成部
- 1 5 a 第1搬送波変調部
- ...
- 1 5 e 第5搬送波変調部
- 1 6 送信データ生成部
- 1 7 送信データ並列化部
- 1 8 加算器
- 1 9 送信信号規格化部
- 2, 2 A 受信機
- 2 1 受信アンテナ
- 2 2 高周波回路
- 2 3 A/D変換器
- 2 4 フーリエ変換計算部
- 2 5 データ取得部
- 2 6 搬送波再生回路
- 2 7 乗算器
- 2 8 ローパスフィルタ
- 1 5 1 a ~ 1 5 1 e スイッチ
- 1 5 2 a ~ 1 5 2 e 反転器
- 1 5 3 a ~ 1 5 3 e スイッチ

請求の範囲

- [請求項1] 所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波それぞれに対して、送信データにより前記所定周波数以上の変調速度で変調が行われた信号を受信する受信部と、
- 前記受信部の出力信号に対して、変換後の周波数を前記副搬送波の周波数に制限した離散フーリエ変換を行うフーリエ変換計算部と、
- 前記フーリエ変換計算部によって計算された各副搬送波から受信データを取得するデータ取得部と、
- を備えることを特徴とする受信機。
- [請求項2] 前記データ取得部は、前記フーリエ変換計算部によって計算された各副搬送波の強度から受信データを取得する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の受信機。
- [請求項3] 前記データ取得部は、前記フーリエ変換計算部によって計算された各副搬送波の位相から受信データを取得する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の受信機。
- [請求項4] 前記受信部は、前記データ取得部が取得した受信データのエラー率に応じてサンプリング周期を変更する、
- ことを特徴とする請求項1ないし3のうちいずれか1項に記載の受信機。
- [請求項5] 前記受信部は、通信路を介して受信した信号をA/D変換器でサンプリングする、
- ことを特徴とする請求項1ないし4のうちいずれか1項に記載の受信機。
- [請求項6] 前記受信部は、通信路を介して受信した信号の周波数をダウンコンバートしたのちにA/D変換器でサンプリングする、
- ことを特徴とする請求項1ないし4のうちいずれか1項に記載の受信機。
- [請求項7] 所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波を生成する複数の搬送波生成

部、および当該搬送波生成部が生成した副搬送波をデータに基づいて変調する複数の搬送波変調部の組合せと、

各前記搬送波変調部が変調した副搬送波を加算する加算部と、

前記加算部の出力を信号として送信する送信部と、

を備え、

前記所定周波数は、各副搬送波が互いに直交する周波数差よりも小さい、

ことを特徴とする送信機。

[請求項8]

前記加算部の出力を規格化する規格化部を更に備え、

各前記搬送波変調部は、各前記搬送波生成部が生成した副搬送波を、データに基づいてオンオフ変調する、

ことを特徴とする請求項7に記載の送信機。

[請求項9]

各前記搬送波変調部は、各前記搬送波生成部が生成した副搬送波を、データに基づいて位相偏移変調する、

ことを特徴とする請求項7に記載の送信機。

[請求項10]

前記送信部は、前記加算部の出力をD/A変換器でアナログ信号に変換し、通信路を介して送信する、

ことを特徴とする請求項7ないし9のうちいずれか1項に記載の送信機。

[請求項11]

前記送信部は、前記加算部の出力をD/A変換器でアナログ信号に変換して周波数をアップコンバートし、通信路を介して送信する、

ことを特徴とする請求項7ないし9のうちいずれか1項に記載の送信機。

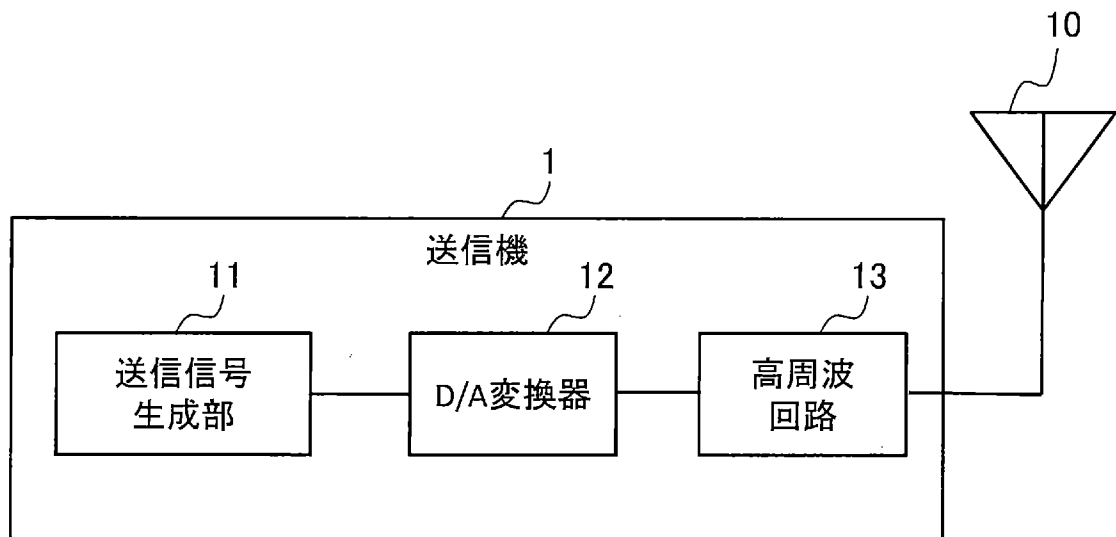
[請求項12]

所定周波数ずつ異なる複数の副搬送波それぞれに対して、送信データにより前記所定周波数以上の変調速度で変調が行われた信号を受信するステップと、

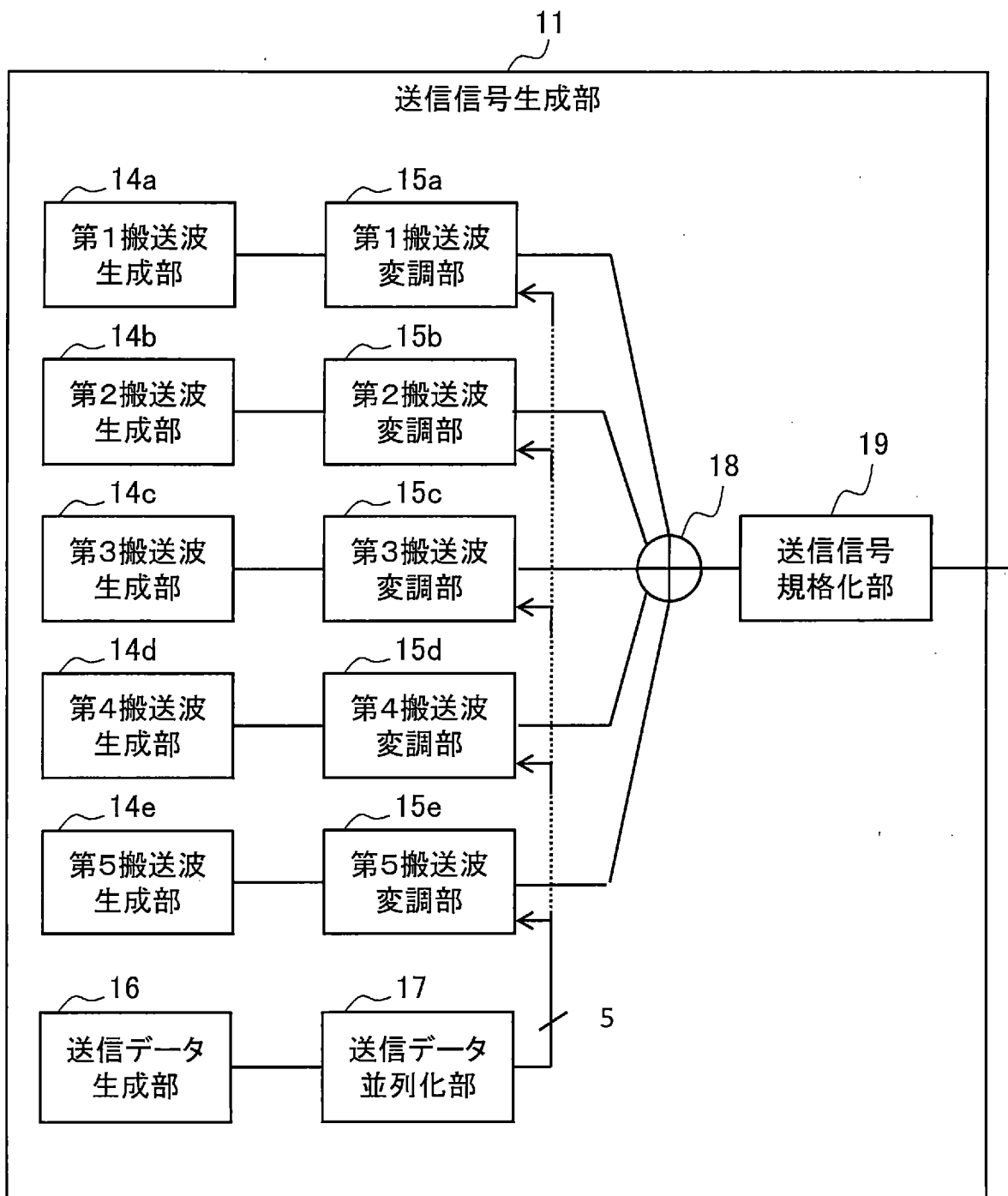
受信した前記信号に対して、変換後の周波数を前記副搬送波の周波数に制限した離散フーリエ変換を行うステップと、

前記離散フーリエ変換により計算された各副搬送波から受信データを復号するステップと、
を含むことを特徴とする信号復号方法。

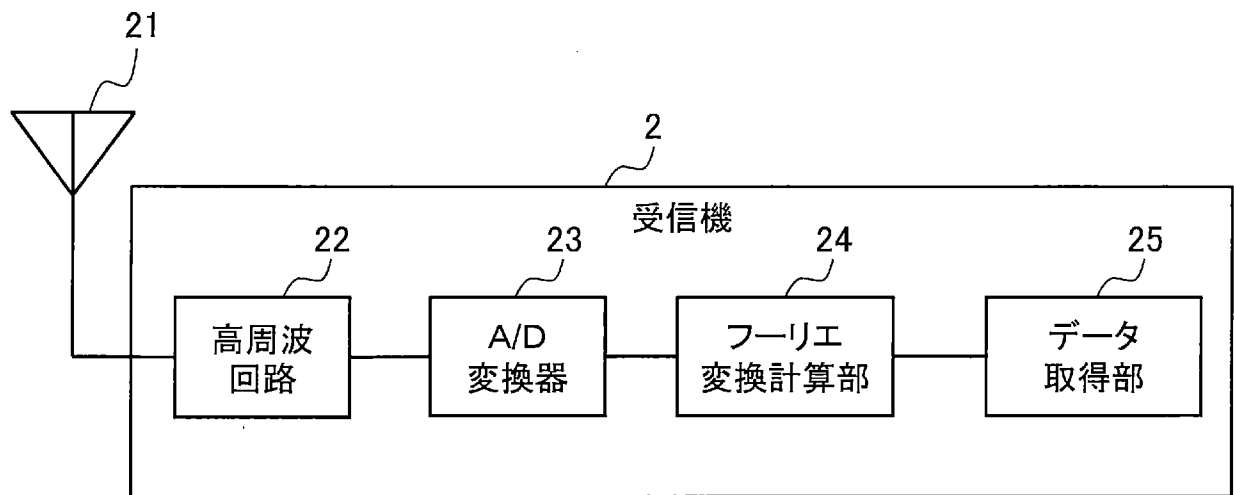
[図1]



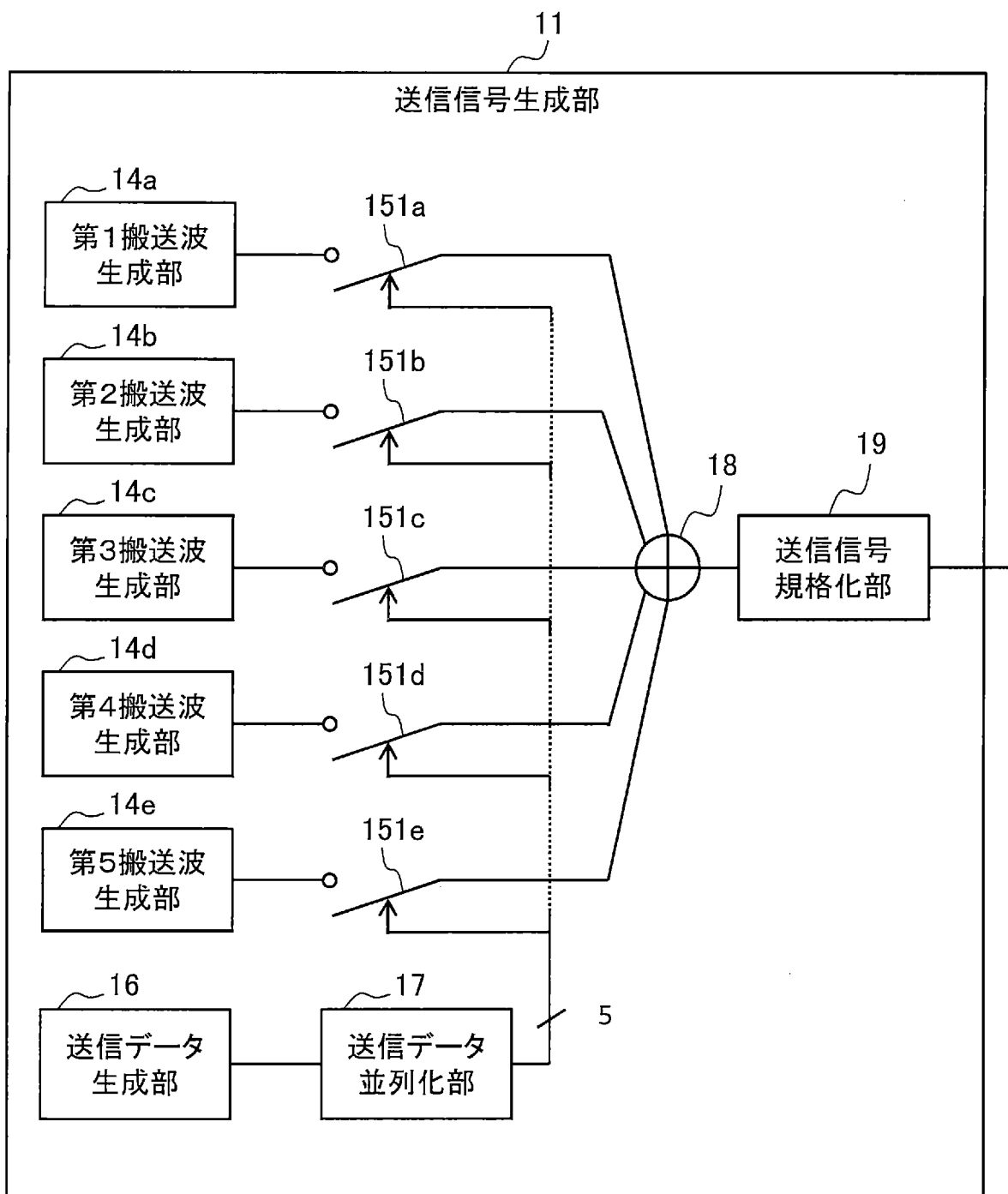
[図2]



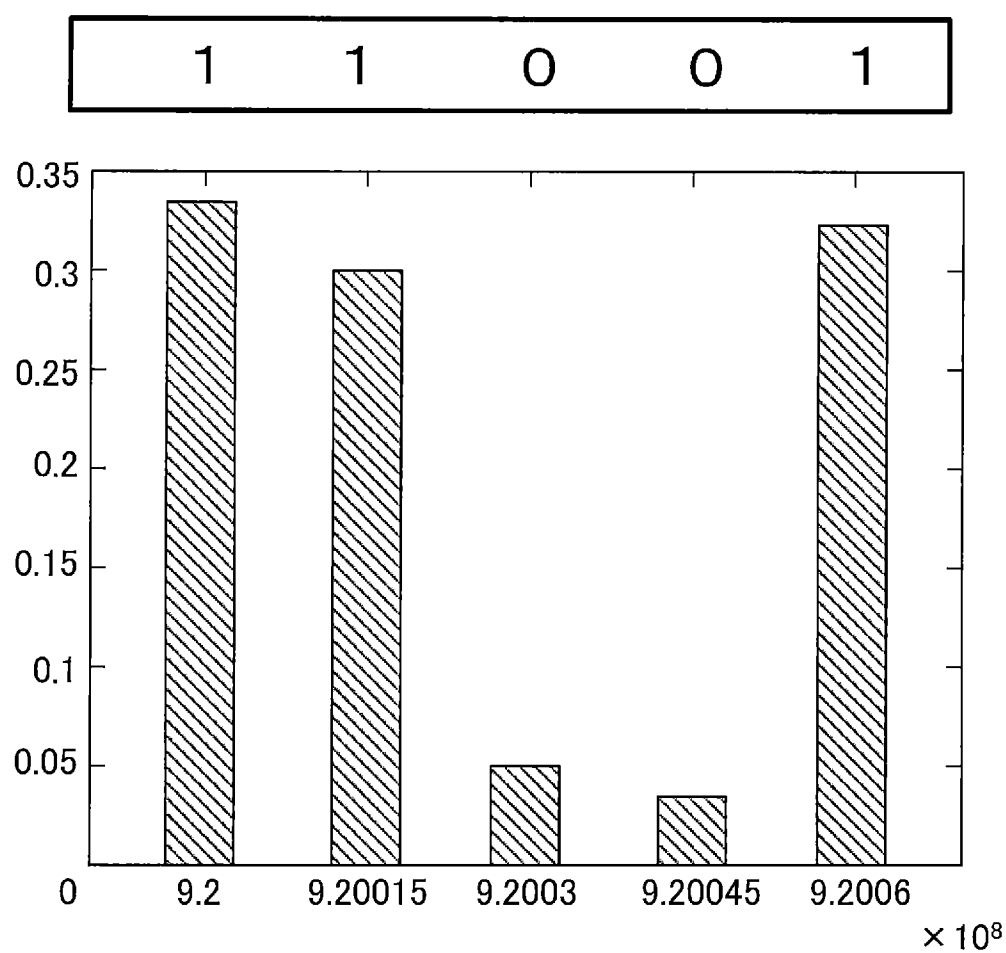
[図3]



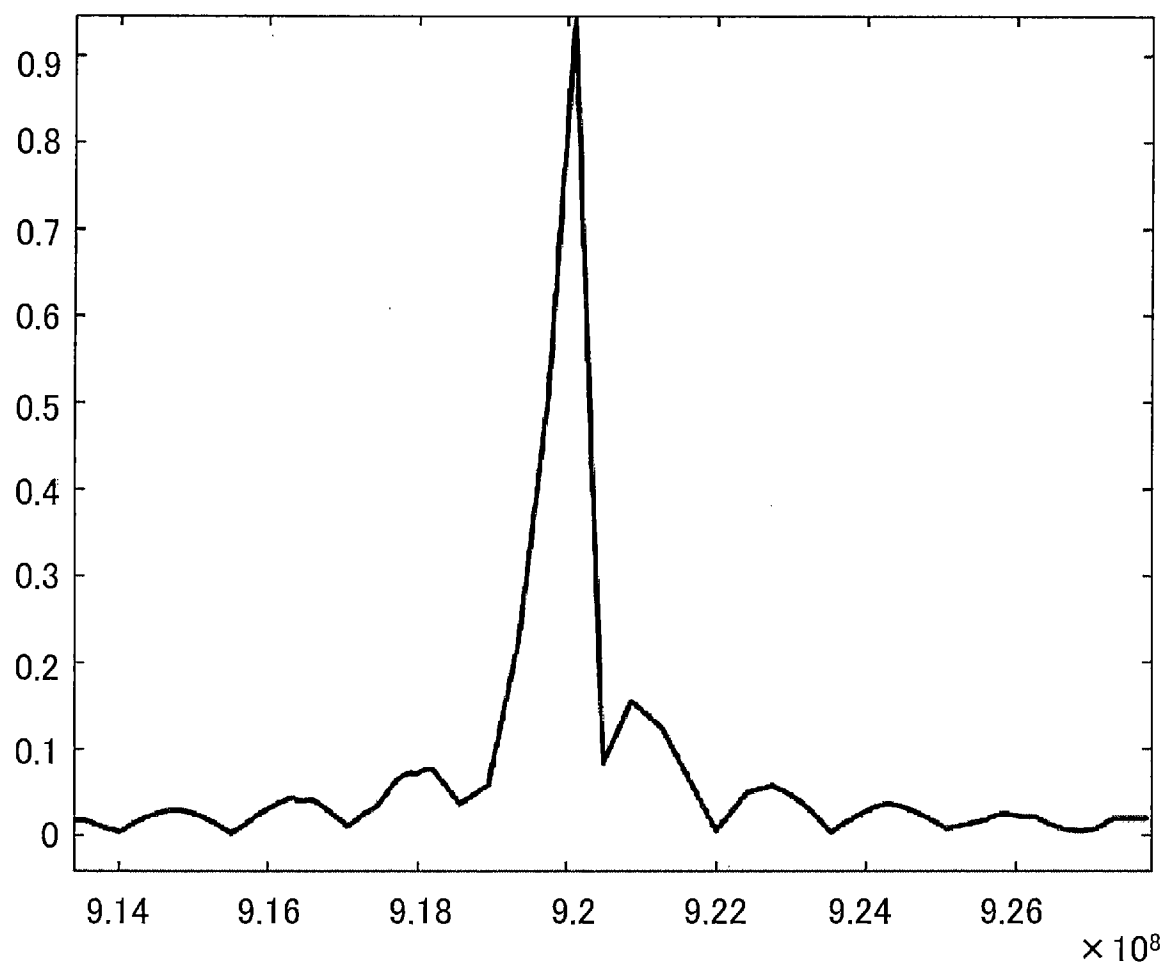
[図4]



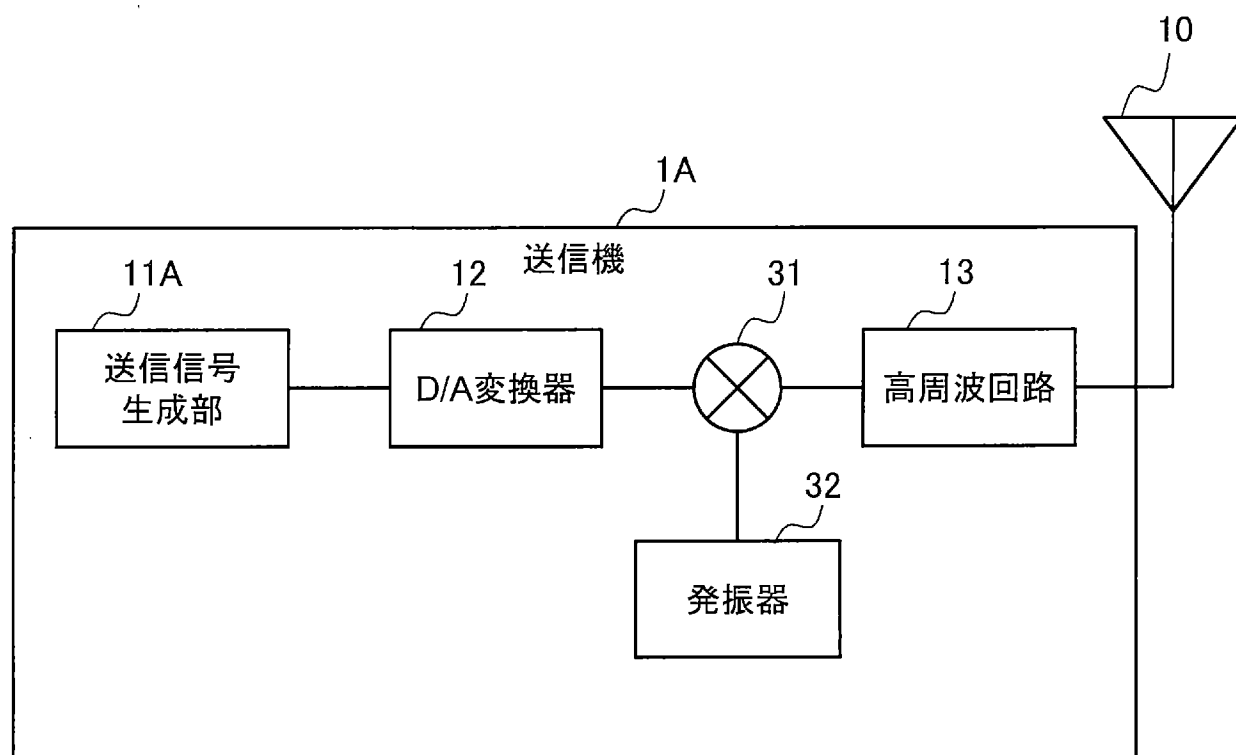
[図5]



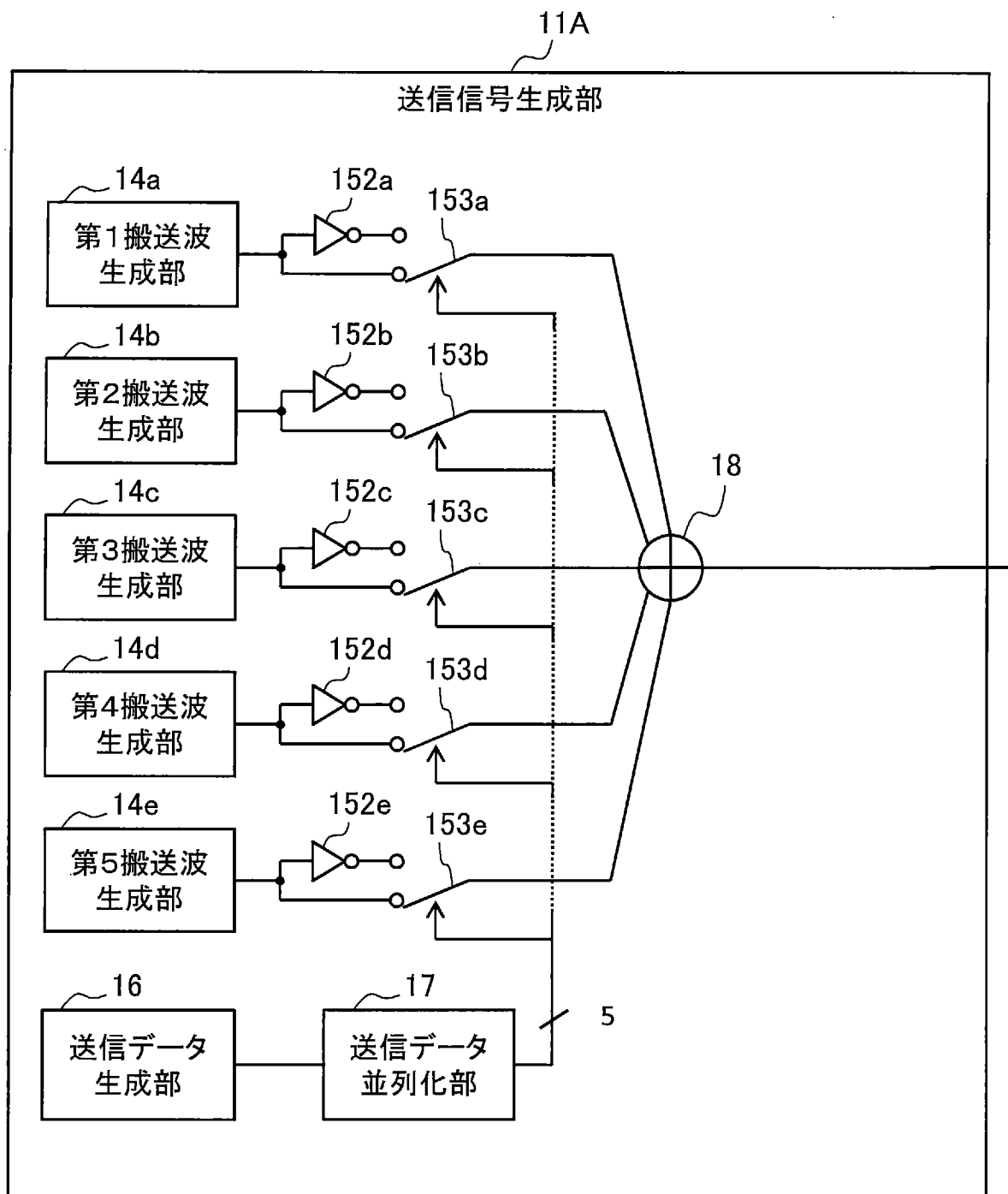
[図6]



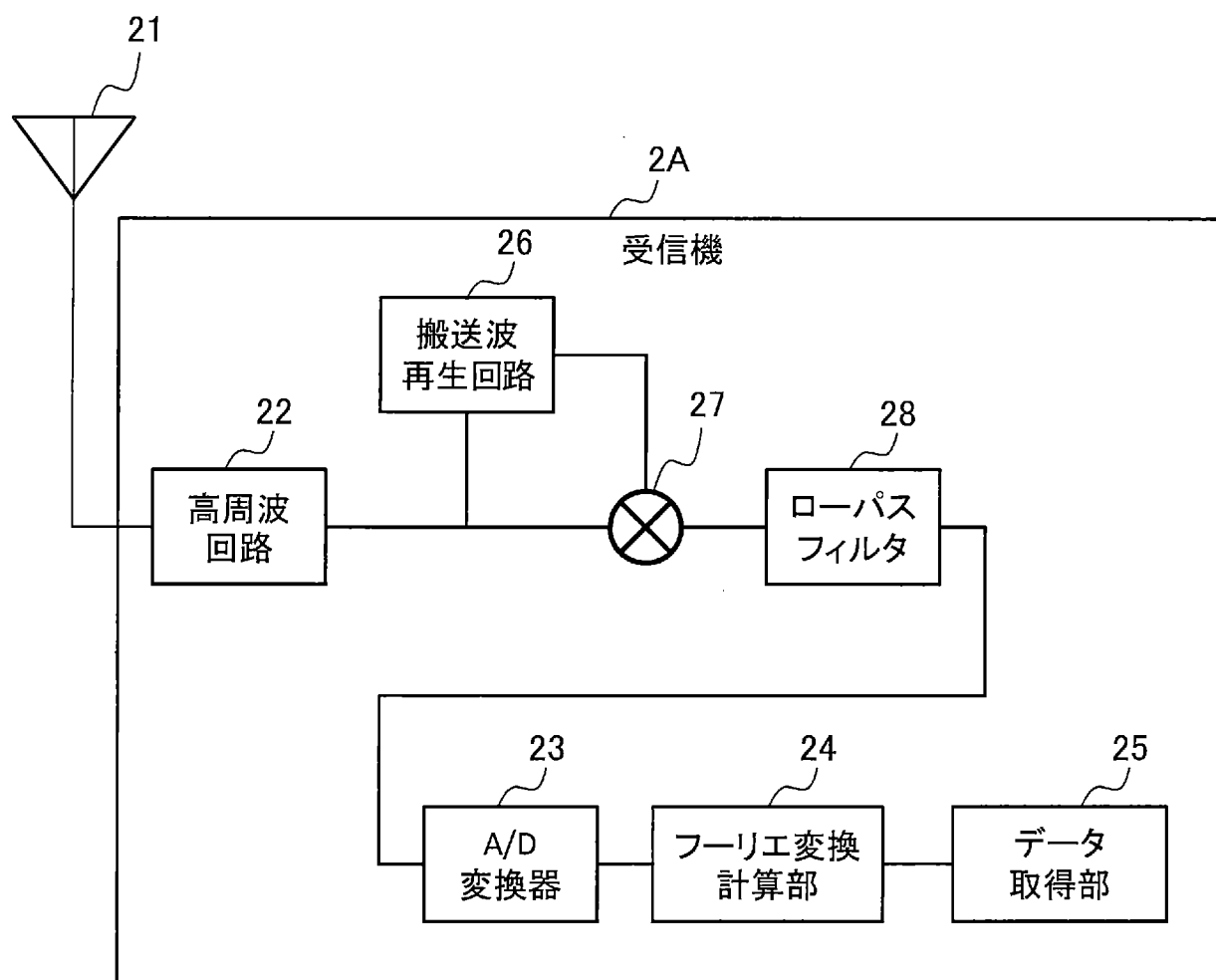
[図7]



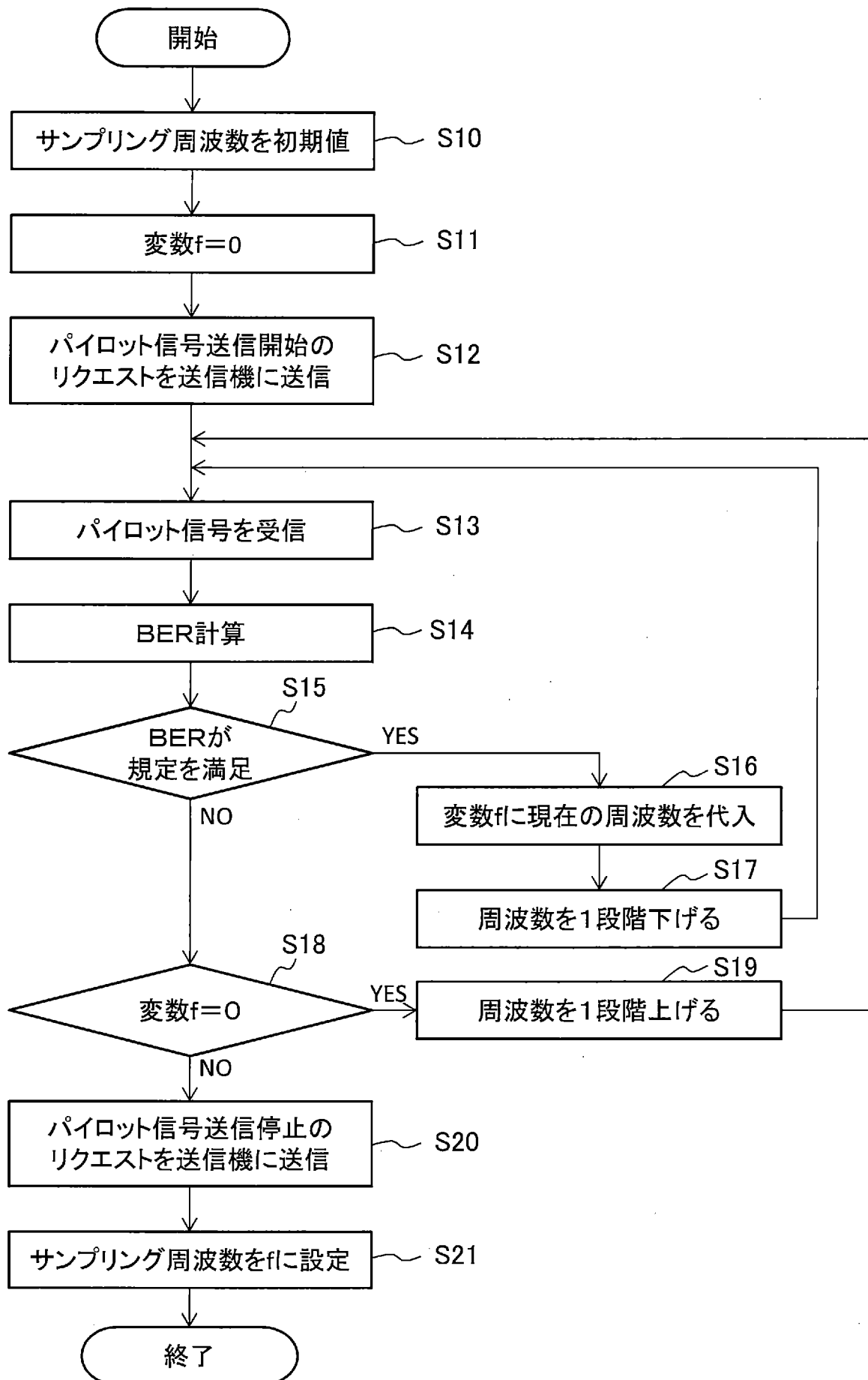
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L27/26(2006.01) i, H04J99/00(2009.01) 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)

H04L27/26, H04J99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2015-164257 A (NTT Docomo Inc.), 10 September 2015 (10.09.2015), paragraphs [0024] to [0026], [0057], [0090] to [0091], [0101]; fig. 2, 6 to 7, 11 & WO 2015/129873 A1	1, 3, 5-7, 9-12 2, 8 4
Y A	JP 2013-126030 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 24 June 2013 (24.06.2013), paragraphs [0029] to [0030] (Family: none)	2, 8 1, 3-7, 9-12
Y A	JP 2010-93697 A (Fujitsu Ltd.), 22 April 2010 (22.04.2010), paragraphs [0008] to [0010] (Family: none)	8 1-7, 9-12

☐ 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
06 March 2017 (06.03.17)

Date of mailing of the international search report
14 March 2017 (14.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L27/26(2006.01)i, H04J99/00(2009.01)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. H04L27/26, H04J99/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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, 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
X Y A	JP 2015-164257 A（株式会社NTTドコモ）2015.09.10, 段落 [0024]-[0026], [0057], [0090]-[0091], [0101], 図2, 6-7, 11 & WO 2015/129873 A1	1, 3, 5-7, 9-12 2, 8 4
Y A	JP 2013-126030 A（独立行政法人産業技術総合研究所）2013.06.24, 段落[0029]-[0030]（ファミリーなし）	2, 8 1, 3-7, 9-12
Y A	JP 2010-93697 A（富士通株式会社）2010.04.22, 段落[0008]-[0010] （ファミリーなし）	8 1-7, 9-12

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

06.03.2017

国際調査報告の発送日

14.03.2017

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）

吉江 一明

5 K

5887

電話番号 03-3581-1101 内線 3556