

(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
2016 年 12 月 8 日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/195094 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 1/707 (2011.01) H04J 13/10 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066654
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 3 日(03.06.2016)
- (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 2015-113389 2015 年 6 月 3 日(03.06.2015) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人京都大学(KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地 1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 梅野 健(UMENO, Ken); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地 1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所(SUNCREST PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目 1 番 1 1 号 Hyogo (JP).

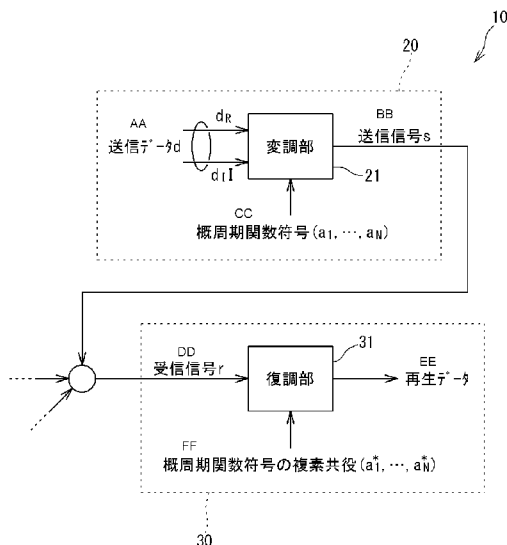
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

(54) 発明の名称: 通信方法及び通信機



21 Modulation unit
31 Demodulation unit
AA Transmission data
BB Transmission signal
CC Almost periodic function codes
DD Reception signal
EE Reproduction data
FF Complex conjugates of almost periodic function codes

(57) Abstract: Provided is a communication method using almost periodic function codes. The communication method includes transmitting signals generated by modulating data using the codes. The codes are almost periodic function codes. The data is complex number data having real part data and imaginary part data. The modulation includes computation of multiplying the complex number data by the almost periodic function codes.

(57) 要約: 概周期関数符号を用いた通信方法を提供する。通信方法は、データを符号で変調して生成された信号を送信することを含む。符号は、概周期関数符号である。データは、実部データと虚部データを有する複素数データである。変調は、複素数データに対して概周期関数符号をかける演算を含む。

WO 2016/195094 A1

明 細 書

発明の名称：通信方法及び通信機

技術分野

[0001] 本発明は、概周期関数符号を用いた通信に関するものである。

背景技術

[0002] 概周期関数は、フーリエ級数展開を一般化することによって得られる。具体的には、例えば、 m 番目の素数 $p(m)$ の $1/2$ 乗を周波数とする信号の和として構成される。この場合、素数の $1/2$ 乗は有理数体上一時独立なので、これらの信号は周期的であり得ない。このような信号は、通信で用いられたことはなかったが、本発明者は、非特許文献1によって通信への適用を初めて提案した。

[0003] ここで、スペクトル拡散通信を基本原理とするCDMA方式では、ある程度の通信品質を確保しつつ、多重アクセス通信を達成しようとする、アクセス可能なユーザ数 K は、拡散符号長 N に比例する ($K=O(N)$)。しかし、拡散符号長 N をむやみに増加させると、信号処理負荷が増加するとともに伝送レートが低下するため、アクセス可能なユーザ数の劇的な増加は困難である。

[0004] 非特許文献1では、概周期関数に基づく拡散符号（概周期拡散符号：APSS (Almost Periodic Spreading Sequence)）によって、多重アクセス可能なユーザ数 $K=O(N^2)$ となり、超高密度多重アクセス通信が可能となることが示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：梅野健、”概周期関数に基づくスペクトル拡散通信についてー概周期とカオスとの違いについてー”、信学技報、vol.114, no.250 NLP2014-64, pp.87-90(2014), 一般社団法人電子情報通信学会

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、概周期関数符号を用いた通信に関して、より具体的な手法を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一の態様は、通信方法であって、データを符号で変調して生成された信号を送信することを含み、前記符号は、概周期関数符号であり、前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、前記変調は、前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算を含む。なお、ここでは、通信は、放送を含む意である。本発明の他の態様は、通信機である。通信機は、データを符号で変調する変調部を備え、前記符号は、概周期関数符号であり、前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、前記変調部は、前記複素数データに対して概周期関数符号をかける演算処理を行う。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]スペクトル拡散通信のための送受信系を示すブロック図である。

[図2]送信データと概周期関数符号を示す図である。

[図3]変調部のブロック図である。

[図4]変調部のブロック図である。

[図5]概周期関数符号のコンスタレーションである。

[図6]パワー一定のカオス拡散符号のコンスタレーションである。

[図7]復調部のブロック図である。

[図8]擬似直交多重通通信機のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の好ましい実施形態について添付図面を参照しながら説明する。

[0010] [1. 実施形態の概要]

[0011] (1) 実施形態に係る通信方法は、データを符号で変調して生成された信号

を送信することを含み、前記符号は、概周期関数符号であり、前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、前記変調は、前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算を含む。

[0012] (2) 前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、前記複素数データに対して複素数で表される前記概周期関数符号を複素乗算することを含むのが好ましい。

[0013] (3) N が前記概周期関数符号の符号長を表し、 j が 1 以上 N 以下の整数であり、 a_j が符号長 N の前記概周期関数符号を表し、 d が前記複素数データを表すときに、前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、 $1 \sim N$ までのそれぞれの j について、 $d a_j$ で示される複素乗算をすることを含むのが好ましい。

[0014] (4) N が前記概周期関数符号の符号長を表し、 j が 1 以上 N 以下の整数であり、 a_j が符号長 N の前記概周期関数符号を表し、 d が前記複素数データを表すときに、前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、 N 個の $d a_j$ の総和を算出することを含むのが好ましい。

[0015] (5) 前記変調は、前記複素数データに対して、前記概周期関数符号とは異なる複素符号を複素乗算することを更に含み、前記複素符号は、複素平面上でパワー一定の符号であるのが好ましい。

[0016] (6) 前記変調は、前記概周期関数符号を用いたスペクトル拡散変調とすることができる。

[0017] (7) 通信方法は、前記信号を受信して復調することを更に含み、前記復調は、受信した前記信号に前記概周期関数の複素共役をかけて、前記データを再生することを含むのが好ましい。

[0018] (8) 前記変調は、前記概周期関数符号を用いた擬似直交多重変調とすることができる。データに対して概周期関数符号をかけることで、擬似直交多数変調信号が得られる。

[0019] (9) K が、チャネル数又はユーザ数を表し、 N が、データ列を構成する複素数データの数を表すときに、前記疑似直交多重変調は、 K 個のデータ列に

対して、大きさが $K \times N$ の行列を複素乗算することを含み、前記行列は、符号長 N の前記概周期関数符号を K 個有するのが好ましい。

[0020] (10) 通信方法は、前記信号を受信して復調することを更に含み、前記復調は、擬似直交多重変調に用いられた行列の逆行列をかけて、前記データを再生することを含むのが好ましい。

[0021] (11) 実施形態に係る通信機は、データを符号で変調する変調部を備え、前記符号は、概周期関数符号であり、前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、前記変調部は、前記複素数データに対して概周期関数符号をかける演算処理を行う。

[0022] [2. 実施形態の詳細]

[2. 1 概周期関数符号]

概周期関数符号とは、概周期関数に基づく符号である。概周期関数は、フーリエ級数展開を一般化することによって得られるものであり、例えば、素数の平方根を周波数とする信号の和である。概周期関数は、有利数体上で明らかに一次独立であるため、非周期的である。

[0023] 概周期関数符号 a_j は、例えば、以下の式(1)で与えられる。概周期関数符号は、複素平面上でパワー一定のカオス拡散符号と同様に、複素平面上でパワー一定の符号である。複素平面上でパワー一定とは、符号のIQコンスタレーション上において、符号の値が単一の円周上に位置することである。式(1)のような概周期関数符号は、複素数表現で示される。ただし、概周期関数符号の形式は、式(1)に限られない。

[数1]

$$a_j = \exp \left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k \right) \right) \quad \dots (1)$$

$1 \leq j \leq N$, N は符号長

$1 \leq k \leq K$, K はユーザ数又はチャネル数

ここで、

N , K は、2の冪であるのが好ましい。

ρ_k は、ユーザ k 又はチャネル k に与えられた素数であり、ユーザ k 又はチャネル k 毎に異なる値をとる。

l は、 l $m a g i n a r y$ 単位である。

m は、 m 乗根であり、整数又は実数である。

θ_k は、任意の実数でありゼロであってもよい。

[0024] 素数は、無限に存在するため、概周期関数符号は無限に構成することができる。概周期関数符号は、厳密には、 $P N$ 符号などのように直交する符号ではない。ただし、符号長無限では直交するという性質を有する。したがって、概周期関数符号の符号長を十分に大きく（例えば、 N が 100 以上又は 1000 以上）すれば、直交しているものとして扱うことができる（擬似直交）。

[0025] スペクトル拡散通信において、概周期関数符号を用いると、十分な品質を担保できるユーザ数 K は $O(N^2)$ となり、超高密度多重アクセス通信が可能となる。例えば、 $1000-1000$ のデバイスが同時に接続可能となり、また、 $8K$ 、 $16K$ の地上波による放送が可能となる程度に同時に複数接続可能となる。

[0026] [2. 2 概周期関数符号を用いたスペクトル拡散通信]

図1は、概周期関数符号を用いたスペクトル拡散通信のための通信システム10を示している。この通信システム10は、送信を行う通信機（送信機）20と、受信を行う通信機（受信機）30と、を含んでいる。なお、各通信機20、30は、送受信機能を有するものである。

[0027] 送信機20は、変調部21を備えている。変調部21は、送信データ d に対してスペクトル拡散変調を行い、変調信号である送信信号 s を出力する。変調部21は、送信データ d に対して、擬似直交符号である概周期関数符号（ $a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N$ ）をかけることで、スペクトル拡散変調を行う。

[0028] 受信機30は、復調部31を備えている。復調部31は、受信信号 r に対して、逆拡散を行い、受信信号 r を復調して、送信データ d の再生データを

得る。復調部 31 は、送信に用いられた概周期関数符号 ($a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N$) の複素共役 ($a_1^*, a_2^*, \dots, a_{N-1}^*, a_N^*$) をかけることで、復調する。なお、 a^* は、 a の複素共役を示す。

[0029] 図 2 及び図 3 は、変調部 21 による変調の仕方を示している。本実施形態において、送信データ d は、実部データ d_R と虚部データ d_I を有する複素数データである。すなわち、送信データ $d = d_R + d_I j$ である。送信データ d は、図 2 に示すように、符号長 N にあわせて N 個のデータ $d_1 \sim d_N$ とされる。ここで、 $d = d_1 = d_2 = \dots = d_{N-1} = d_N$ であり、 N 個のデータ $d_1 \sim d_N$ は全てデータ d と同じ値をもち、それぞれが複素数データである。

[0030] N 個のデータ $d_1 \sim d_N$ に対して、符号長 N の概周期関数符号 ($a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N$) がかけられる。なお、同一ユーザ又は同一チャネルの概周期関数符号 ($a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N$) は、同一の素数 p_k を用いて生成される。また、ユーザ又はチャネル毎に異なる素数を用いて異なる概周期関数符号が生成される。

[0031] 本実施形態では、送信データ d が複素数データであるとともに、概周期関数符号が複素符号であることを利用して、複素数データ d に対する概周期関数符号を複素乗算することで、送信データ d を変調する。複素乗算を行うことで、複素数データを構成する実部データ d_R と虚部データ d_I とを一括して変調できる。したがって、本実施形態によれば、実部データ d_R と虚部データ d_I とを別々の符号で変調する必要がない。したがって、本実施形態によれば、演算負荷が低下する。また、本実施形態によれば、変調に必要な符号の数を少なくできる。

[0032] 変調部 21 は、複素数データに対して概周期関数符号を複素乗算する。変調部 21 により生成される送信信号（変調信号） s は、 $s = d_1 a_1 + d_2 a_2 + d_3 a_3 + \dots + d_{N-1} a_{N-1} + d_N a_N$ である。図 3 に示すように、変調部 21 は、複数（ N 個）の複素乗算部 21a と、複数の複素乗算部 21a の出力を加算する加算器 21b と、を含んで構成することができる。各複素乗算部 21a は、複素数である d_j と、同じく複素数である a_j と、の複素乗算を

行う。加算器 21b は、1 から N までの $d_j a_j$ の総和を出力する。1 ～ N において d_j の値が同じ値 d である場合、 $d_j a_j$ を、 $d a_j$ と表すこともできる。 $d_j a_j$ の総和が、変調部 21 から送信信号（変調信号）として出力される。各複素乗算部 21a による複素乗算 $d_j a_j$ の演算式は、以下の式（2-1）～（2-3）のとおりである。

[数2]

複素乗算：

$$d_j a_j = d_j \times \exp\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) \quad \dots (2-1)$$

$$= (d_R + d_I l) \times \left(\cos\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) + l \sin\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) \right) \quad \dots (2-2)$$

$$= \left\{ d_R \cos\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) - d_I \sin\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) \right\} + l \left\{ d_R \sin\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) + d_I \cos\left(2\pi l \cdot \left(\sqrt[m]{\rho_k} j + \theta_k\right)\right) \right\} \quad \dots (2-3)$$

[0033] 図4に示すように、変調部21は、複素数データ d_j に対して概周期関数符号 a_j を複素乗算するだけでなく、複素データ d に対して、概周期関数符号 a_j とは異なる種類の複素符号 b_j を複素乗算してもよい。この場合、変調部21による複素乗算を式で表すと、 $d_j a_j b_j$ となる。変調部21による複素乗算 $d_j a_j b_j$ は、 $(d_j a_j)$ を行ってから、 $(d_j a_j)$ に対して b_j を複素乗算することであってもよいし、 $(d_j b_j)$ を行ってから、 $(d_j b_j)$ に対して a_j を複素乗算することであってもよい。いずれも結果は同じである。

[0034] 概周期関数符号 a_j とは異なる種類の複素符号 b_j が複素数データに d_j に乗じられていることで、符号 b_j が有する好ましい性質を変調信号に反映させて、より好適な変調信号を得るのが容易となる。概周期関数符号 a_j とは異なる種類の複素符号 b_j は、例えば、複素平面上でパワー一定の符号であるのが好ましい。パワー一定の概周期関数符号 a_j にパワー一定の符号 b_j を乗じても、パワーが変動しないので有利である。複素平面上でパワー一定の符号 b_j は、例えば、複素平面上でパワー一定のカオス拡散符号又は Gold 符号であ

る。カオス拡散符号又はGolomb符号は、良好な相関特性を有する。変調部21が、カオス拡散符号又はGolomb符号をデータ d_j に乘じることで、変調信号 $d_j a_j b_j$ の相関特性を向上させることができる。

[0035] 図5は、符号長 $N=100$ 、 $\rho_k=3$ 、 $\theta\rho_k=0$ としたときの周期関数符号のIQコンスタレーション（符号遷移図）を示している。図5に示すIQコンスタレーションでは、外円と内円とに囲まれた領域が形成され、原点を含む内円内の領域は、空白となる。コンスタレーションが原点を通らないことは通信にとって有利である。なお、図5において、原点から外円までの半径の二乗が符号のパワーに相当する。図5から明らかなように、概周期関数符号においては、符号が全て単一の円（外円）上に存在し、パワー一定である。

[0036] 図6は、パワー一定のカオス拡散符号のIQコンスタレーションを示している。図6から明らかなように、図6のコンスタレーション中の黒丸が符号を示している。図6から明らかなように、パワー一定のカオス拡散符号においては、符号が全て単一の円上に存在し、パワー一定である。

[0037] 図7は、復調部31を示している。復調部31は、受信信号 r を、 N チップに分割して、 N 個のチップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ とし、 N 個のチップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ それぞれを実部データ r_R と虚部データ r_I に分離する分離部31aと、実部データ r_R と虚部データ r_I で構成される各チップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ に対して、送信に用いられた概周期関数符号 $(a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N)$ の複素共役 $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_{N-1}^*, a_N^*)$ をかける演算部31bと、を備えている。演算部31bは、チップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ に対して、複素共役 $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_{N-1}^*, a_N^*)$ を複素乗算する。演算部31は、以下の式(3-1)に従った演算を行い、 d_R と d_I からなる再生データ d を得る。

[数3]

$$\text{再生データ } d = d_R + d_I I = r_1 a_1^* + r_2 a_2^* + \dots + r_{N-1} a_{N-1}^* + r_N a_N^* \quad \dots (3-1)$$

$$\text{再生データ } d = d_R + d_I I = r_1 a_1^* b_1^* + r_2 a_2^* b_2^* + \dots + r_{N-1} a_{N-1}^* b_{N-1}^* + r_N a_N^* b_N^* \quad \dots (3-2)$$

[0038] 変調部 21 にて概周期関数符号 a_j とは異なる種類の複素符号 b_j がかけられている場合、復調部 31 は、符号 $(b_1, b_2, \dots, b_{N-1}, b_N)$ の複素共役 $(b_1^*, b_2^*, \dots, b_{N-1}^*, b_N^*)$ を、各チップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ に対して複素乗算する。この場合、演算部 31 は、式 (3-2) に従った演算を行い、再生データ d を得る。複素共役 $(b_1^*, b_2^*, \dots, b_{N-1}^*, b_N^*)$ は、チップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ に対して複素共役 $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_{N-1}^*, a_N^*)$ が複素乗算された後に複素乗算してもよいし、チップデータ $r_1, r_2, \dots, r_N$ に対して複素共役 $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_{N-1}^*, a_N^*)$ が複素乗算される前に複素乗算してもよい。

[0039] 本実施形態では、概周期関数符号がかけられる送信データ d は、複素数データであるので、多値をとることが可能であり、送信データが 2 値のバイナリデータである場合に比べて、送信効率が良い。また、復調器 31 では、復調処理によって、再生データとして複素数データを得ることができる。なお、複素数データ d において、 $d_R = d_I$ でもよいし、 d_I また d_R の一方はゼロでもよい。

[0040] [2. 3 概周期関数符号を用いた擬似直交多重通信]

図 8 は、概周期関数符号を用いた擬似直交多重通信を行う通信機 100 を示している。この通信機 20 は、擬似直交多重信号の送受信が可能である。

[0041] 図 8 の通信機は、送信のため、変換器 101 と、擬似直交多重変調器 102 と、を備えている。変換器 101 は、例えば、シリアルパラレル変換器であり、シリアルの送信データを、チャネル（ユーザ）毎のデータ列（パラレルデータ列）に変換する。ここでは、チャネル数又はユーザ数を K とする。データ列のデータ長（シンボル長）は N である。 N は、概周期関数符号の符号長である。

[0042] 図 8 及び以下の説明において、データシンボルを示す d_j^k は、 k 番目のチャネル（又は k 番目のユーザ）のための、 j 番目のデータシンボル（送信符号）を示す。 $1 \leq k \leq K$ であり、 $1 \leq j \leq N$ である。なお、各 d_j^k は、複素数データである。

[0043] つまり、第1チャネル（第1ユーザ）のデータ列は、 $(d_{1^1}, d_{2^1}, \dots, d_{N^1})$ であり、第2チャネル（第2ユーザ）のデータ列は、 $(d_{1^2}, d_{2^2}, \dots, d_{N^2})$ であり、第 k チャネル（第 k ユーザ）のデータ列は、 $(d_{1^k}, d_{2^k}, \dots, d_{N^k})$ であり、第 $K-1$ チャネル（第 $K-1$ ユーザ）のデータ列は、 $(d_{1^{K-1}}, d_{2^{K-1}}, \dots, d_{N^{K-1}})$ であり、第 K チャネル（第 K ユーザ）のデータ列は、 $(d_{1^K}, d_{2^K}, \dots, d_{N^K})$ である。

[0044] これらの $N \times K$ 個のデータシンボル d_{j^k} は、擬似直交多重変調部102に与えられ、擬似直交多重信号 y を出力する。 $N \times K$ 個のデータシンボル d_{j^k} から生成される擬似直交多重信号（送信信号） y は、 K チャネル $\times K$ シンボル分の信号である。

[0045] 図8及び以下の説明において、各チャネルの送信シンボルを示す y_{i^j} は、 i 番目のチャネルにおける、 j 番目のシンボルを示す。 $1 \leq i, j \leq K$ である。

[0046] つまり、送信信号 y において、第1チャネルの送信シンボル列は、 $(y_{1^1}, y_{1^2}, \dots, y_{1^{K-1}}, y_{1^K})$ であり、第2チャネルの送信シンボル列は、 $(y_{2^1}, y_{2^2}, \dots, y_{2^{K-1}}, y_{2^K})$ であり、第 k チャネルの送信シンボル列は、 $(y_{k^1}, y_{k^2}, \dots, y_{k^{K-1}}, y_{k^K})$ であり、第 $K-1$ チャネルの送信シンボル列は、 $(y_{K-1^1}, y_{K-1^2}, \dots, y_{K-1^{K-1}}, y_{K-1^K})$ であり、第 K チャネルの送信シンボル列は、 $(y_{K^1}, y_{K^2}, \dots, y_{K^{K-1}}, y_{K^K})$ である。

[0047] 擬似直交多重変調器102は、以下の式(4)に従って、 $N \times K$ 個のデータシンボル d_{j^k} に対して、擬似直交多重変調処理を行い、擬似直交多重信号 y を出力する。

[数4]

$$\begin{pmatrix} y_1^1 & y_2^1 & \cdots & y_K^1 \\ y_1^2 & & & \\ \vdots & & & \\ y_1^K & \cdots & & y_K^K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 & \cdots & a_{N-1}^1 & a_N^1 \\ a_1^2 & a_2^2 & \cdots & a_{N-1}^2 & a_N^2 \\ \vdots & & & \vdots & \\ a_1^K & a_2^K & \cdots & a_{N-1}^K & a_N^K \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1^1 & d_1^2 & \cdots & d_1^{K-1} & d_1^K \\ d_2^1 & & & & \\ \vdots & & & & \vdots \\ d_N^1 & d_N^2 & \cdots & d_N^{K-1} & d_N^K \end{pmatrix}$$

行×列=K×K
行×列=K×N
行×列=N×K

[0048] 擬似直交多重変調処理は、 $N \times K$ 個のデータシンボル d_j^k に対して、大きさが $K \times N$ である行列（変調行列） A をかける演算を行い、擬似直交多重信号 y を得る。すなわち、擬似直交多重変調器 102 は、 K 個のデータ列からなる行列に対して、行列 A を複素乗算する。行列のための複素乗算は、 $a_j^k d_j^k$ の複素乗算を $N \times K$ 回行うことに相当する。行列 A は、符号長 N の概周期関数符号 $(a_1^k, a_2^k, \dots, a_{N-1}^k, a_N^k)$ を K 個並べたものである。ここで、 $1 \leq k \leq K$ である。 K 個の概周期関数符号は、チャネル数（ユーザ数） K に対応して、 K 種類の異なる素数 p_k から生成される。

[0049] 素数 p_k から生成される概周期関数符号 a_j^k は、次の式（5）で表される。なお、 $1 \leq j \leq N$ である。

[数5]

$$a_j^k = \exp(2\pi l(\sqrt[m]{p_k}j + \theta_k))$$

[0050] 擬似直交多重信号 y の受信側では、復調処理によって、送信された $N \times K$ 個のデータシンボル d_j^k を再生することができる。復調処理には、行列 A の逆行列 A^{-1} が用いられる。復調処理では、受信した擬似直交多重信号から K シンボル分の信号 y （[数4] で示す式（4）における左辺に相当する信号）を取得し、 K シンボル分の信号 y に対して逆行列 A^{-1} をかけることで、再生された $N \times K$ 個のデータシンボル d_j^k を得ることができる。ここでは、復調が行えるように $K \geq N$ とする。行列 A の逆行列 A^{-1} は、行列 A を転置し、各行列要素 a_j^k の複素共役をとればよい。データ再生のために逆行列 A^{-1} を

かける演算は、複素乗算によって行われる。

符号の説明

- [0051] 1 0 通信機
2 0 送信機
2 1 変調部
3 0 受信機
3 1 復調部
1 0 0 通信機
1 0 1 変換部
1 0 2 擬似直交多重変調部

請求の範囲

- [請求項1] 通信方法であって、
データを符号で変調して生成された信号を送信することを含み、
前記符号は、概周期関数符号であり、
前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、
前記変調は、前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算を含む
通信方法。
- [請求項2] 前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、前記複素数データに対して複素数で表される前記概周期関数符号を複素乗算することを含む
請求項1に記載の通信方法。
- [請求項3] N が前記概周期関数符号の符号長を表し、 j が1以上 N 以下の整数であり、 a_j が符号長 N の前記概周期関数符号を表し、 d が前記複素数データを表すときに、
前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、1～ N までのそれぞれの j について、 $d a_j$ で示される複素乗算をすることを含む
請求項1又は2に記載の通信方法。
- [請求項4] N が前記概周期関数符号の符号長を表し、 j が1以上 N 以下の整数であり、 a_j が符号長 N の前記概周期関数符号を表し、 d が前記複素数データを表すときに、
前記複素数データに対して前記概周期関数符号をかける演算は、 N 個の $d a_j$ の総和を算出することを含む
請求項1～3のいずれか1項に記載の通信方法。
- [請求項5] 前記変調は、前記複素数データに対して、前記概周期関数符号とは異なる複素符号を複素乗算することを更に含み、

前記複素符号は、複素平面上でパワー一定の符号である

請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の通信方法。

[請求項6] 前記変調は、前記概周期関数符号を用いたスペクトル拡散変調である

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の通信方法。

[請求項7] 前記信号を受信して復調することを更に含み、
前記復調は、受信した前記信号に前記概周期関数の複素共役をかけて、前記データを再生することを含む

請求項 6 記載の通信方法。

[請求項8] 前記変調は、前記概周期関数符号を用いた擬似直交多重変調である
請求項 1 記載の通信方法。

[請求項9] K が、チャネル数又はユーザ数を表し、 N が、データ列を構成する複素数データの数を表すときに、

前記疑似直交多重変調は、 K 個のデータ列に対して、大きさが $K \times N$ の行列を複素乗算することを含み、

前記行列は、符号長 N の前記概周期関数符号を K 個有する

請求項 8 記載の通信方法。

[請求項10] 前記信号を受信して復調することを更に含み、
前記復調は、擬似直交多重変調に用いられた行列の逆行列をかけて、前記データを再生することを含む

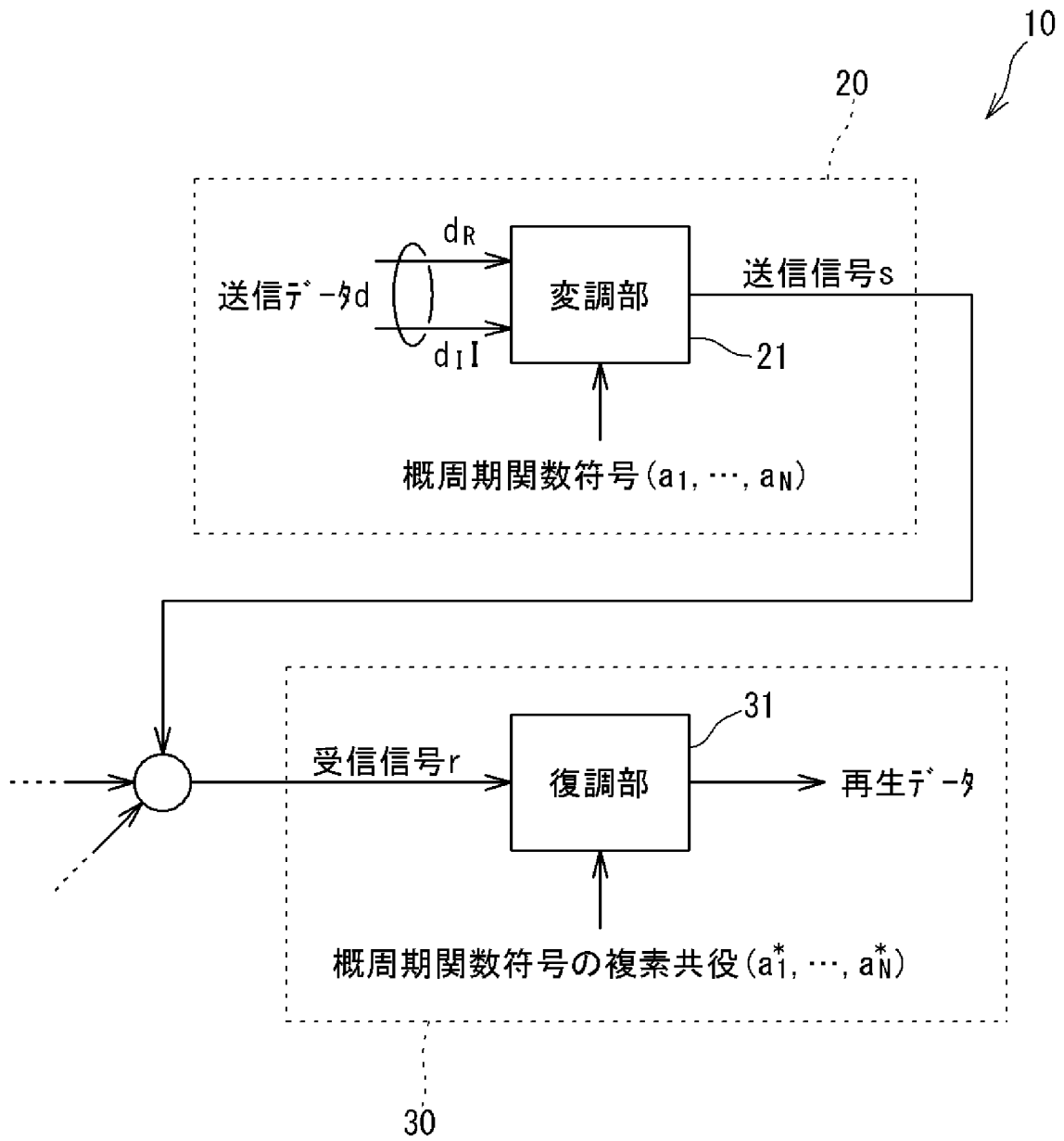
請求項 8 又は 9 記載の通信方法。

[請求項11] 通信機であって、
データを符号で変調する変調部を備え、
前記符号は、概周期関数符号であり、
前記データは、実部データと虚部データを有する複素数データであり、

前記変調部は、前記複素数データに対して概周期関数符号をかける演算処理を行う

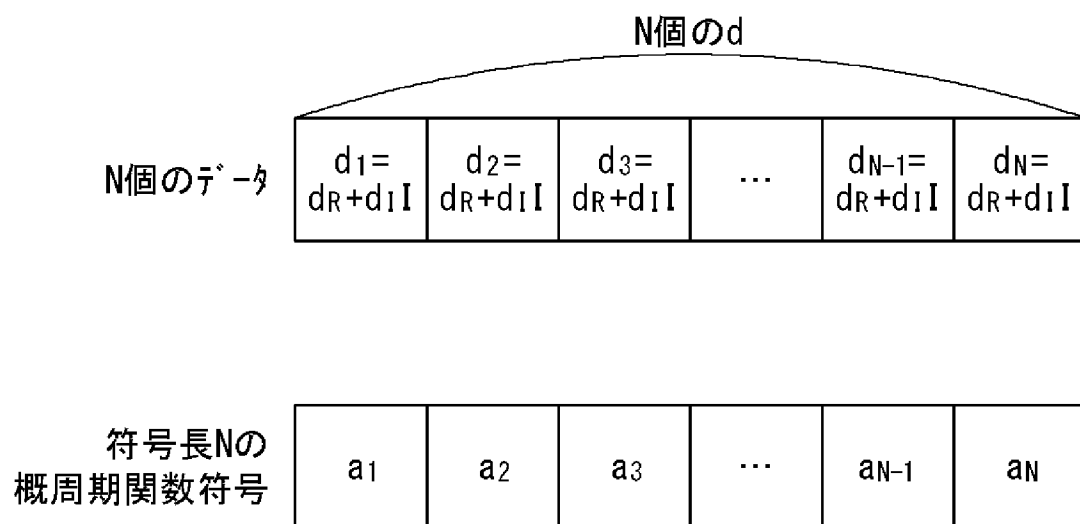
通信機。

[図1]

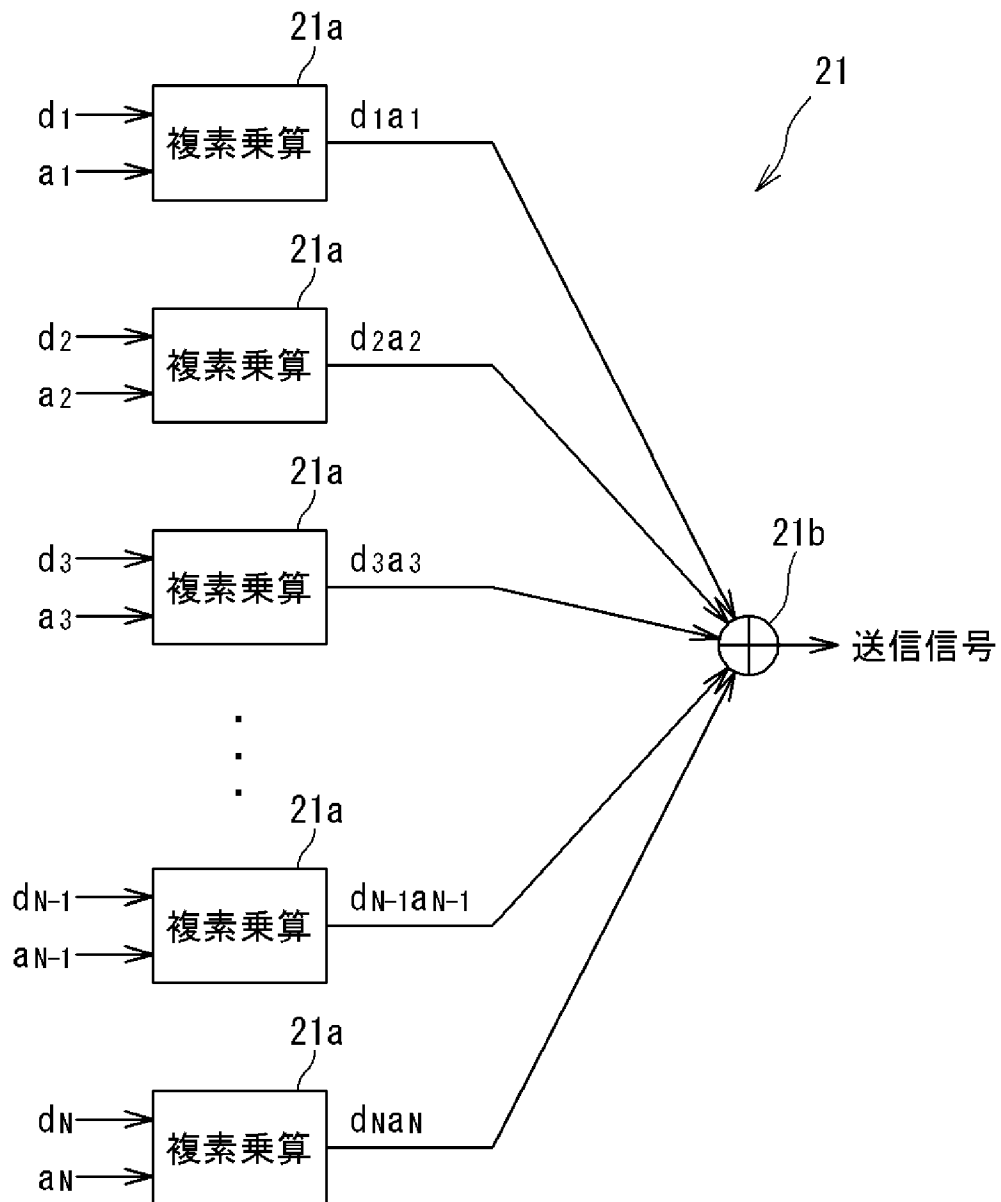


[図2]

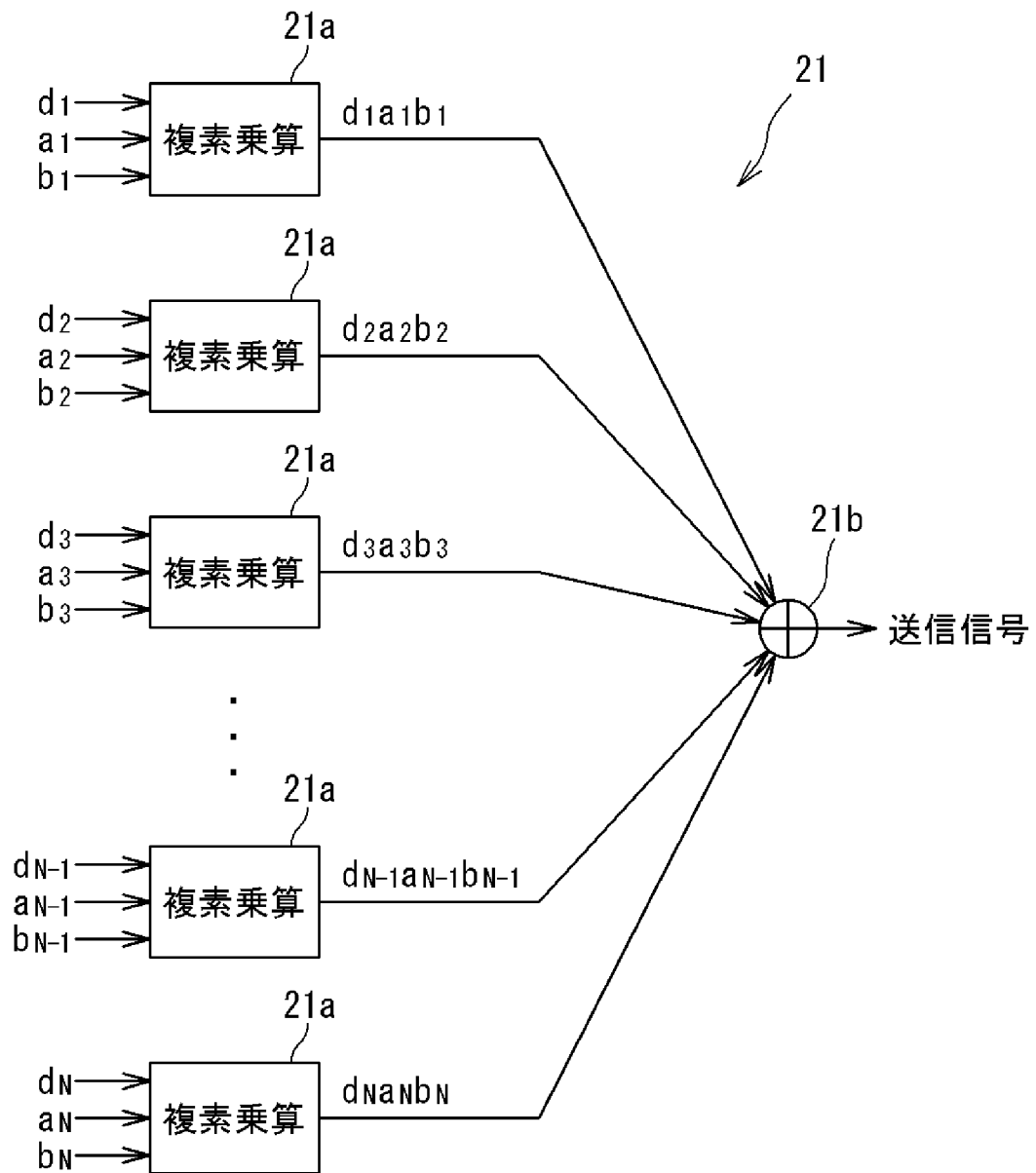
送信データ $d = d_R + d_I I$



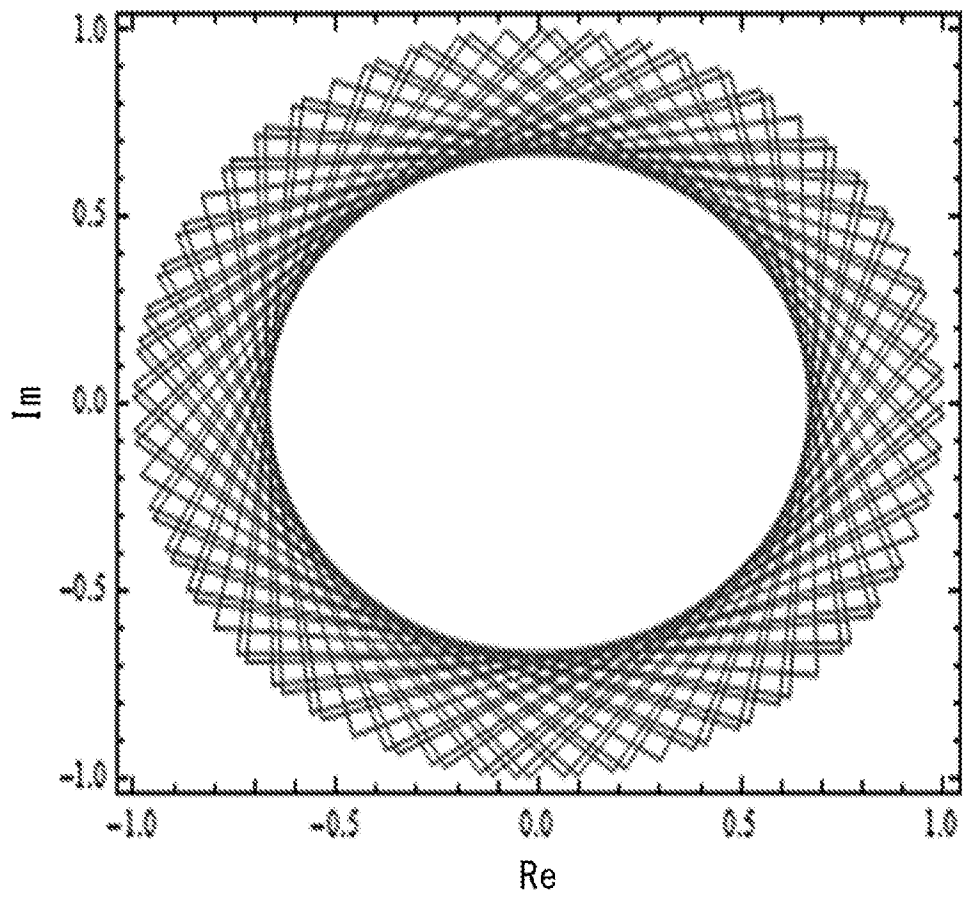
[図3]



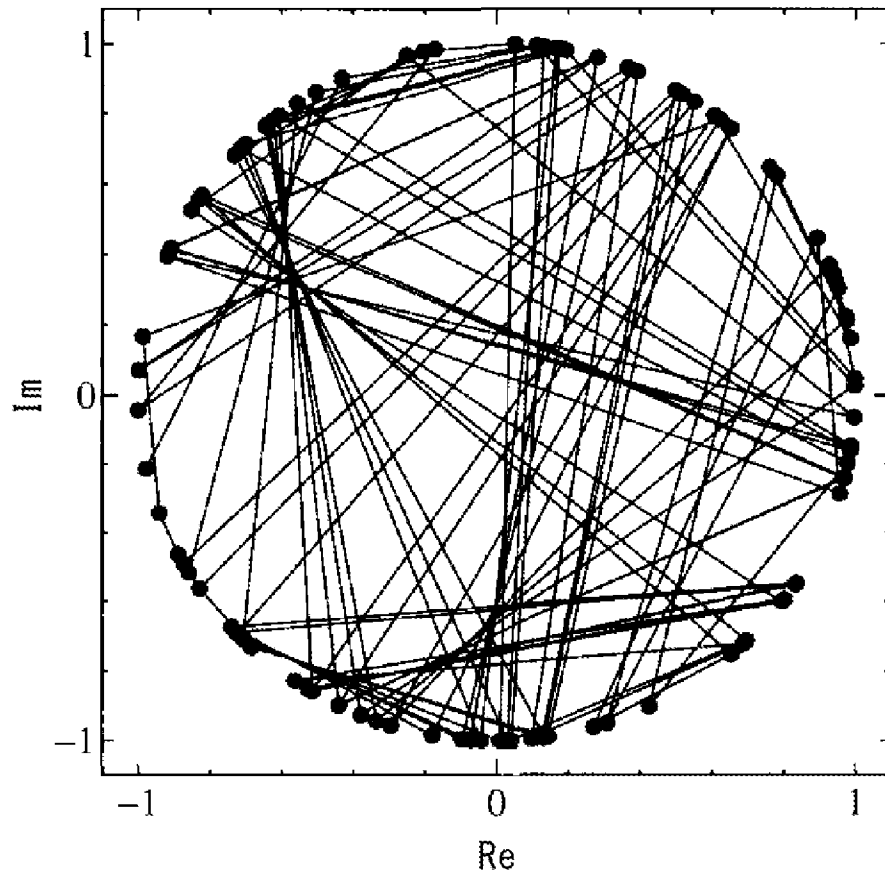
[図4]



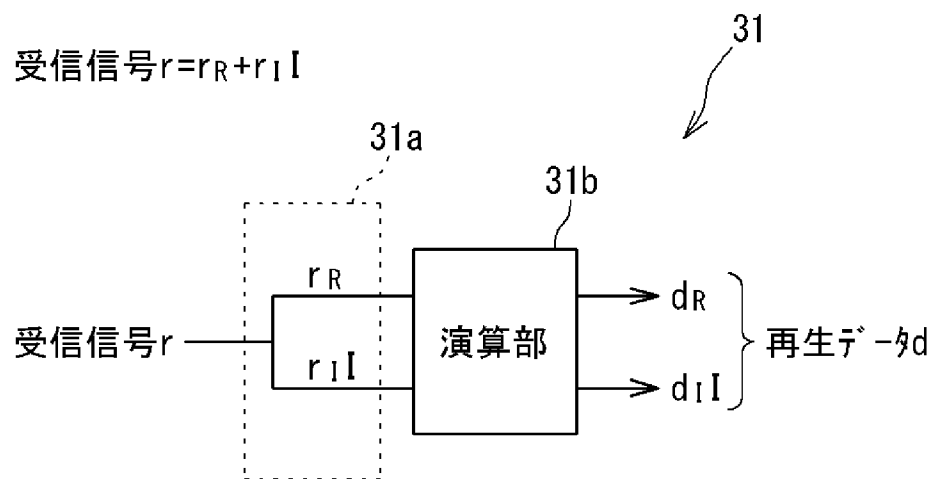
[図5]



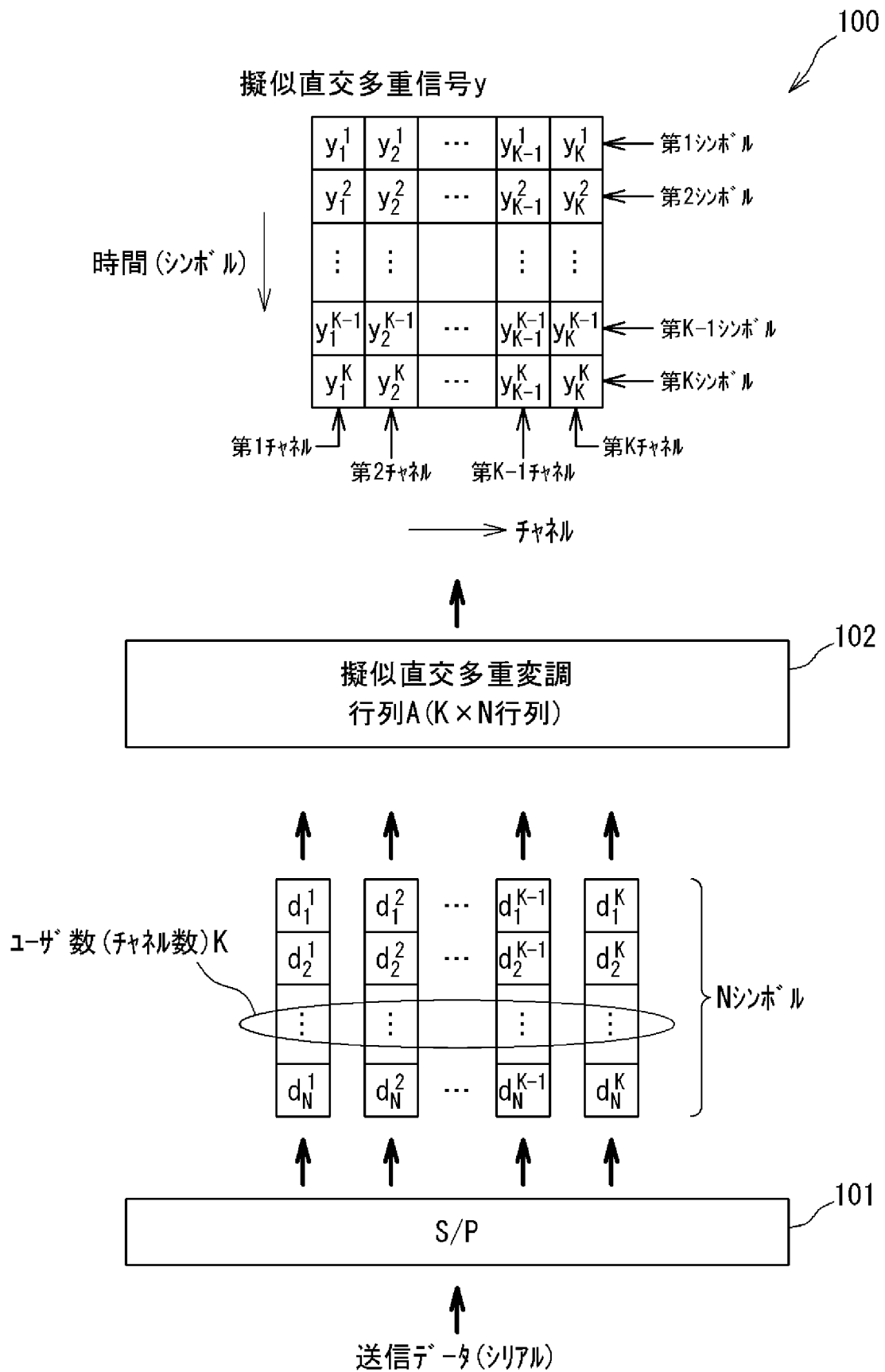
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/066654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B1/707(2011.01) i, H04J13/10(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)

H04B1/707, H04J13/10

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	Tomoya NAOHARA, Ken UMENO, "Performance Analysis of Super Dense Multiple Access (SDMA) Communications Systems Using Almost Periodic Function Codes", IEICE Technical Report, 26 November 2014 (26.11.2014), vol.114, no.348, pages 11 to 16	1, 6, 8, 11 2-5, 7, 9-10
Y	JP 2005-33674 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 03 February 2005 (03.02.2005), paragraphs [0051] to [0052], [0055] & US 2006/0198342 A1 paragraphs [0051] to [0052], [0055] & WO 2005/006623 A1 & EP 1641162 A1 & CN 1813435 A	2-5, 7, 9-10

☒ 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
05 August 2016 (05.08.16)

Date of mailing of the international search report
16 August 2016 (16.08.16)

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/JP2016/066654

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-198500 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 July 2003 (11.07.2003), paragraphs [0035], [0038] & JP 2008-178118 A & JP 2011-55559 A & US 2005/0018753 A1 paragraphs [0079], [0082] & US 2008/0069184 A1 & US 2013/0100965 A1 & WO 2003/036840 A1	2-5, 7, 9-10
Y	JP 2010-28668 A (ChaosWare Inc.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraphs [0103], [0108] (Family: none)	5
Y	JP 2009-44663 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 26 February 2009 (26.02.2009), claim 3; paragraphs [0023] to [0027] (Family: none)	9, 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04B1/707(2011.01)i, H04J13/10(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. H04B1/707, H04J13/10

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	猶原 僚也, 梅野 健, 概周期関数符号を用いた Super Dense Multiple Access (SDMA) 通信システムの性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 2014. 11. 26, vol. 114, no. 348, pp. 11-16	1, 6, 8, 11 2-5, 7, 9-10
Y	JP 2005-33674 A (松下電器産業株式会社) 2005. 02. 03, [0051] - [0052], [0055] & US 2006/0198342 A1, [0051]-[0052], [0055] & WO 2005/006623 A1 & EP 1641162 A1 & CN 1813435 A	2-5, 7, 9-10

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

05.08.2016

国際調査報告の発送日

16.08.2016

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)

北村 智彦

5 K

9297

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
Y	JP 2003-198500 A (松下電器産業株式会社) 2003. 07. 11, [0 0 3 5], [0 0 3 8] & JP 2008-178118 A & JP 2011-55559 A & US 2005/0018753 A1, [0079], [0082] & US 2008/0069184 A1 & US 2013/0100965 A1 & WO 2003/036840 A1	2-5, 7, 9-10
Y	JP 2010-28668 A (株式会社カオスウェア) 2010. 02. 04, [0 1 0 3], [0 1 0 8] (ファミリーなし)	5
Y	JP 2009-44663 A (日本電信電話株式会社) 2009. 02. 26, 請求項 3, [0 0 2 3] - [0 0 2 7] (ファミリーなし)	9, 10