

(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5月4日(04.05.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/073750 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 13/10 (2011.01) H04J 13/16 (2011.01)
H04B 1/707 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/082121
- (22) 国際出願日: 2016年10月28日(28.10.2016)
- (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 2015-215003 2015年10月30日(30.10.2015) 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番地1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). 津田 宏史(TSUDA, Hirofumi); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3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11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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, 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,

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION METHOD AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 通信方法及び通信機

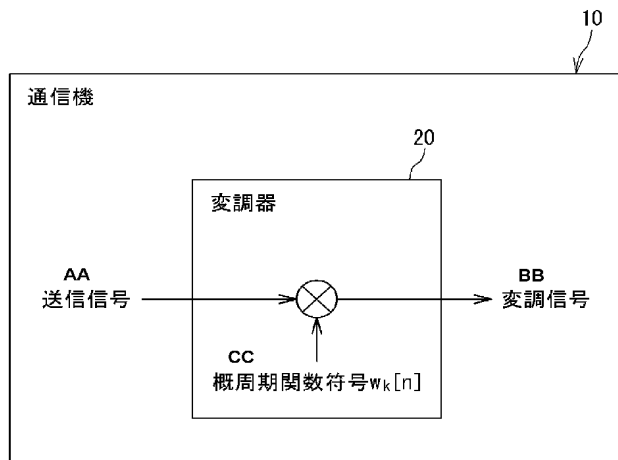


FIG. 1:
 10 Communication device
 20 Modulator
 AA Transmitted signal
 BB Modulated signal
 CC Almost periodic function code

(57) Abstract: A communication method using almost periodic function codes includes using, for modulation, a number of almost periodic function codes, among K almost periodic function codes, that corresponds to the number of users or the number of channels. When it is assumed that k is an integer from 1 to K and an identifier for identifying K almost periodic function codes, a parameter that determines each of the K almost periodic function codes is expressed by $\delta + (k - 1) / K$. K is N or 2N (N is the code length of almost periodic function codes). δ is a real number larger than 0 and less than 1/N.

(57) 要約: 概周期関数符号を用いた通信方法は、K個の概周期関数符号のうち、ユーザ数又はチャンネル数に応じた数の概周期関数符号を変調に用いることを含む。kが、1からKまでの整数であって、K個の概周期関数符号を識別する識別子であるとした場合において、K個の概周期関数符号それぞれを決定するパラメータは、 $\delta + (k - 1) / K$ で表される。Kは、N又は2N (Nは、概周期関数符号の符号長)である。 δ は、0よりも大きく、 $1 / N$ 未満の実数である。



WO 2017/073750 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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。概周期関数は、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。このような信号は、通信で用いられたことはなかったが、非特許文献1は、通信への適用を初めて提案している。

[0003] 非特許文献1は、概周期関数に基づく符号（概周期関数符号）を用いた多重アクセス通信を開示している。なお、非特許文献1では、概周期関数に基づく符号を、概周期拡散符号：APSS (Almost Periodic Spreading Sequence) と呼んでいる。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 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－概周期とカオスとの違いについて－”、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

[0005] 本発明者らによって発表された関連文献「津田宏史、梅野健、”最適なCDMA用Weyl符号の構成と評価”、応用数理学会予稿(2015)」は、Weyl系列を用いた概周期関数符号（Weyl符号）の最適化を提案している。より具体的には、関連文献は、各ユーザ毎のWeyl符号を決定するパラメータ（初期値）である ρ_k の最適化を開示している。関連文献は、通信のユーザ数が K である場合において、各ユーザ k に与えられる各パラメータ（初期値） ρ_k 間の間隔を、 $1/K$ の等間隔にすることで、ビット誤り率を低く

することができることを報告している。

[0006] 関連文献に記載の概周期関数符号は、無理数の系列であるWeyl系列を用いた符号であるため、各ユーザに与えられるパラメータ（初期値） ρ_k は、無理数であることが前提となっている。

[0007] しかし、概周期関数符号を決定するパラメータを無理数に限る必要はない。本発明は、かかる着想に基づくものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一の態様は、概周期関数符号を用いた通信方法であって、K個の概周期関数符号のうち、ユーザ数又はチャンネル数に応じた数の概周期関数符号を変調に用いること、を含む。なお、ここでは、通信は、放送を含む意である。

[0009] 実施形態においては、kが、1からKまでの整数であって、K個の概周期関数符号を識別する識別子であるとした場合において、K個の概周期関数符号それぞれを決定するパラメータは、 $\delta + (k - 1) / K$ で表される。ここで、Kは、N又は2N（Nは、概周期関数符号の符号長）であり、 δ は、0よりも大きく、 $1 / N$ 未満の実数であるのが好ましい。

[0010] $1 / 4N \leq \delta \leq 3 / 4N$ であるのが好ましく、 $\delta = 1 / 2N$ であるのがより好ましい。

[0011] $1 / 8N \leq \delta \leq 3 / 8N$ であるのが好ましく、 $\delta = 1 / 4N$ であるのがより好ましい。

[0012] $5 / 8N \leq \delta \leq 7 / 8N$ であるのが好ましく、 $\delta = 3 / 4N$ であるのがより好ましい。

[0013] δ は有理数であるのが好ましい。

[0014] 本発明の他の態様は、概周期関数符号を用いた通信を行う通信機であって、K個の概周期関数符号のうち、ユーザ数又はチャンネル数に応じた数の概周期関数符号を変調に用いる変調器を備える。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]通信機の示すブロック図である。

[図2] K個の概周期関数符号を示す図である。

[図3] 自己相関値を示すグラフである。

[図4] 概周期関数符号を複素平面にプロットした図である。

[図5] ビット誤り率のシミュレーション結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] [1. 通信機の概要]

以下、実施形態について図面を参照しながら説明する。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機10を示している。この通信機10は、送信信号を変調する変調器20を備えている。変調器20は、送信信号に概周期関数符号かけて変調信号を出力する。送信データは、BPSK, QPSK, 16QAMなどの一次変調がかけられたものであってもよい。変調器20から出力された変調信号は、信号伝送路を通して他の通信機によって受信され復調される。

[0017] [2. 概周期関数符号]

概周期関数符号 $w_k[n]$ は、次の式(1)で表される。

[数1]

$$w_k[n] = \exp(2\pi i \times n \times \rho_k) \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 k は、符号の識別子であって、1から K までの整数($1 \leq k \leq K$)である。 K は、ユーザ数又はチャネル数である。 k は、符号 $w_k[n]$ が割り当てられるユーザ又はチャネルの識別子としても用いられる。

n は、符号に含まれる要素の識別子であって、1から N までの整数($1 \leq n \leq N$)である。 N は、符号長である。

i は、虚数単位である。

ρ_k は、符号 $w_k[n]$ を決定するパラメータ(初期値)であり、符号 $w_k[n]$ 毎に異なる値をとる。

[0018] 図2は、式(1)で表される符号 $w_k[n]$ を図示している。図2は、符号長 N である K 個の符号(符号系列) $w_k[n]$ を示している。各符号 $w_k[n]$ は、 N 個の要素を有している。式(1)及び図2から明らかなように、符

号 $w_k[n]$ の値は、パラメータ ρ_k によって決まる。

[0019] We y l 系列を用いた We y l 符号（非特許文献 1 及び関連文献参照）は、式（1）における $n \times \rho_k$ として、式（2）で示す We y l 系列 $x_k[n]$ を用いたものである。We y l 系列は、準乱数であり、無理数の整数倍の小数部分は、区間 $[0, 1)$ に一様分布するという We y l の一様分布定理に基づいている。

[数2]

$$x_k[n] = \sqrt{p_k} \times n \pmod{1} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 p_k はユーザ k に割り当てられる素数である。

[0020] 関連文献は、We y l 符号において、ユーザ k に割り当てられるパラメータ ρ_k の最適化を開示している。関連文献において、最適化された新たな We y l 符号は、以下の式（3）で表されている。

[数3]

$$w_k[n] = \exp(2\pi i n(\delta + \frac{k-1}{K})) \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 δ は、0 以上 1 未満の区間 ($0 \leq \delta < 1$) に含まれる無理数である。

[0021] 式（3）の $(\delta + (k-1)/K)$ が、式（1）の ρ_k に対応する。すなわち、 $\rho_k = (\delta + (k-1)/K)$ である。式（3）は、通信のユーザ数が K である場合において、各ユーザ k に与えられる各パラメータ（初期値） ρ_k 間の間隔を、 $1/K$ の等間隔にすることを意味している。関連文献で報告されているように、式（3）の We y l 符号によって、相互相関値が最適化され、ビット誤り率を低くすることができる。なお、 δ は、 $k=1$ であるユーザに割り当てられるパラメータ ρ_k に等しい。また、関連文献において、 K はユーザ数を示しているが、チャンネル数を示しても良い。

[0022] 式（3）は無理数系列である We y l 系列を用いるという前提に基づくため、関連文献において、 δ は前述のように無理数であると定義されている。 δ が無理数であれば ρ_k も無理数である。 ρ_k が無理数であれば、符号長 N が

無限大になっても、一様分布定理が成り立つ。

[0023] しかし、Weyl 系列を通信に用いる場合においては、符号長 N は有限長となる。このため、式 (3) における $n \times (\delta + (k-1)K)$ は、 n が符号長 N までの値であるときにおいて、離散的に一様分布するものであれば足りる。したがって、Weyl 系列を通信に用いる場合には、厳密な意味での一様分布定理は成り立つ必要はない。一様分布定理が成り立つ必要がないため、式 (3) における δ は、無理数である必要はなく、有理数であってもよい。よって、式 (3) における δ は、有理数を含む実数に拡張できる。また、式 (3) の δ を無理数として定義しても、コンピュータでの処理の際には、 δ は有理数として扱われることになるため、 δ を実数として定義する方が現実的である。

[0024] 拡張された新たな Weyl 符号は、パラメータ (初期値) ρ_k を、次の式 (4) ように定義したときの式 (1) によって表される。

[数4]

$$\rho_k = \delta + \frac{k-1}{K} \dots (4)$$

ここで、 δ は、0 以上 1 未満 ($0 \leq \delta < 1$) の実数である。

[0025] δ が実数であるので、式 (4) におけるパラメータ ρ_k も実数となる。式 (4) のように ρ_k が実数に拡張されると、より好ましい ρ_k を決定するのが容易となる。本発明者らは、 ρ_k を実数に拡張した上で、符号 $w_k[n]$ の自己相関値を考慮してより適切なパラメータ ρ_k を見出した。なお、符号 $w_k[n]$ の自己相関値は、変調信号を受信した通信機が、受信した信号における符号 $w_k[n]$ の開始位置を探索するために用いられる指標である。

[0026] パラメータ ρ_k が実数である場合において、式 (1) の符号 $w_k[n]$ の自己相関値は、以下の式 (5) で表される。式 (5) において、 l ($0 \leq l \leq N$) は、符号のずれ量である。

[数5]

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-l} \exp(2\pi i(n+l)\rho_k) \exp(-2\pi i n \rho_k) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^l \exp(2\pi i n \rho_k) \exp(-2\pi i(N-l+n)\rho_k) \quad \dots\dots(5)$$

[0027] 式(5)を整理すると、以下の式(6)になる。

[数6]

$$= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-l} \exp(2\pi i l \rho_k) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^l \exp(-2\pi i(N-l)\rho_k) \quad \dots\dots(6)$$

[0028] 自己相関値は、変数nには依存しないため、式(6)は、式(7)のように変形できる。

[数7]

$$= \frac{N-l}{N} \exp(2\pi i l \rho_k) + \frac{1}{N} \exp(-2\pi i(N-l)\rho_k) \quad \dots\dots(7)$$

[0029] 自己相関値の大きさは、式(7)に基づき、以下の式(8)で表される。

[数8]

$$\sqrt{\left(\frac{N-l}{N}\right)^2 + \left(\frac{l}{N}\right)^2 + \frac{2l(N-l)}{N^2} \cos(2\pi N \rho_k)} \quad \dots\dots(8)$$

[0030] 受信信号における符号の開始位置を探索するには、自己相関値の大きさは小さいほどよい。そこで、ここでは、式(8)で示される値を最小化する。式(8)の根号中の第1項及び第2項は最小化できないため、式(8)の最小化は、例えば、式(8)の根号中の第3項に含まれる $\cos(2\pi N \rho_k)$ を最小化することによって行える。すなわち $\cos(2\pi N \rho_k)$ を常に”-1”にすればよい。したがって、ユーザ又はチャネルを示す変数k ($k \geq 1$)を用いると、 $\cos(2\pi N \rho_k)$ を最小化するには、以下の式(9)を満たせばよい。

[数9]

$$2\pi N \rho_k = \pi + 2(k-1)\pi \quad \dots\dots(9)$$

[0031] 式(9)を ρ_k について解くと、式(10)が得られる。

[数10]

$$\rho_k = \frac{1}{2N} + \frac{k-1}{N} \dots\dots(10)$$

[0032] 式(10)に示すパラメータ ρ_k を、式(1)の ρ_k として用いることで、自己相関値を最小化することができる。

[0033] 式(10)は、式(4)における δ を $1/2N$ とし、式(4)におけるユーザ数 K 又はチャンネル数 K を符号長 N と同じ大きさにしたものに相当する。 δ を $1/2N$ とした場合、の自己相関値を図4に示す。図3において、横軸は、符号のずれ l を示し、ここでは符号長 $N=128$ としたので、ずれ l は0から128の範囲の値をとる。図3の縦軸は、自己相関値である。図3に示すように、 $\delta=1/2N$ の場合、ずれ l が64(符号長 $N=128$ の半分のずれ)となる位置において、自己相関値が0となり、自己相関値を最小化できていることがわかる。

[0034] また、式(10)の第2項は、 $(k-1)/N$ となっているため、各パラメータ ρ_k 間の間隔は、 $1/N$ の等間隔となっている。したがって、ユーザ数 K 又はチャンネル数 K が符号長 N と同じ値であるときに、式(10)は、式(4)を満たしたものとなっている。よって、ユーザ数 K 又はチャンネル数 K の最大値を符号長 N と同じ値に制限した上で、式(10)のパラメータ ρ_k を式(1)の ρ_k として用いた符号 $w_k[n]$ を用いて通信を行うと、ビット誤り率の低減効果が得られる。

[0035] 図4は、式(10)に従ったパラメータ ρ_k を用いた符号 $w_k[n]$ における1番目($n=1$)の要素 $w_k[1]$ を、複素平面に配置したものである。ここでは、 $K=7$ 、すなわち符号 $w_k[n]$ の個数を7としている。式(10)に従って決定される各パラメータ ρ_k 間の間隔は、 $1/N$ の等間隔であるため、各符号 $w_k[n]$ の間隔も複素平面において等間隔となり、複素平面の円周上において離散的な一様分布が得られる。また、図4に示すように、式(10)の $\delta=1/2N$ は、 $w_1[1]$ の実軸からの位相を決定する。

[0036] なお、式(9)は、ユーザ k 又はチャンネル k にかかわらず、 $\cos(2\pi$

$N\rho_k$ が “ -1 ” という一定値をとる条件であるため、式 (9) から得られた式 (10) の ρ_k を用いた符号 $w_k[n]$ の自己相関値は、ユーザ k 又はチャネル k にかかわらず一定になるという好ましい状況 (自己相関値の一定化) が得られる。

[0037] ここで、自己相関値は最小化されているのが好ましいものの、最小化されていなくても、自己相関値が 1 よりも小さければ、符号の開始位置を探索可能である。したがって、自己相関値の最小化にこだわらなければ、ビット誤り率の低減効果を得るための式 (10) の第 2 項 ($(k-1)/N$) を維持しつつ、式 (1) の第 1 項 ($1/2N$) の条件緩和が可能である。

[0038] 符号 $w_k[n]$ の自己相関値をユーザ k 又はチャネル k にかかわらず一定にする (自己相関値の一定化) には、式 (8) の $\cos(2\pi N\rho_k)$ が、ユーザ k 又はチャネル k にかかわらず、一定値をとればよい。したがって、式 (9) における π を θ ($0 < \theta < 2\pi$) で一般化したときに、 θ が、変数 k を含まない定数であればよい。

[0039] 式 (9) における π を θ で一般化すると、以下の式 (11) のとおりである。

[数11]

$$2\pi N\rho_k = \theta + 2(k-1)\pi \quad \dots\dots(11)$$

[0040] 式 (11) を ρ_k について解くと、式 (12) が得られる。

[数12]

$$\rho_k = \frac{\theta}{2\pi N} + \frac{k-1}{N} \quad \dots\dots(12)$$

式 (12) の第 2 項 ($(k-1)/N$) は、式 (10) の第 2 項と同じである。また、 $0 < \theta < 2\pi$ より、式 (12) の第 1 項 ($(\theta/2\pi N) = \delta$) のとる範囲は、式 (13) で示される。

[数13]

$$0 < \frac{\theta}{2\pi N} < \frac{1}{N} \quad \dots\dots(13)$$

[0041] したがって、式(12)の $(\theta/2\pi N)$ を δ で置き換えると、パラメータ ρ_k は、以下の式(14)で表される。

[数14]

$$\rho_k = \delta + \frac{k-1}{N} \dots\dots(14)$$

ここで、 δ は、0よりも大きく $1/N$ 未満($0 < \delta < 1/N$)の実数である。

[0042] 式(14)のパラメータ ρ_k を式(1)の ρ_k として用いた符号 $w_k[n]$ によれば、ビット誤り率の低減及び自己相関値の一定化を図ることができる。

[0043] 符号 $w_k[n]$ の自己相関値は最小化されていないにしても、できるだけ小さい方が好ましい。自己相関値を十分に小さい値、例えば0.5程度、にするという観点からは、式(8)における $\cos(2\pi N\rho_k)$ を0以下にすればよい。この場合、式(12)における θ のとりうる範囲は、 $\pi/2 \leq \theta \leq 3/2\pi$ となる。この場合、式(12)の第1項($(\theta/2\pi N) = \delta$)のとりうる範囲は、式(15)で示される。

[数15]

$$\frac{1}{4N} \leq \frac{\theta}{2\pi N} \leq \frac{3}{4N} \dots\dots(15)$$

[0044] したがって、 $\delta (= \theta/2\pi N)$ は、 $1/4N$ 以上 $3/4N$ 以下($1/4N \leq \delta \leq 3/4N$)の実数である。この場合、ビット誤り率の低減及び自己相関値の一定化を図りつつ、自己相関値を十分に小さくすることができる。図3は、 $\delta = 1/4N$ の場合の自己相関値を示しており、ずれ l が64(符号長 $N = 128$ の半分のずれ)となる位置において、自己相関値が0.5程度となっていることがわかる。 $\delta = 3/4N$ の場合も $\delta = 1/4N$ の場合と同じ自己相関値となる。したがって、 $1/4N \leq \delta \leq 3/4N$ の範囲では、自己相関値は、 $\delta = 1/2N$ の自己相関値と $\delta = 1/4N$ の自己相関値との間の値となる。

[0045] 実際の通信では、符号 $w_k[n]$ によって変調される送信ビットが”+1”又は”-1”のように送信すべき情報に応じた値をとる。送信ビットの値

によって自己相関が変化することを回避するには、式（８）の $\cos(2\pi\rho_k)$ を常に” 0 ” にして式（８）が送信ビットの値にかかわらず一定値とするのが好ましい。

$\cos(2\pi\rho_k)$ を常に” 0 ” にする条件は、式（９）と同様にユーザ又はチャネルを示す変数 k ($k \geq 1$) を用いると、以下の式（１６）で表される。

[数16]

$$2\pi N\rho_k = \frac{\pi}{2} + (k-1)\pi \quad \dots\dots(16)$$

[0046] 式（１６）を ρ_k について解くと、式（１７）が得られる。

[数17]

$$\rho_k = \frac{1}{4N} + \frac{k-1}{2N} \quad \dots\dots(17)$$

[0047] 式（１７）は、式（４）における δ を $1/4N$ とし、式（４）におけるユーザ数 K 又はチャネル数を $2N$ （符号長の２倍）にしたものに相当する。

[0048] 式（１７）の第２項は、 $(k-1)/2N$ となっているため、各パラメータ ρ_k 間の間隔は、 $1/2N$ の等間隔となっている。このように、ユーザ数 K 又はチャネル数 K は $2N$ でもよい。ただし、ユーザ数 K 又はチャネル数 K が大きくなると、ビット誤り率の低減効果が小さくなるため、ビット誤り率の低減という観点からは、ユーザ数 K 又はチャネル数 K は N である方が有利である。そこで、式（１７）の第２項の $2N$ を N にすると、式（１８）が得られる。

[数18]

$$\rho_k = \frac{1}{4N} + \frac{k-1}{N} \quad \dots\dots(18)$$

[0049] 式（１８）は、式（４）における δ を $1/4N$ とし、式（４）におけるユーザ数 K 又はチャネル数を符号長 N にしたものに相当する。これにより、符号 $w_k[n]$ は直交符号となる。

[0050] また、式（１８）のように第２項を $(k-1)/N$ とした場合、式（１８

) の第1項 ($1/4N$) を、 $3/4N$ にしても、 $\cos 2\pi N\rho_k$ を0にできる。したがって、 ρ_k は、以下の式(19)で表されるものであってもよい。

[数19]

$$\rho_k = \frac{3}{4N} + \frac{k-1}{N} \dots\dots(19)$$

[0051] 以上のように、 δ は、 $1/4N$ 又は $3/4N$ であってもよい。ここで、自己相関の変化を回避するのではなく、自己相関の変化が小さければよいのであれば、式(16)～式(19)を導くための「式(8)の $\cos(2\pi\rho k)$ を常に”0”にする」という条件は、「式(8)の $\cos(2\pi\rho k)$ を”0”近傍する」という条件に緩和できる。この場合、 δ を、例えば、 $1/8N \leq \delta \leq 3/8N$ 、又は、 $5/8N \leq \delta \leq 7/8N$ とすることができる。

[0052] [3. パラメータ ρ_k についてのまとめ]

$\delta + (k-1)/K$ で決定されるパラメータ ρ_k を用いた符号 $w_k[n]$ は、ビット誤り率を低減することができる。ここでの δ は、0以上1未満($0 \leq \delta < 1$)の実数である。

[0053] 最大ユーザ数 K 又は最大チャネル数 K を符号長 N と同じ値に設定した場合($K=N$)、パラメータ ρ_k は、 $\delta + (k-1)/N$ となる。この場合も、ビット誤り率の低減効果が得られる。最大ユーザ数 K 又は最大チャネル数 K は、 $2N$ に設定されてもよい。

[0054] ビット誤り率の低減及び自己相関値の一定化を図るには、 $\delta + (k-1)/N$ における δ を、0よりも大きく $1/N$ 未満($0 < \delta < 1/N$)の実数とすればよい。 δ は、 $1/8N$ 以上($1/8N \leq \delta$)であるのが好ましく、 $1/4N$ 以上($1/4N \leq \delta$)であるのがより好ましい。 δ は、 $7/8N$ 以下($\delta \leq 7/8N$)であるのが好ましく、 $3/4N$ 以下($\delta \leq 3/4N$)であるのがより好ましい。 δ は、 $1/4N$ 以上 $3/4N$ 以下($1/4N \leq \delta \leq 3/4N$)であるのが好ましく、 δ は、例えば、 $1/2N$ とすることができる。

[0055] また、 δ は、 $1/8N$ 以上 $3/8N$ 以下 ($1/8N \leq \delta \leq 3/8N$) であるのが好ましく、 δ は、例えば、 $1/4N$ とすることができる。

[0056] また、 δ は、 $5/8N$ 以上 $7/8N$ 以下 ($1/4N \leq 3/4N$) であるのが好ましく、 δ は、例えば、 $3/4N$ とすることができる。

[0057] [4. ビット誤り率]

図5は、パラメータ ρ_k を、式(4)に従って決定した場合と、式(10)に従って決定した場合のビット誤り率を示している。図5において横軸は、ユーザ数 K を示し、縦軸は、ビット誤り率を示している。図5(a)は、符号長 $N=127$ である場合の非同期の拡散通信におけるビット誤り率を示し、図5(b)は、符号長 $N=1024$ である場合のチップ同期の拡散通信におけるビット誤り率を示している。

[0058] パラメータ ρ_k を式(4)に従って決定する場合、式(4)にはユーザ数 K が含まれるため、式(4)に従いパラメータ ρ_k をユーザ数 K 毎に最適化した。一方、パラメータ ρ_k を式(10)に従って決定する場合、式(10)には、ユーザ数 K は含まれないため、ユーザ数 K にかかわらず符号長 $N=128$ を用いて統一的にパラメータ ρ_k を決定した。図5では、比較例としてGold符号のビット誤り率も示した。

[0059] パラメータ ρ_k を、式(4)又は式(10)に従って決定した場合、いずれもGold符号よりもビット誤り率が低下しており良好な結果が得られている。図5(a)によれば、パラメータ ρ_k を式(10)に従って決定したとき、ユーザ数 K が、符号長 $N=128$ に一致又はその近傍値である場合には、パラメータ ρ_k を式(4)に従って決定した場合と同様なビット誤り率が得られていることがわかる。図5(b)においても同様に、パラメータ ρ_k を式(10)に従って決定したとき、ユーザ数 K が、符号長 $N=1024$ に一致又はその近傍値である場合には、パラメータ ρ_k を式(4)に従って決定した場合と同様なビット誤り率が得られていることがわかる。ただし、パラメータ ρ_k を式(10)に従って決定した場合、ユーザ数 K が、符号長 $N=128$ よりも小さくなると、ビット誤り率の低下度合が小さくなる。

[0060] 図5に示す結果は、 $K=N$ である場合における式(4)と式(10)の等価性を示している。図5に示す結果によれば、式(10)でパラメータ ρ_k を決定する場合においては、符号長 N をユーザ数 K 又はチャネル数 K に合わせて可変にすることで、式(10)に従ってパラメータ ρ_k を決定しても、式(4)に従って決定した場合と同様のビット誤り率が得られることがわかる。

[0061] なお、式(4)に従って、パラメータ ρ_k を決定する場合であっても、 K を実際のユーザ数又はチャネル数とするのではなく、最大ユーザ数又は最大チャネル数として決定しておいてもよい。この場合、通信中における実際のユーザ数又はチャネル数が変動しても、 K は変動しない。このため、パラメータ ρ_k を式(4)に従って決定した場合であっても、式(10)に従ってパラメータ ρ_k を決定した場合と同様のビット誤り率となる。

[0062] [5. 複数の概周期関数符号の使い方]

変調器20は、複数(K 個)の概周期関数符号 $w_k[n]$ を用いて変調を行う。 K は、ユーザ数又はチャネル数に応じた数であり、 K 個の符号 $w_k[n]$ を用いることで、 K ユーザ又は K チャネルの送信信号を変調することができる。

[0063] ユーザ数又はチャネル数が変動しない環境での通信の場合、 K は定数でよい。この場合、変調器20は、 K 個の概周期関数符号 $w_k[n]$ 全てを変調に用いる。ただし、ユーザ数又はチャネル数は変動することが多い。変調器20は、ユーザ数又はチャネル数の数に応じて式(4)における K の値を変更してもよいが、式(4)における K を、最大ユーザ数又は最大チャネル数(一定値)として定義しておいてもよい。この場合、変調器20は、予め生成された K 個の概周期関数符号 $w_k[n]$ のうち、実際のユーザ数 L 又はチャネル数 L ($L \leq K$)に応じた L 個の概周期関数符号 $w_k[n]$ を選択し、選択された L 個の概周期関数符号 $w_k[n]$ を変調に用いる。

[0064] また、最大ユーザ数 K 又は最大チャネル数 K を符号長 N に設定する場合($K=N$)も、変調器20は、 N 個の概周期関数符号 $w_k[n]$ のうち、実際のユーザ数 L 又はチャネル数 L ($L \leq K$)に応じた L 個の概周期関数符号 $w_k[n]$

n] を、変調に用いる。通信機 10 は、変化するユーザ数 K 又はチャネル数 K に応じて、符号長 N を変化させ ($N = K$)、変調器 20 は、変化させた符号長 N に基づいて、 N 個の概周期関数符号 $w_k [n]$ を決定することができる。この場合、変調器 20 は、 N 個の概周期関数符号 $w_k [n]$ を全て用いて変調を行う。なお、最大ユーザ数 K 又は最大チャネル数 K を $2N$ に設定してもよい。また、通信機 10 は、変化するユーザ数 K 又はチャネル数 K に応じて、符号長 N を $K/2$ に変化させてもよい。

[0065] 複数の概周期関数符号 $w_k [n]$ は、通信機 10 が有するコンピュータによって生成され、通信機 10 が有する記憶装置に保存されていても良い。また、複数の概周期関数符号 $w_k [n]$ は、予め、通信機 10 とは別のコンピュータによって生成され、通信機 10 が有する記憶装置に保存されていてもよい。変調器 20 は、記憶装置に保存されている複数の概周期関数符号 $w_k [n]$ の全部又は一部を選択して、変調に用いることができる。

[0066] また、変調部 20 は、概周期関数符号 w_k を、スペクトル拡散通信のための拡散符号として用いるほか、疑似直交多重変調符号として用いても良い。疑似直交多重変調は、概周期関数符号 w_k を用いて、直交多重変調に類似した変調を行うものであるが、概周期関数符号 w_k を用いるため、厳密には直交多重変調とはならず、疑似直交多重変調となる。

[0067] 疑似直交多重変調では、 $N \times K$ 個のデータシンボル行列（送信信号）に対して、大きさが $K \times N$ の変調行列（疑似直交多重変調符号行列）をかけて、 $K \times K$ 行列の変調信号（疑似直交多重変調信号）を出力する。 $K \times N$ の変調行列は、符号長 N の概周期関数符号 $w_k [n]$ を N 個並べて構成される。概周期関数符号 $w_k [n]$ を、例えば、式 (10) に従って決定されるパラメータ ρ_k を用いて生成する場合 ($K = N$)、変調行列は $N \times N$ 行列となる。

符号の説明

[0068] 10 通信機
20 変調器

請求の範囲

- [請求項1] 概周期関数符号を用いた通信方法であって、
K個の概周期関数符号のうち、ユーザ数又はチャネル数に応じた数の概周期関数符号を変調に用いること、
を含み、
kが、1からKまでの整数であって、前記K個の概周期関数符号を識別する識別子であるとした場合において、
前記K個の概周期関数符号それぞれを決定するパラメータは、 $\delta + (k - 1) / K$ で表され、
Kは、N又は $2N$ （Nは、前記概周期関数符号の符号長）であり、
 δ は、0よりも大きく、 $1 / N$ 未満の実数である
通信方法。
- [請求項2] $1 / 4N \leq \delta \leq 3 / 4N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項3] $\delta = 1 / 2N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項4] $1 / 8N \leq \delta \leq 3 / 8N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項5] $\delta = 1 / 4N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項6] $5 / 8N \leq \delta \leq 7 / 8N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項7] $\delta = 3 / 4N$ である
請求項1記載の通信方法。
- [請求項8] δ は有理数である
請求項1～7のいずれか1項に記載の通信方法。
- [請求項9] 概周期関数符号を用いた通信を行う通信機であって、
K個の概周期関数符号のうち、ユーザ数又はチャネル数に応じた数

の概周期関数符号を変調に用いる変調器を備え、

k が、1 から K までの整数であって、前記 N 個の概周期関数符号を識別する識別子であるとした場合において、

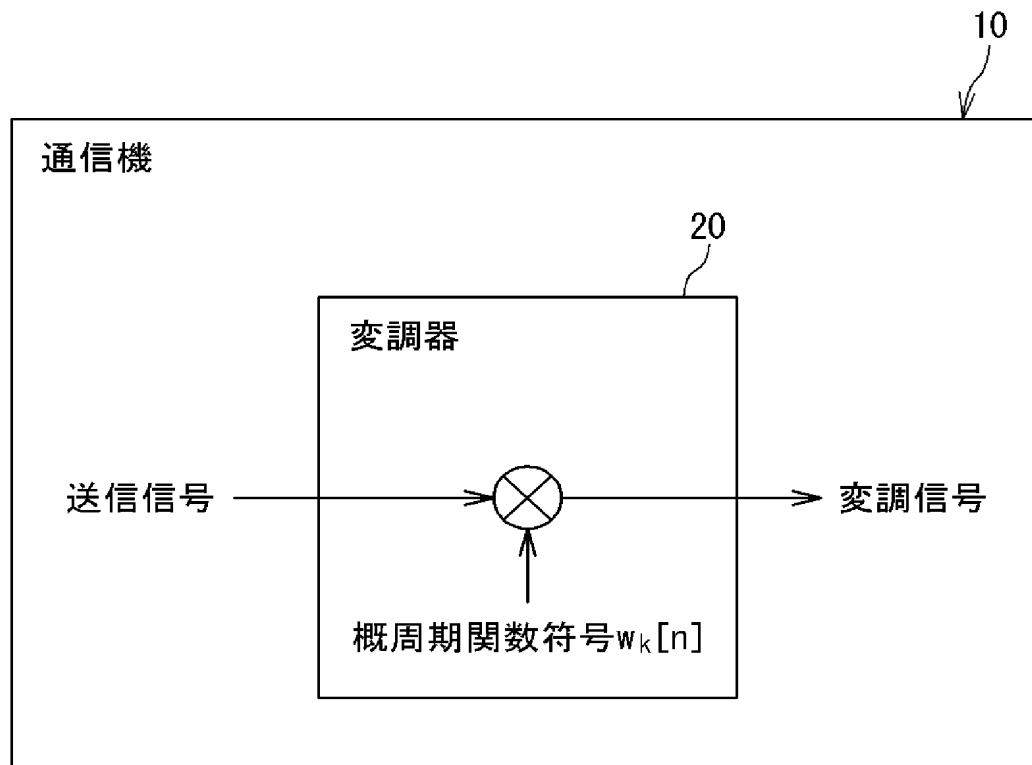
前記 K 個の概周期関数符号それぞれを決定するパラメータは、 $\delta + (k - 1) / K$ で表され、

K は、 N 又は $2N$ (N は、前記概周期関数符号の符号長) であり、

δ は、0 よりも大きく、 $1 / N$ 未満の実数である

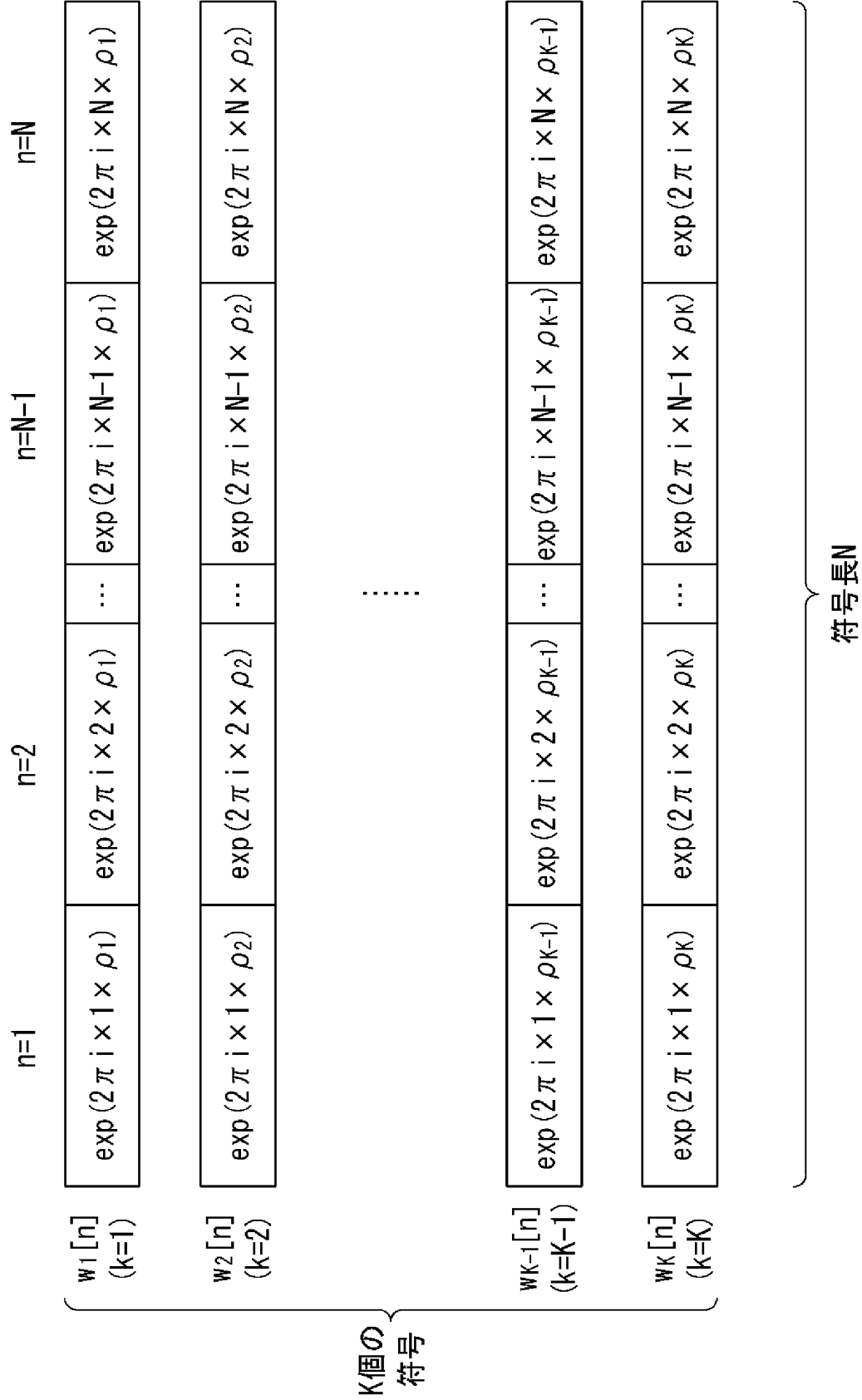
通信機。

[図1]

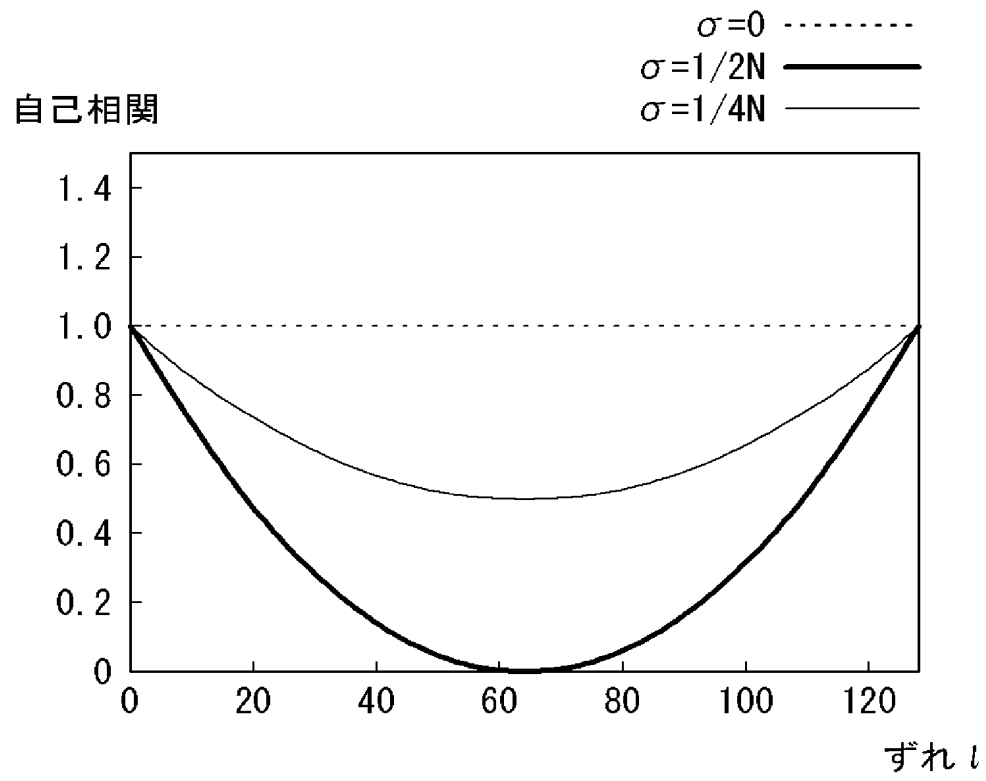


[図2]

$$w_k[n] = \exp(2\pi i \times n \times \rho_k)$$



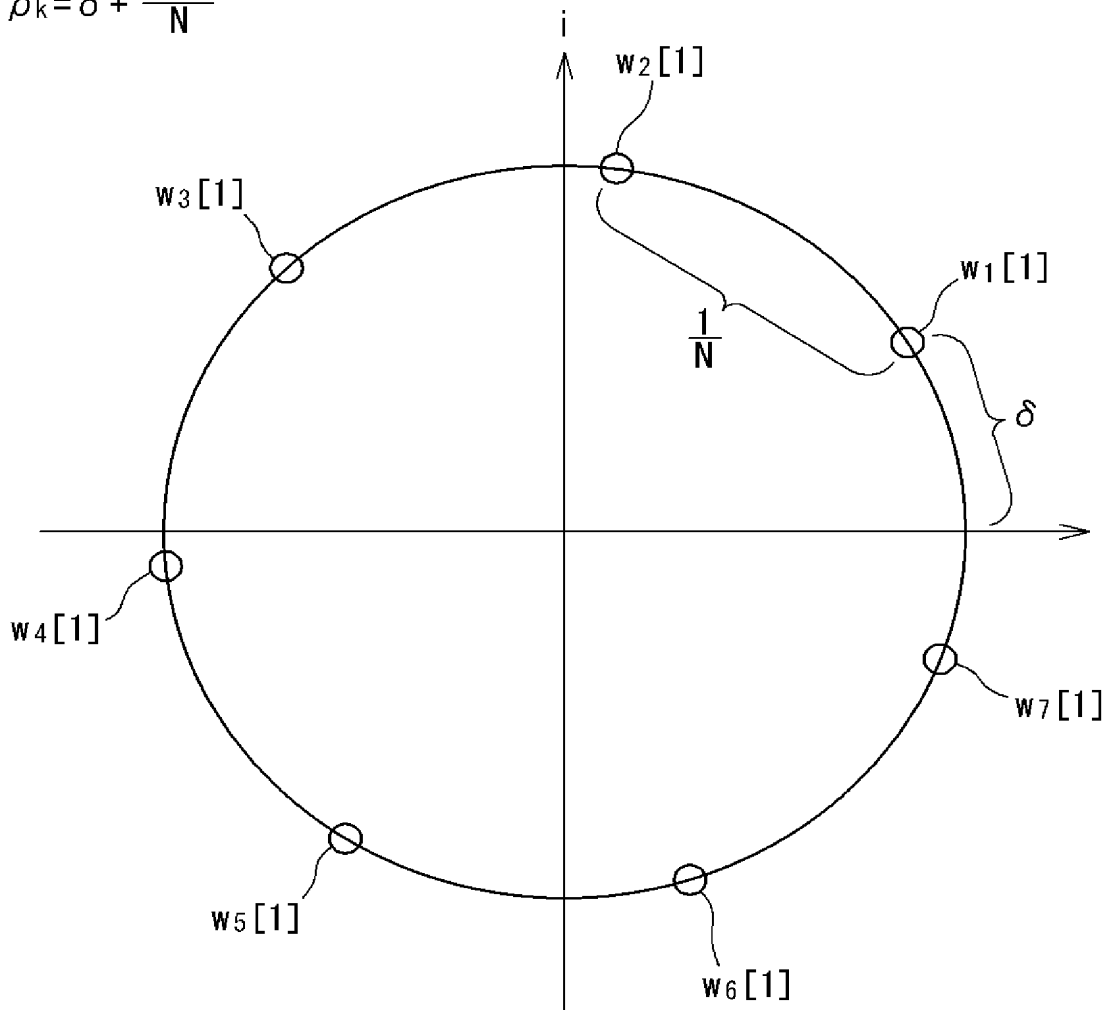
[図3]



[図4]

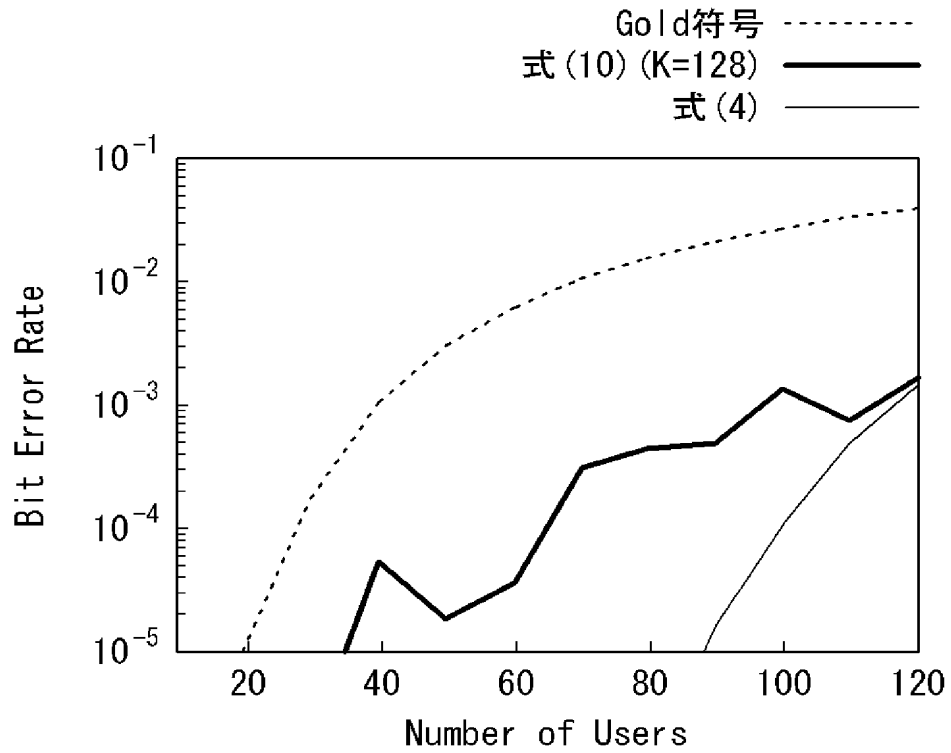
$$w_k[1] = \exp(2\pi i \times 1 \times \rho_k) \quad : k=1 \sim 7$$

$$\rho_k = \delta + \frac{k-1}{N}$$

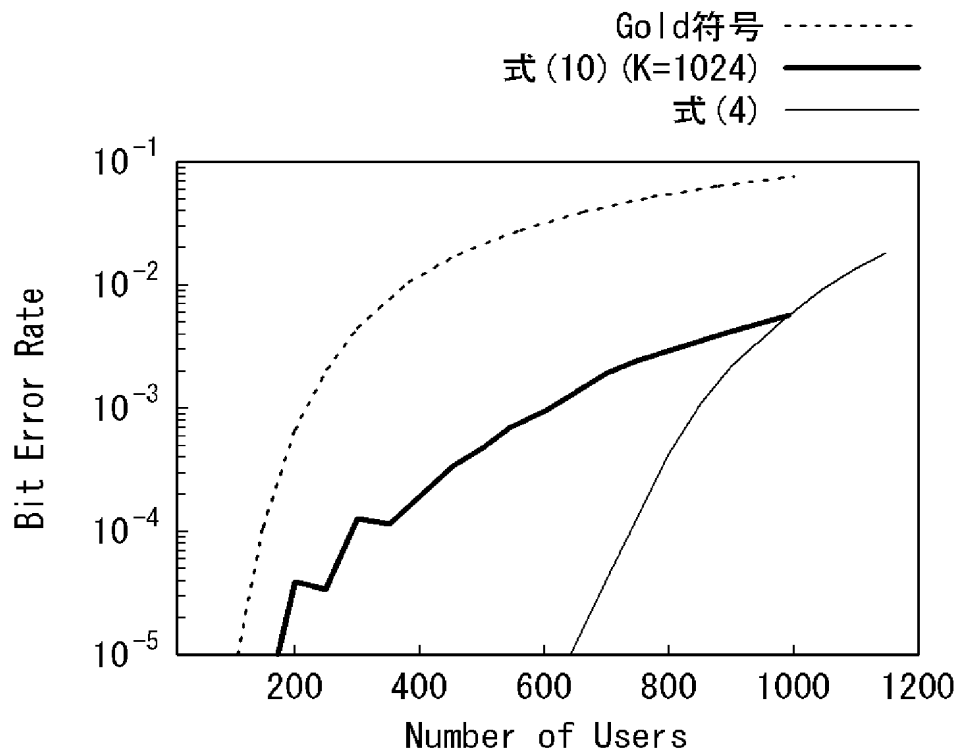


[図5]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/082121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J13/10(2011.01)i, H04B1/707(2011.01)i, H04J13/16(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)

H04J13/10, H04B1/707, H04J13/16

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.
A	Tomoya NAOHARA et al., "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, NLP2014-101	1-9
A	Ken UMENO, "Spread Spectrum Communications Based on Almost Periodic Functions : Almost Periodic Code Approach versus Chaotic Code Approach for Communications", IEICE Technical Report, 09 October 2014 (09.10.2014), vol.114, no.250, pages 87 to 90, NLP2014-62	1-9

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
22 November 2016 (22.11.16)

Date of mailing of the international search report
06 December 2016 (06.12.16)

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/JP2016/082121

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-28668 A (ChaosWare Inc.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraphs [0004] to [0005], [0045] to [0076] (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H04J13/10(2011.01)i, H04B1/707(2011.01)i, H04J13/16(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. H04J13/10, H04B1/707, H04J13/16

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
A	猶原 僚也 他, 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, NLP2014-101	1-9
A	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 - 概周期とカオスとの違いについて -, 電子情報通信学会技術研究報告, 2014. 10. 09, Vol. 114, No. 250, pp. 87-90, NLP2014-62	1-9

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 22. 11. 2016	国際調査報告の発送日 06. 12. 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) 岡 裕之 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*	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 2010-28668 A (株式会社カオスウェア) 2010.02.04, 段落 [0004] - [0005], [0045] - [0076] (ファミリーなし)	1-9