

(51) Int.Cl.

H 0 4 B 1/707 (2006.01)

F I

H 0 4 J 13/00

テーマコード(参考)

D 5 K 0 2 2

審査請求 有 請求項の数3 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願2004-318708(P2004-318708)

(22)出願日 平成16年11月2日(2004.11.2)

(71)出願人 390014306

防衛庁技術研究本部長
東京都新宿区市谷本村町5番1号

(74)代理人 100079290

弁理士 村井 隆

(72)発明者 綿野 史人

埼玉県越谷市七左町1-72-2グリーン
ヒルズ101

(72)発明者 岡部 幸喜

神奈川県相模原市淵野辺1-18-32-C
304

(72)発明者 坂内 秀夫

千葉県柏市新逆井2-8-13

(72)発明者 黒沢 正樹

東京都調布市菊野台1-28-27

Fターム(参考) 5K022 EE02 EE14 EE21

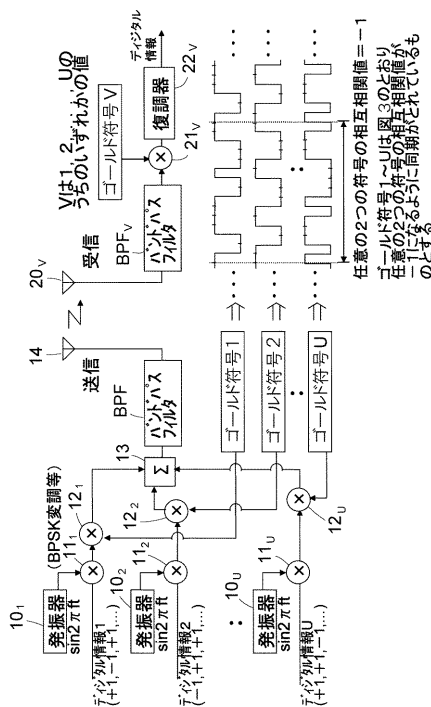
(54) 【発明の名称】 多重ゴールド符号を用いた多重通信系及び疑似乱数系列

(57) 【要約】

【課題】 スペクトラム拡散通信方式のうち直接拡散方式において、複数のゴールド符号を用いて送信情報を多重化して送信する場合、受信時における逆拡散の際、ゴールド符号間の相互相関を低減し、所望の情報を低雑音で取り出せるような送受信系を実現する。

【解決手段】 デジタル情報1～Uをゴールド符号1～Uで多重化して送信する送信系と、前記送信系で送信された信号を受信して、前記ゴールド符号1～Uのいずれかを用いてデジタル情報1～Uの中から意図するデジタル情報を取り出す受信系とを備える直接拡散方式による多重通信系において、前記送信系では、前記ゴールド符号1～Uとして相互の相関値の絶対値が最小及び一定値であるものを用いて拡散して送信する構成としている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のデジタル情報を複数のゴールド符号で多重化して送信する送信系と、前記送信系で送信された信号を受信して、前記複数のゴールド符号のいずれかを用いて前記複数のデジタル情報の中から意図するデジタル情報を取り出す受信系とを備える直接拡散方式による多重通信系において、

前記複数のゴールド符号の相互間で相関値の絶対値が最小及び一定値であり、前記送信系では、前記複数のデジタル情報のビット間の同期を合わせ、同時帯の複数のビットを前記複数のゴールド符号を用いて同期を合わせてそれぞれ拡散し、これらの拡散した送信信号を加算して送信することを特徴とする多重通信系。

10

【請求項 2】

相互の相関値が最小及び一定値である前記複数のゴールド符号に、相互相関値が 0 となるように 1 ビット付加してなることを特徴とする疑似乱数系列。

【請求項 3】

請求項 1 記載の多重通信系において、前記ゴールド符号の代わりに請求項 2 記載の疑似乱数系列を用いたことを特徴とする多重通信系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スペクトラム拡散通信方式のうち直接拡散方式の多重通信系に係り、とくに多重ゴールド符号を用いた多重通信系に関するものであり、例えば、直接拡散方式を用いた中心局と複数のローカル局といった 1 対多通信において、中心局から各ローカル局間への通信に利用でき、各ローカル局が低雑音で中心局からの所望の信号を受信できるというものである。さらに、本発明は、相互相関値が 0 となる疑似乱数系列に関する。

20

【背景技術】

【0002】

各種無線通信において、雑音や干渉の影響下でも安定した通信を実現できたり、複数の通信を PN (疑似乱数) 符号の組み合わせのみで多重化できるようにするため直接拡散方式を用いたスペクトラム拡散通信方式が採用されている。図 6 に直接拡散方式を用いた多重化されたスペクトラム拡散通信系の概要を示す。

30

【0003】

図 6 における送信系では、各々のデジタル情報 1 ~ U に対して、発振器 10₁ ~ 10_U からの 1 次変調信号が乗算器 11₁ ~ 11_U で乗算され、さらに乗算器 11₁ ~ 11_U の乗算結果に対して 2 次変調信号としての PN 符号 1 ~ U がそれぞれ乗算器 12₁ ~ 12_U で乗算され、各乗算器 12₁ ~ 12_U の乗算結果は加算器 13 で加算される。そして、加算器 13 による加算結果はバンドパスフィルタ BPF を通過し、ここで所要の周波数帯の送信信号が選択され、送信アンテナ 14 より送信電波として放射される。

【0004】

ここで、変調は 2 段階に分けて行い、最初の変調を 1 次変調、後段の周波数帯を広げる変調を 2 次変調又は拡散変調といい (実際は、1 次変調と 2 次変調が入れ替わっている場合がある)、この 1 次変調部及び 2 次変調部を複数個並列に組み合わせることにより、送信信号の多重化を可能としている。なお、図 6 では、直接拡散方式で最も多く利用されている BPSK (Binary Phase Shift Keying) を 1 次変調の例として用いている。

40

【0005】

図 6 における受信系は各デジタル情報 1 ~ U に対応して U 個設置されており、デジタル情報 1 を受信するための 1 番目の受信系では、受信アンテナ 20₁ で受信された受信信号はバンドパスフィルタ BPF₁ を通り、所要の周波数帯の高周波信号が選択され、乗算器 21₁ で送信側と同じ PN 符号 1 が乗算され、復調器 22₁ でデジタル情報 1 として復調される。以下同様に、デジタル情報 U を受信するための U 番目の受信系では、受信アンテナ 20_U で受信された受信信号はバンドパスフィルタ BPF_U を通り、所要の周

50

波数帯の高周波信号が選択され、乗算器 2 1_u で送信側と同じ P N 符号 U が乗算され、復調器 2 2_u でデジタル情報 U として復調される。

【 0 0 0 6 】

図 7 は、デジタル情報とデジタル送信信号との関係であって、このデジタル送信信号はデジタル情報と P N 符号とが同じ値の場合を + 1、そうでない場合を - 1 として表している。ここで、デジタル情報及び P N 符号においては、+ 1 又は - 1 としているが、双方ともに、論理値「+ 1」を - 1、論理値「0」を + 1 と表現している。デジタル情報と P N 符号を時間的に算術乗算したものがデジタル送信信号となる。各デジタル送信信号に対する送信信号（アンテナから放射され送信信号）は、+ 1 に対して $\sin(2\pi ft)$ 、- 1 に対して $-\sin(2\pi ft)$ となっているが、以降、多重化されたものも含めて送信信号については、デジタル送信信号を用いて説明することとする。

10

【 0 0 0 7 】

前記 2 次変調にて使用する P N 符号を拡散符号といい、この拡散符号は、送信信号の多重化を踏まえると、自己相関が強く、相互相関が弱い符号が望まれている。符号の長さの選択肢が広い P N 符号とすると、一般に、ゴールド符号となり、多くの直接拡散方式を用いた多重通信にて当該ゴールド符号が用いられている。

【 0 0 0 8 】

ゴールド符号は、図 8 のようにある条件を満たす 2 つのプリファードペアの M 系列生成回路（図 8 では、符号長 3 1 の M 系列 a (t)、b (t) を発生する）を用意し、その出力を加算する（ビット毎の排他的論理和をとる）ことで得られる。図 8 中、a₀ ~ a₄ は M 系列 a (t) 発生用の 5 段シフトレジスタの各段を示し、b₀ ~ b₄ は M 系列 b (t) 発生用の 5 段シフトレジスタの各段を示す。そして、2 つの M 系列発生器の出力の片方を時間的にずらせていくとそれぞれが全く違う系列になり多数のゴールド符号が生成できる。つまり、巡回的な符号の重複はあるにせよ、各々の M 系列の初期値 A と B が双方共に (0 , 0 , ... , 0) になることはなく発生された系列が「従来のゴールド符号」である。特に、2 つのプリファードペアの M 系列から生成された従来のゴールド符号の性質としては、時間的なずれ（巡回的な時間ずれ）に応じて、相互相関値が - 1 , - K , L (K 及び L については図 8 を参照) と 3 通りの値のいずれかをとる。

20

【 0 0 0 9 】

図 9 は図 6 の P N 符号として従来のゴールド符号を用いた多重化されたスペクトラム拡散通信系の概要を示し、P N 符号 1 ~ U の代わりにゴールド符号 1 ~ U を用いていること以外は図 6 と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付してある。この図 9 の受信側では、この多重化された U 個の送信信号の中から、所望のゴールド符号 V により拡散されたデジタル情報を抽出するために、当該ゴールド符号 V により逆拡散することになる。ゴールド符号 V を用いたデジタル送信信号 V と、受信側のゴールド符号 V の同期合わせが確立すると、双方の間の相関値が $N (= 2^n - 1)$ 、但し、n : M 系列生成回路のシフトレジスタの段数) となり、送信されたデジタル情報を復元でき、当該情報を受信できる一方、他のデジタル送信信号との間は、相互相関値 - 1 , - K , L の 3 値のいずれかになるため、相関値合計は、 $\pm N \pm Q_1 \pm Q_2 \pm \dots \pm Q_{U-1}$ となる。ここで、Q₁ , Q₂ , ... , Q_{U-1} は相互相関値の前記 3 値の絶対値のいずれかの値（例えば M 系列生成回路のシフトレジスタの段数 n が 5 のときは 1 , 7 , 9 のいずれかの値）をとるものとし、相関値合計における ± 符号の組み合わせは任意とする。それぞれの相関値を ± としているのは、拡散されるデジタル情報の値が + 1 又は - 1 の何れかをとるためである。この受信時における逆拡散の際、他のゴールド符号により拡散された信号が雑音となり、受信性能を劣化させる最大要因となっている。

30

40

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

上述のように異なるゴールド符号の相互相関値は、- 1 , - K , L (K 及び L については図 8 を参照) の 3 通りの値しかとらない。そこで、本発明が解決しようとする課題は、

50

デジタル情報の値により、これらの相互相関値が 0 の値をとることはあり得るが、雑音となる相互相関値の影響を小さく押さえるために、デジタル信号を拡散するために用いた各ゴールド符号間の相互相関値が最小 (- 1) になるようにすることである。

【 0 0 1 1 】

さらに、もう一つの課題は、相互相関値が最小になる各ゴールド符号を一部変形することにより、相互相関値が 0 になる新たな疑似乱数符号を生成することである。

【 0 0 1 2 】

本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、複数のデジタル情報を複数のゴールド符号で多重化して送信する送信系と、前記送信系で送信された信号を受信して、前記複数のゴールド符号のいずれかをを用いて前記複数のデジタル情報の中から意図するデジタル情報を取り出す受信系とを備える直接拡散方式による多重通信系において、

前記複数のゴールド符号の相互間で相関値が最小及び一定値であり、前記送信系では、前記複数のデジタル情報のビット間の同期を合わせ、同時間帯の複数のビットを前記複数のゴールド符号を用いて同期を合わせてそれぞれ拡散し、これらの拡散した送信信号を加算して送信することを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

請求項 2 の発明に係る疑似乱数系列は、相互の相関値の絶対値が最小及び一定値である前記複数のゴールド符号に、相互相関値が 0 となるように 1 ビット付加したことを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

請求項 3 の発明に係る多重通信系は、請求項 1 記載の多重通信系において、前記ゴールド符号の代わりに請求項 2 記載の疑似乱数系列を用いたことを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明に係る多重ゴールド符号を用いた多重通信系によれば、相互の相関値の絶対値が最小及び一定値である複数のゴールド符号を用いて複数のデジタル情報を多重化して 1 つのチャンネルとして一緒に送信するが、所望のデジタル情報を受信する際に、相互の相関値の絶対値が最小であるゴールド符号を用いるため、他のゴールド符号により拡散された信号による雑音を抑制して、受信性能の向上を図ることができる。この結果、本発明は、携帯電話通信、衛星通信、無線通信等の各種通信分野において、ゴールド符号を用いた直接拡散方式による多重化通信に大きな効果をもたらすことになる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係る疑似乱数系列は、相互の相関値の絶対値が最小及び一定値である前記複数のゴールド符号に 1 ビット付加して、相互相関値が 0 となるようにしたものであり、M 系列のように長さが短いものから長いものまで存在し、かつ、1 ビット加えただけなので、乱数の面からの特性は、ほぼゴールド符号に近い疑似乱数系列である。相互相関値が 0 となる疑似乱数系列は、従来ゴールド符号を用いていた通信系 ([技術分野] の項目で述べた通信系を含む) や、画像・信号処理分野等において、広く用いることができ、通信、画像・信号処理を用いる産業分野に多大なる効果をもたらすことになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明を実施するための最良の形態として、多重ゴールド符号を用いた多重通信系及び疑似乱数符号の実施の形態を図面に従って説明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は本発明に係る多重ゴールド符号を用いた多重通信系 (多重化された直接拡散方式によるスペクトラム拡散通信系) の実施の形態を示し、図 2 はこの実施の形態で用いる多重ゴールド符号の例を示し、図 3 は本発明のキーポイントとなるゴールド符号の相互相関

10

20

30

40

50

値の絶対値が最小となるゴールド符号の生成回路を示す。

【 0 0 2 0 】

図 1 の多重通信系では、多重化された送信信号の中で、受信側において、所望の受信信号以外の信号との相互相関値が - 1 となるように、デジタル情報を拡散するために用いる各ゴールド符号の符号順序を揃えている。つまり、本実施の形態の多重通信系では、ゴールド符号 1 ~ U として図 3 の生成回路を用いて生成された相互相関値の絶対値が最小となるゴールド符号のみを用いる点（符号の各ビットが巡回的にずれているものは使用しない）が図 9 の多重化通信系と異なり、その他の構成は同様であるため、同一又は相当部分に同一符号を付してある。

【 0 0 2 1 】

図 2 の多重ゴールド符号は相互相関値の絶対値が最小（相互相関値が - 1 ）となるように図 3 の生成回路で生成したものである。

【 0 0 2 2 】

図 3 で、相互相関値が - 1 となるゴールド符号の発生方法について説明する。この説明図は、それぞれのゴールド符号生成回路に所属する一方の M 系列符号生成回路 M 1 の初期値及び出力値を同一にし、他方の M 系列符号生成回路 M 2 の初期値を異なるものにとすると、双方のゴールド符号の相互相関値が - 1 となり、その絶対値が最小になることを示している。

【 0 0 2 3 】

1 つのゴールド符号は 2 つの M 系列生成回路 M 1 , M 2 の出力 a (t) , b (t) を加算する（排他的論理和をとる）ことにより生成する。ここで、2 つの M 系列生成回路のうち一方の a (t) を出力する回路 M 1 の初期値をある固定値に設定する。すなわち、いずれのゴールド符号生成回路に所属する片方の M 系列生成回路 M 1 の出力値が同一になるようにする。もう一方の b (t) を出力する回路 M 2 の初期値はゴールド符号生成回路毎に変化させておく。一般に M 系列の値には周期性があるので b (t) を出力する回路と初期値が異なっても別の回路において、ある時間シフト (0) (= 1 , 2 , 3 , ...) をもった値 b (t -) が出力される。したがって、図 3 で生成されたゴールド符号同士の相互相関値 X () は以下のようなになる。

【 数 1 】

$$\begin{aligned}
 X(\tau) &= \sum \{ \langle \langle a(t) \oplus b(t) \rangle \rangle \times \langle \langle a(t) \oplus b(t-\tau) \rangle \rangle \} \\
 &= \sum \{ \langle \langle a(t) \rangle \rangle \times \langle \langle b(t) \rangle \rangle \times \langle \langle a(t) \rangle \rangle \times \langle \langle b(t-\tau) \rangle \rangle \} \\
 &= \sum [\{ \langle \langle a(t) \rangle \rangle \times \langle \langle a(t) \rangle \rangle \} \times \{ \langle \langle b(t) \rangle \rangle \times \langle \langle b(t-\tau) \rangle \rangle \}] \\
 &= \sum \{ \langle \langle b(t) \rangle \rangle \times \langle \langle b(t-\tau) \rangle \rangle \} \\
 &= -1 \quad (\text{ただし、} \tau \neq 0)
 \end{aligned}$$

ここで $\langle \langle \dots \rangle \rangle$ は $0 \rightarrow +1$ 、 $1 \rightarrow -1$ の変換を表す。

【 0 0 2 4 】

このように a (t) を共通化し、b (t) の初期値を変化させて複数のゴールド符号を生成すると相互相関値の絶対値を最小にすることができる。n をシフトレジスタの段数とすれば、初期値 B は $2^n - 1$ 通り ([1 0 0 ... 0] , [0 1 0 ... 0] , ~ , [1 1 1 ... 1]) に設定できるのでこのようなゴールド符号は $2^n - 1$ 個存在する。図 3 のように生成したゴールド符号を用いて、送信側では、同期を合わせてデジタル情報を拡散し、送信し、これを受けた受信側では、所望のデジタル信号を拡散したゴールド符号で逆拡散することにより、他の多重化された信号から受ける影響を最小限にと

10

20

30

40

50

どめた低雑音の受信が可能となる。

【 0 0 2 5 】

図 1 の実施の形態では、送信するデジタル情報の多重数 U 個に応じて、このように生成された各ゴールド符号

【 数 2 】

$$[a(t) \oplus b(t), a(t) \oplus b(t-1), \dots, a(t) \oplus b\{t-(N-1)\}]$$

10

の中から、 U 個のゴールド符号を取り出し、送信したい各デジタル情報 $1 \sim U$ を当該 U 個のゴールド符号 $1 \sim U$ により拡散、多重化し、その多重化された信号を受信し、その中から所望のデジタル情報 V を低雑音で抽出する送信系及び受信系を示している。この際、デジタル情報を拡散する各ゴールド符号は、時間的に相互相関値が -1 になるよう同期がとれていることが必要である。また、デジタル情報 $1, 2, \dots, U$ の各ビットの始端、終端は揃っており、ゴールド符号の 1 周期に対応していることが必要である。つまり、送信系では、 U 個のデジタル情報 $1 \sim U$ のビット間の同期を合わせ、同時間帯の複数個のビットを前記ゴールド符号 $1 \sim U$ を用いて同期を合わせてそれぞれ拡散し、これらの拡散した送信信号を加算して送信する。

【 0 0 2 6 】

20

さらに、デジタル情報が $+1$ のとき、それに対する相互相関値は -1 、デジタル情報が -1 のとき、それに対する相互相関値は $+1$ となり、デジタル情報に応じて相互相関値の値は変化するが、多重化される各デジタル情報が独立とすると、確率的に $+1, -1$ が概ね半数となり、受信側で意図するデジタル情報を抽出する場合に、当該意図するデジタル情報以外の全体の相互相関値は、概ね 0 になり、多重化雑音の低減が実際に図れることになる。仮に、各デジタル情報の独立性が確保されていない場合は、これらの各デジタル情報の前に、スクランブルを挿入し、各デジタル情報の独立性を確保することとする。

【 0 0 2 7 】

次に、図 4 及び図 5 を用いて相互相関値が 0 となる疑似乱数系列の生成方法について述

30

べる。

【 0 0 2 8 】

図 3 のように発生した各ゴールド符号を $C_i = (c_{i0}, c_{i1}, \dots)$ ($i = 1 \sim 2^n - 1$) とすると、任意の C_i と C_j ($i \neq j$) との相互相関値が -1 であることから、このゴールド符号の最後に $+1$ 又は -1 を加えた系列 (以下の説明では図 4 のように $+1$ を系列 C_i の最後に追加するものとする) を $D_i = (c_{i0}, c_{i1}, \dots, 1)$ とすると、 D_i と D_j ($i \neq j$) との相互相関値は 0 となる。最後のビットが $+1$ と固定されていることから、この最後の値の $+1, -1$ の均衡を図り、相互のランダム性を確保するために、この中から半数の系列 D_i の符号を反転して生成された新たな疑似乱数系列 $E_i = (c_{i0}, c_{i1}, \dots, 1)$ 又は $(-c_{i0}, -c_{i1}, \dots, -1)$ ($i = 1 \sim 2^n - 1$ の中で、半数は前者、半数は後者) を作成すれば、任意の E_i と E_j ($i \neq j$) との相互相関値は 0 となる。例えば、長さ 31 のゴールド符号に対しては、図 5 のようになる。

40

【 0 0 2 9 】

このような疑似乱数系列は、図 1 の実施の形態で用いたゴールド符号に取って替わることが可能であり、本発明が対象にしている多重通信方式にて利用できるものである。すなわち、図 4 及び図 5 のように生成した U 個の疑似乱数系列を図 1 のゴールド符号 $1 \sim U$ の代わりに用いれば、それらの疑似乱数系列の相互相関値は 0 であるから、図 3 のゴールド符号を使用する場合と同等以上の低雑音の受信が期待できる。

【 0 0 3 0 】

以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく

50

請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なことは当業者には自明であろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 1 】

【図 1】本発明に係る多重ゴールド符号を用いた多重通信系の実施の形態であって、送信系及び受信系双方のブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態において、デジタル情報を拡散するために用いる相互相関値の絶対値が最小かつ一定値のゴールド符号の例を示す波形図である。

【図 3】本発明の実施の形態において、キーポイントとなるゴールド符号の相互相関値の絶対値が最小かつ一定値になるようなゴールド符号の生成回路を示すブロック図である。 10

【図 4】本発明に係る相互相関値が 0 となる疑似乱数系列の実施の形態であって、図 3 により発生された長さ 3 1 のゴールド符号を基に疑似乱数系列を生成する生成回路を示すブロック図である。

【図 5】図 4 の生成回路で生成した疑似乱数系列 D_i の半数を符号反転して疑似乱数系列 E_i を生成する過程を示す説明図である。

【図 6】直接拡散方式を用いたスペクトラム拡散通信系のブロック図である。

【図 7】送信したいデジタル情報、拡散するための PN 符号、及びこれらの双方を算術乗算したデジタル送信信号の時間軸上の関係を示す説明図である。

【図 8】周期長 3 1 の 2 個の M 系列を用いたゴールド符号の生成回路の構成例を示すブロック図である。 20

【図 9】直接拡散方式を用いたスペクトラム拡散通信系であって、拡散符号としてゴールド符号を用いた多重通信系のブロック図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 2 】

1 0₁ ~ 1 0_u 発振器

1 1₁ ~ 1 1_u , 1 2₁ ~ 1 2_u , 2 1₁ ~ 2 1_u 乗算器

1 3 加算器

1 4 送信アンテナ

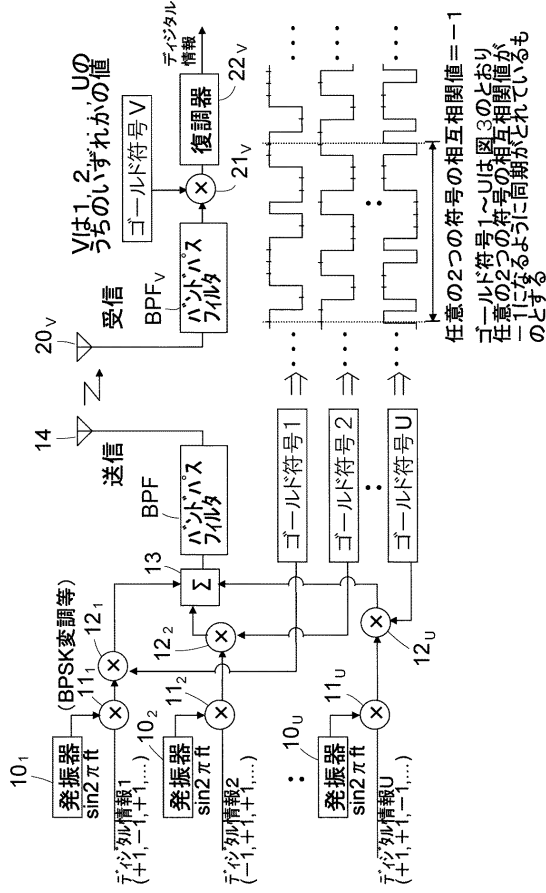
B P F , B P F₁ ~ B P F_u バンドパスフィルタ

2 0₁ ~ 2 0_u 受信アンテナ

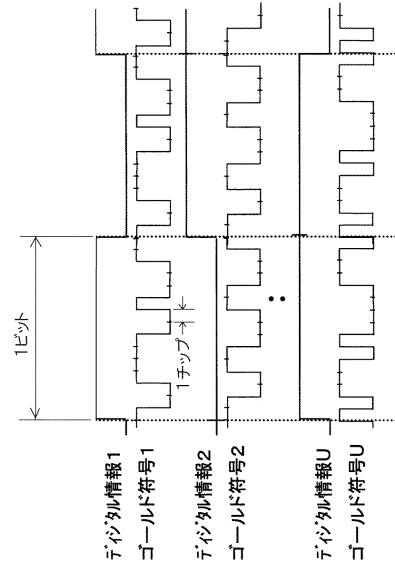
2 2₁ ~ 2 2_u 復調器

M 1 , M 2 M 系列生成回路

【 図 1 】

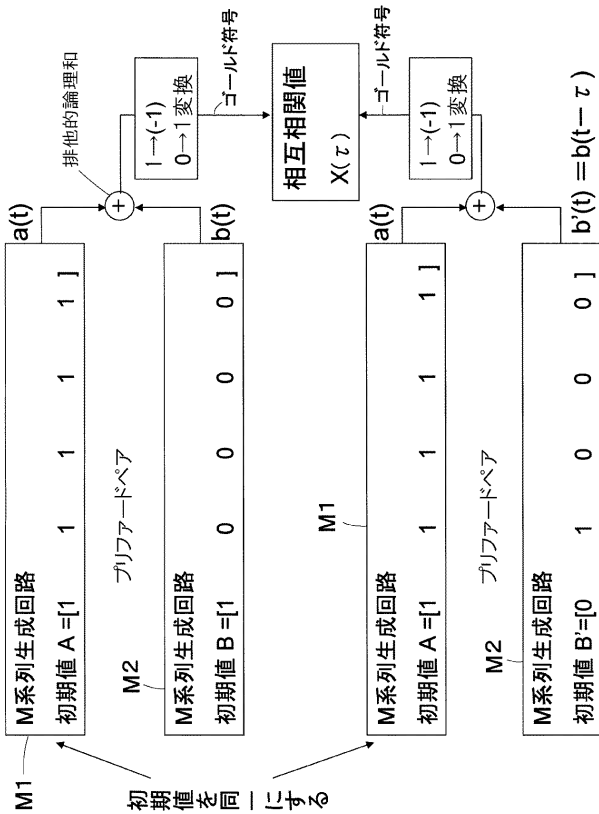


【 図 2 】

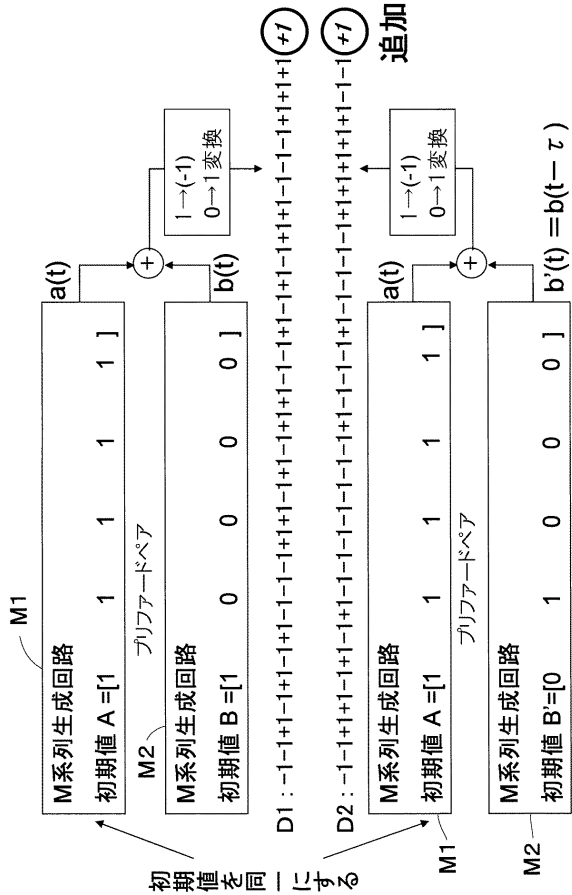


デジタル情報1,2,...,Uの各ビットの始端、終端は揃ってお
り、ゴールド符号の1周期に対応している

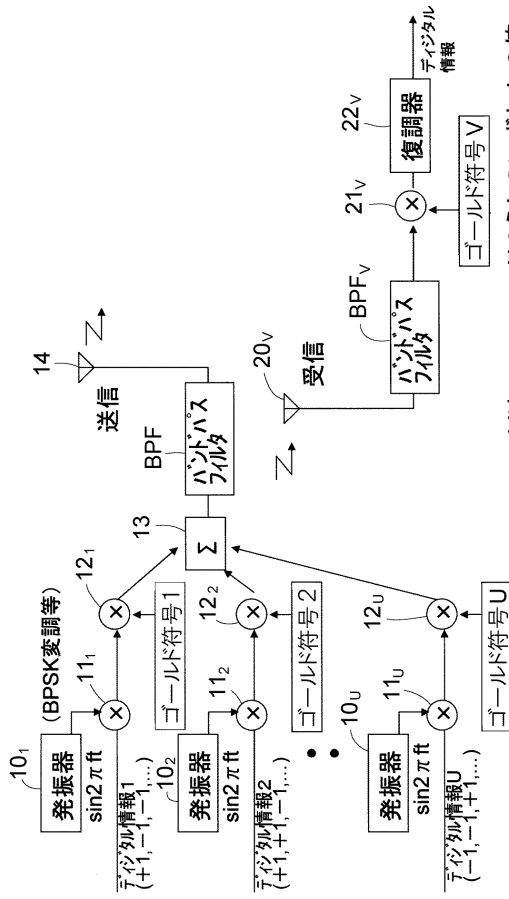
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 9 】



V は1, 2, ..., U のうちのいずれかの値