

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5840066号  
(P5840066)

(45) 発行日 平成28年1月6日(2016.1.6)

(24) 登録日 平成27年11月20日(2015.11.20)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO4B</b>	<b>10/54</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	540
<b>HO4B</b>	<b>10/116</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	116
<b>HO5B</b>	<b>37/02</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B	37/02	J

請求項の数 8 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2012-101278 (P2012-101278)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成24年4月26日 (2012.4.26)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2013-229799 (P2013-229799A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成25年11月7日 (2013.11.7)	(74) 代理人	100121706
審査請求日	平成26年9月24日 (2014.9.24)		弁理士 中尾 直樹
		(74) 代理人	100128705
			弁理士 中村 幸雄
		(74) 代理人	100147773
			弁理士 義村 宗洋
		(72) 発明者	鎌本 優
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	守谷 健弘
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可視光通信送信装置、可視光通信受信装置、可視光通信送信方法、可視光通信受信方法及びそのプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可視光通信において伝送信号を送信する可視光通信送信装置であって、  
Mは2以上の整数であり、Nは1以上(M-1)以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、(M-N)個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、N個の変調信号に前記伝送信号のみが含まれるように、M個の変調信号を生成する変調部と、  
(M-N)個の前記変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯する(M-N)個の同期語送信用発光素子と、

N個の前記変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯するN個のデータ送信専用発光素子とを含み、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

可視光通信送信装置。

【請求項2】

請求項1記載の可視光通信送信装置であって、

複数の基板が接続され、各前記基板には一つ以上の前記発光素子が配置され、少なくとも一つの前記基板上には前記同期語送信用発光素子が配置され、それ以外の少なくとも一つの前記基板上には前記データ送信専用発光素子のみが配置される、

可視光通信送信装置。

【請求項3】

可視光通信において光信号を受信する可視光通信受信装置であって、

Mは2以上の整数であり、M個の前記光信号からそれぞれM個の電気信号を生成する受光素子と、

M個の前記電気信号からそれぞれ生成されるM個の受信信号から復調信号を生成する復調部とを含み、

Nは1以上(M-1)以下の整数であり、M個の前記電気信号の内、N個の電気信号はデータに対応し、(M-N)個の電気信号は同期語に対応するものとし、前記復調部は、(M-N)個の同期語に対応する電気信号からそれぞれ生成される(M-N)個の前記受信信号の少なくとも一つ以上から同期語を探索して、M個の前記電気信号からそれぞれ生成されるM個の受信信号のフレーム同期を行い、少なくともN個のデータに対応する電気信号からそれぞれ生成されるN個の前記受信信号から前記復調信号を生成し、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

10

可視光通信受信装置。

【請求項4】

可視光通信において伝送信号を送信するための可視光通信送信装置であって、

Mは2以上の整数であり、Nは1以上(M-1)以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、(M-N)個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、N個の変調信号に前記伝送信号のみが含まれるように、M個の変調信号を生成する変調部と、

M個の前記変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯するM個の光信号に対応する電気信号を生成する発光信号生成部とを含み、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

20

可視光通信送信装置。

【請求項5】

可視光通信において光信号を受信するための可視光通信受信装置であって、

Mは2以上の整数であり、M個の前記光信号それぞれに対応するM個の受信信号を生成する受信信号生成部と、

M個の前記受信信号から復調信号を生成する復調部とを含み、

Nは1以上(M-1)以下の整数であり、M個の前記受信信号の内、N個の受信信号はデータに対応し、(M-N)個の受信信号は同期語に対応するものとし、前記復調部は、(M-N)個の同期語に対応する前記受信信号の少なくとも一つ以上から同期語を探索して、M個の前記受信信号のフレーム同期を行い、少なくともN個のデータに対応する前記受信信号から前記復調信号を生成し、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

30

可視光通信受信装置。

【請求項6】

可視光通信において伝送信号を送信するための可視光通信送信方法であって、

Mは2以上の整数であり、Nは1以上(M-1)以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、(M-N)個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、N個の変調信号に前記伝送信号のみが含まれるように、M個の変調信号を生成する変調ステップと、

M個の前記変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯するM個の光信号に対応する電気信号を生成する発光信号生成ステップとを含み、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

40

可視光通信送信方法。

【請求項7】

可視光通信において光信号を受信するための可視光通信受信方法であって、

Mは2以上の整数であり、M個の前記光信号それぞれに対応するM個の受信信号を生成する受光信号生成ステップと、

M個の前記受信信号から復調信号を生成する復調ステップとを含み、

Nは1以上(M-1)以下の整数であり、M個の前記受信信号の内、N個の受信信号はデータに対応し、(M-N)個の受信信号は同期語に対応するものとし、前記復調ステップにおいて、(M-N)個の同期語に対応する前記受信信号の少なくとも一つ以上から同

50

期語を探索して、M個の前記受信信号のフレーム同期を行い、少なくともN個のデータに対応する前記受信信号から前記復調信号を生成し、

前記伝送信号のクロックと前記同期語のクロックとが同じである、

可視光通信受信方法。

【請求項 8】

請求項 1 若しくは請求項 2 若しくは請求項 4 記載の可視光通信送信装置、又は / 及び、請求項 3 若しくは請求項 5 記載の可視光通信受信装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は可視光及びその周辺帯域の電磁波を用いた通信における情報の送受信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、可視光源は、明かりを得るための照明用途のみならず通信用途にも用いられている。これは、可視光源としての発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) の普及が進んだことが寄与している。LEDは、素子一つあたりの発光量は白熱電球や蛍光灯等の従来の可視光源には及ばないものの、その寿命や大きさ及び消費電力の面で従来の可視光源に対して優れている。LEDは、上記のような特徴に加え、応答速度が非常に速いという特性を持つ。また、LEDの発光を電氣的に制御することは容易である。LEDには上記のような特性があるため、近年では明かりを得るための照明用途のみならず、可視光の点滅を利用して信号を伝送するという通信用途に用いるための研究開発が行われている。例えば、非特許文献 1 では LED を用いた家庭用照明器具に信号を重畳させて通信を行うことを提案している。また、現在のところ可視光は、電波法の規制の対象外であることから帯域や電力の制限がなく、これらを大きくとることができ、このことを利用して LED を通信専用用いることを提案している研究もある (例えば、非特許文献 2 参照)。LED 等の可視光源を用いて行う通信を可視光通信と呼ぶ。

20

【0003】

<可視光通信システム 9 >

30

図 1 に可視光通信システム 9 の模式図を示す。可視光通信システム 9 は、可視光通信送信装置 9 S と可視光通信受信装置 9 R とを含む。可視光通信送信装置 9 S は変調部 9 1 と発光部 9 2 とを含み、可視光通信受信装置 9 R は受光部 9 3 と復調部 9 4 とを含む。

【0004】

変調部 9 1 は、デジタルの伝送信号  $S(i)$  を変調し、0 又は 1 のみの変調信号  $M(j)$  を出力する。例えば、 $M(j) = 0$  は後述する発光部 9 2 のスイッチが OFF であることを表し、 $M(j) = 1$  は発光部 9 2 のスイッチが ON であることを表す。また、 $i$  及び  $j$  は、それぞれ伝送信号及び変調信号の時間を示すインデックスである。発光部 9 2 は、変調信号  $M(j)$  に従い、発光及び消灯を繰り返し、光信号  $M'(j)$  を出力する。理想的には  $M(j) = M'(j)$  であるが、LED の性能や遅延により変化する場合もあるのでここでは  $M(j)$  と  $M'(j)$  を分けて記述する。光信号  $M'(j)$  を受光した受光部 9 3 は、受信信号  $M''(j)$  を出力する。理想的には  $M'(j) = M''(j)$  であるが、フォトディテクタの性能や遅延により変化する場合もあるのでここでは  $M'(j)$  と  $M''(j)$  を分けて記述する。おおよそ  $M(j) = M''(j + T)$  であることが想定される。ただし、 $T$  は、遅延量を表す。復調部 9 4 は、受信信号  $M''(j)$  を復調しデジタルの復調信号  $X(k)$  を出力する。ここで、 $k$  は、復調信号の時間を表すインデックスである。理想的には  $S(i) = X(k)$ 、 $k = i + T'$  となる。ただし、 $T'$  は、遅延量を表す。

40

【0005】

通信路において情報を伝送する際には元の情報をなんらかのかたちで符号化することが

50

一般的である。符号化された情報を構成する最小単位の信号をシンボルと呼び、一つのシンボルを伝送する際に使用する時間幅をクロックと呼ぶ。デジタル通信路ではシンボルのクロックを検出することが重要である。クロックを検出することを受信機と送信機の間でのシンボルクロック同期という。下記では特にデジタル通信路において符号化された信号をある時間幅を有するフレーム単位で送信することを想定する。フレームは、所定数のシンボルによって構成される。デジタル通信路では、フレームの先頭を正確に検出することが不可欠かつ重要である。例えば、受信信号から復号されたビットパターンを用いてフレームの先頭を検出するなどの方法でフレームの先頭等を検出し同期をとることをフレーム同期という。可視光通信においてもデジタル信号を伝送する場合は上記のようなシンボルクロック同期やフレーム同期が不可欠かつ重要である。

10

## 【 0 0 0 6 】

同期語を用いたフレーム同期について説明する。ただし、同期語とは「0」と「1」のビットの組合せから成る所定のビットパターンである。フレームには、少なくとも通信対象となるデータ（以下、単に「データ」ともいい、伝送信号  $S(i)$  の系列からなるものである）と同期語とが含まれる。送信側では、フレーム中の所定の位置（例えば先頭）に同期語を組み込み、送信する。受信側では、信号を受信し、同期語を探索する。同期語を検出すると、その同期語に対応するフレームについて同期を確立できたこととなり、受信側では、その確立できたフレーム単位でデータを取得できる。図2に同期語によるフレーム同期の概念図を示す。ここでは同期語を“1111111100000000”とする。その同期語の後にデータが続く。ここでは、データは、“00011010”となる。データを伝送した後でまた同期語“1111111100000000”を出力する。このように同期語を含む変調を行うことで、途中からでもデータが読めるように工夫されている。

20

## 【 0 0 0 7 】

例として図2の変調方法を説明すると、図1の変調部91は、同期語として  $M(1) = 1, M(2) = 1, \dots, M(8) = 1, M(9) = 0, M(10) = 0, \dots, M(16) = 0$  を出力した後、入力された伝送信号  $S(1), S(2), \dots, S(8)$  を  $M(17) = S(1), M(18) = S(2), \dots, M(24) = S(8)$  として出力する。その後また同期語を  $M(25) = 1, M(26) = 1, \dots, M(32) = 1, M(33) = 0, M(34) = 0, \dots, M(40) = 0$  として出力し、それに続けて入力された伝送信号  $S(9), S(10), \dots, S(16)$  を  $M(41) = S(9), M(42) = S(10), \dots, M(48) = S(16)$  として出力する。このようにして変調部91は、入力伝送信号を変調し、変調信号  $M(j)$  を出力する。発光部92は、LEDを  $M(j)$  が1であれば発光させ、 $M(j)$  が0であれば消灯させ、光信号  $M'(j)$  を送信する。受光部93は、LEDの光の強度を計測し、閾値以上であれば  $M''(j) = 1$  を、閾値未満であれば  $M''(j) = 0$  を受信信号として出力する。図1の復調部94は、入力された受信信号  $M''(j)$  から同期語を探索する。例えば、 $M''(1) = 0, M''(2) = 1, M''(3) = 0, M''(4) = 1, M''(5) = 1, M''(6) = 1, \dots, M''(11) = 1, M''(12) = 0, M''(13) = 0, \dots, M''(19) = 0$  というように1が連続して8回続き、その後に0が8回続いたときに、 $M''(4) \sim M''(19)$  を同期語として認識する。続く8ビット分 ( $M''(20) \sim M''(27)$ ) をデータと認識するので、復調部94は  $X(1) = M''(20), X(2) = M''(21), \dots, X(8) = M''(27)$  を出力する。なお、データ部が何ビットかは変調部91と復調部94で予め決めておけばよい。

30

40

## 【 0 0 0 8 】

ここでは伝送信号  $S(i)$  を1ビットの信号系列とした例を示したが、伝送信号  $S(i)$  が複数ビットからなる信号でも構わない。例えば、8ビットの信号であれば、LSB (Least Significant Bit) 側（若しくはMSB (Most Significant Bit) 側）から1ビットずつ変調部91に入力すれば同じ事が実現できる。LSB側から入力するかMSB側から入力するかは予め決めておけば、復調部94では決められた順番で1ビットの信号から

50

8ビットの信号を立て直すことができる。

<可視光通信システム8>

可視光通信システム8は、二つのLEDと二つのフォトディテクタとを用いる。図3は、可視光通信システム8の模式図を示す。可視光通信システム8は、可視光通信送信装置8Sと可視光通信受信装置8Rとを含む。可視光通信送信装置8Sは変調部81と第一発光部82aと第二発光部82bとを含み、可視光通信受信装置8Rは第一受光部83aと第二受光部83bと復調部84とを含む。

【0009】

[変調部81]

[[変調部81の入出力]]

図3の変調部81には、伝送信号 $S(i)$ の系列 $S(1)$ ,  $S(2)$ , ...が入力される。伝送信号 $S(i)$ は、1ビットの情報であり、 $i$ は伝送信号の番号を表す整数とする。

【0010】

図3の変調部81からは、第一変調信号 $Ma(j)$ の系列 $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$ , ...と第二変調信号 $Mb(j)$ の系列 $Mb(1)$ ,  $Mb(2)$ , ...が出力される。第一変調信号 $Ma(j)$ 及び第二変調信号 $Mb(j)$ はそれぞれ1ビットの情報であり、 $j$ は変調信号の番号を表す整数とする。

【0011】

[[変調部81の機能]]

図3の変調部81は、入力された伝送信号 $S(i)$ の系列と変調部81内に予め記憶された所定ビット数の同期語とから、第一変調信号 $Ma(j)$ の系列 $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$ , ...と第二変調信号 $Mb(j)$ の系列 $Mb(1)$ ,  $Mb(2)$ , ...の二つの変調信号の系列を生成する。

【0012】

その際、図3の変調部81は、伝送信号 $S(i)$ の系列のうちの半分の伝送信号を第一変調信号 $Ma(j)$ の系列に含め、残りの半分の伝送信号を第二変調信号 $Mb(j)$ の系列に含めるようにする。また、図3の変調部81は、各変調信号の系列に、所定ビット数の同期語と、所定ビット数の伝送信号とを交互に含めるようにする。

【0013】

図3の変調部81は、予め設定された時間間隔で $j = 1, 2, \dots$ の順に、 $j$ が等しい第一変調信号 $Ma(j)$ と第二変調信号 $Mb(j)$ とを同時に出力する。

【0014】

[[変調部81の具体例]]

16ビットの同期語を“1111111100000000”とし、16ビットの同期語と8ビットの伝送信号とを交互に変調信号の系列に含める例について説明する。

【0015】

図3の変調部81は、入力された伝送信号の系列のうちの最初の16個の伝送信号である $S(1)$ , ...,  $S(16)$ に対しては、第一変調信号の系列のうちの最初の24個の変調信号である $Ma(1)$ , ...,  $Ma(24)$ と、第二変調信号の系列のうちの最初の24個の変調信号である $Mb(1)$ , ...,  $Mb(24)$ とを下記の通りに生成して出力する。

【0016】

図3の変調部81は、16ビットの同期語“1111111100000000”に対応する16個の第一変調信号として $Ma(1) = 1$ ,  $Ma(2) = 1$ , ...,  $Ma(8) = 1$ ,  $Ma(9) = 0$ ,  $Ma(10) = 0$ , ...,  $Ma(16) = 0$ を順に出力した後、伝送信号の系列のうちの最初の8個の伝送信号である $S(1)$ ,  $S(2)$ , ...,  $S(8)$ に対応する第一変調信号として $Ma(17) = S(1)$ ,  $Ma(18) = S(2)$ , ...,  $Ma(24) = S(8)$ を順に出力する。また、図3の変調部81は、16ビットの同期語“1111111100000000”に対応する16個の第二変調信号として $Mb(1) = 1$ ,  $Mb(2) = 1$ , ...,  $Mb(8) = 1$ ,  $Mb(9) = 0$ ,  $Mb(10) = 0$ , ...,  $Mb(16) = 0$ を順に出力した後、伝送信号の系列のうちの最初の8個の伝送信号に続

10

20

30

40

50

く 8 個の伝送信号である  $S(9)$ ,  $S(10)$ , ...,  $S(16)$  に対応する第二変調信号として  $Mb(17) = S(9)$ ,  $Mb(18) = S(10)$ , ...,  $Mb(24) = S(16)$  を順に出力する。各  $j$  について  $Ma(j)$  と  $Mb(j)$  の出力タイミングは同時である。

【 0 0 1 7 】

図 3 の変調部 8 1 は、入力された伝送信号の系列のうちのその後の伝送信号についても、以上と同様に 16 個の伝送信号に対して 24 個の第一変調信号と 24 個の第二変調信号を生成し、伝送信号  $S(i)$  の系列に対応する第一変調信号  $Ma(j)$  の系列及び第二変調信号  $Mb(j)$  の系列を出力する(図 4 参照)。

【 0 0 1 8 】

[ 第一発光部 8 2 a 及び第二発光部 8 2 b ]

[ [ 第一発光部 8 2 a 及び第二発光部 8 2 b の構成 ] ]

図 3 の第一発光部 8 2 a は、第一発光信号生成部 8 2 1 a と第一発光素子 8 2 2 a とにより構成される。図 3 の第二発光部 8 2 b は、第二発光信号生成部 8 2 1 b と第二発光素子 8 2 2 b とにより構成される。第一発光素子 8 2 2 a 及び第二発光素子 8 2 2 b は、例えば、LED である。

【 0 0 1 9 】

[ [ 第一発光部 8 2 a 及び第二発光部 8 2 b の入出力 ] ]

図 3 の第一発光部 8 2 a には第一変調信号  $Ma(j)$  の系列  $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$ , ... が入力され、図 3 の第一発光部 8 2 a からは第一光信号  $Ma'(j)$  が出力される。図 3 の第二発光部 8 2 b には第二変調信号  $Mb(j)$  の系列  $Mb(1)$ ,  $Mb(2)$ , ... が入力され、図 3 の第二発光部 8 2 b からは第二光信号  $Mb'(j)$  が出力される。

【 0 0 2 0 】

[ [ 第一発光部 8 2 a 及び第二発光部 8 2 b の機能 ] ]

第一発光部 8 2 a の第一発光信号生成部 8 2 1 a は、入力された第一変調信号  $Ma(j)$  が 1 である場合は、時刻  $j$  から所定時間  $U$  ( $U$ ) 経過した時刻  $j + U$  までの間は、第一発光素子 8 2 2 a に電気信号を与える。入力された第一変調信号  $Ma(j)$  が 0 である場合は、時刻  $j$  から時刻  $(j + 1)$  までの間は、第一発光素子 8 2 2 a に電気信号を与えない。第一発光素子 8 2 2 a は、第一発光信号生成部 8 2 1 a から与えられた電気信号により発光する。これらにより、第一発光部 8 2 a から第一光信号  $Ma'(j)$  が出力される。

【 0 0 2 1 】

第二発光部 8 2 b の第二発光信号生成部 8 2 1 b は、入力された第二変調信号  $Mb(j)$  が 1 である場合は、時刻  $j$  から所定時間  $U$  ( $U$ ) 経過した時刻  $j + U$  までの間は、第二発光素子 8 2 2 b に電気信号を与える。入力された第二変調信号  $Mb(j)$  が 0 である場合は、時刻  $j$  から時刻  $(j + 1)$  までの間は、第二発光素子 8 2 2 b に電気信号を与えない。第二発光素子 8 2 2 b は、第二発光信号生成部 8 2 1 b から与えられた電気信号により発光する。これらにより、第二発光部 8 2 b から第二光信号  $Mb'(j)$  が出力される。

【 0 0 2 2 】

第一発光部 8 2 a と第二発光部 8 2 b は、上記の通りに動作するので、例えば、第一変調信号  $Ma(j)$  と第二変調信号  $Mb(j)$  の二つの変調信号が共に 1 である場合には、第一発光素子 8 2 2 a と第二発光素子 8 2 2 b の二つの LED は、時刻  $j$  に同時に点灯し、時刻  $j + U$  に同時に消灯することになる。

【 0 0 2 3 】

[ 第一受光部 8 3 a 及び第二受光部 8 3 b ]

[ [ 第一受光部 8 3 a 及び第二受光部 8 3 b の構成 ] ]

図 3 の第一受光部 8 3 a は、第一受光素子 8 3 2 a と第一受信信号生成部 8 3 1 a とにより構成される。図 3 の第二受光部 8 3 b は、第二受光素子 8 3 2 b と第二受信信号生成部 8 3 1 b とにより構成される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 4 】

第一受光素子 8 3 2 a 及び第二受光素子 8 3 2 b は、例えば、フォトディテクタである。

## 【 0 0 2 5 】

第一受光素子 8 3 2 a には主として第一発光素子 8 2 2 a が発した第一光信号  $M a' (j)$  が到達するように、第二受光素子 8 3 2 b には主として第二発光素子 8 2 2 b が発した第二光信号  $M b' (j)$  が到達するように、それぞれ配置される。非特許文献 2 に記載されているように、必要に応じてレンズを用いてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

[ [ 第一受光部 8 3 a 及び第二受光部 8 3 b の入出力 ] ]

10

図 3 の第一受光部 8 3 a には、第一発光部 8 2 a から出力された第一光信号  $M a' (j)$  が入力される。第一受光部 8 3 a からは、第一受信信号  $M a'' (j)$  の系列  $M a'' (1)$ ,  $M a'' (2)$ , ... が出力される。図 3 の第二受光部 8 3 b には、第二発光部 8 2 b から出力された第二光信号  $M b' (j)$  が入力される。第二受光部 8 3 b からは、第二受信信号  $M b'' (j)$  の系列  $M b'' (1)$ ,  $M b'' (2)$ , ... が出力される。

## 【 0 0 2 7 】

第一受信信号  $M a'' (j)$  及び第二受信信号  $M b'' (j)$  はそれぞれ 1 ビットの情報である。

## 【 0 0 2 8 】

[ [ 第一受光部 8 3 a 及び第二受光部 8 3 b の機能 ] ]

20

第一受光部 8 3 a の第一受光素子 8 3 2 a は、入力された第一光信号  $M a' (j)$  に対応する電気信号を第一受信信号生成部 8 3 1 a に対して出力する。第二受光部 8 3 b の第二受光素子 8 3 2 b は、入力された第二光信号  $M b' (j)$  に対応する電気信号を第二受信信号生成部 8 3 1 b に対して出力する。

## 【 0 0 2 9 】

第一受信信号生成部 8 3 1 a は、入力された電気信号の強度を、時間間隔 を単位として計測し、電気信号の電力が予め定めた閾値以上であれば  $M a'' (j) = 1$  を第一受信信号として出力し、閾値未満であれば  $M a'' (j) = 0$  を第一受信信号として出力する。第二受信信号生成部 8 3 1 b は、入力された電気信号の強度を、時間間隔 を単位として計測し、電気信号の電力が予め定めた閾値以上であれば  $M b'' (j) = 1$  を第二受信信号として出力し、閾値未満であれば  $M b'' (j) = 0$  を第二受信信号として出力する。

30

## 【 0 0 3 0 】

第一受光素子 8 3 2 a と第二受光素子 8 3 2 b とで同じような性能のものを用いて、第一受光部 8 3 a と第二受光部 8 3 b のそれぞれが出力する第一受信信号  $M a'' (j)$  と第二受信信号  $M b'' (j)$  は、番号  $j$  それぞれについて時間タイミングをほぼ同じにできるので、図 5 のように同期した信号を出力することができる。

## 【 0 0 3 1 】

[ 復調部 8 4 ]

[ [ 復調部 8 4 の入出力 ] ]

図 3 の復調部 8 4 には、第一受信信号  $M a'' (j)$  の系列  $M a'' (1)$ ,  $M a'' (2)$ , ... と第二受信信号  $M b'' (j)$  の系列  $M b'' (1)$ ,  $M b'' (2)$ , ... とが入力される。

40

## 【 0 0 3 2 】

図 3 の復調部 8 4 からは、復調信号  $X (k)$  の系列  $X (1)$ ,  $X (2)$ , ... が出力される。復調信号  $X (k)$  は、1 ビットの情報であり、 $k$  は復調信号の番号を表す整数とする。

## 【 0 0 3 3 】

[ [ 復調部 8 4 の機能 ] ]

図 3 の復調部 8 4 は、まず、入力された第一受信信号  $M a'' (j)$  から同期語を探索する。例えば、第一受信信号の系列に  $M a'' (1) = 0$ ,  $M a'' (2) = 1$ ,  $M a'' (3)$

50

$= 0$  ,  $M a''(4) = 1$  ,  $M a''(5) = 1$  ,  $M a''(6) = 1$  , ... ,  $M a''(11) = 1$  ,  $M a''(12) = 0$  ,  $M a''(13) = 0$  , ... ,  $M a''(19) = 0$  と、1が連続して8個続き、その後0が8個連続して続いたときに、 $M a''(4) \sim M a''(19)$ を同期語とする。そして、第一受信信号の系列中のこれに続く8個の第一受信信号  $M a''(20) \sim M a''(27)$  を復調信号とする。具体的には、復調部84は、 $X(1) = M a''(20)$  ,  $X(2) = M a''(21)$  , ... ,  $X(8) = M a''(27)$  を復調信号の系列の最初の8個の復調信号として出力する。

【0034】

図3の復調部84は、また、入力された第二受信信号  $M b''(j)$  から同期語を探索する。例えば、第二受信信号の系列に  $M b''(1) = 0$  ,  $M b''(2) = 1$  ,  $M b''(3) = 0$  ,  $M b''(4) = 1$  ,  $M b''(5) = 1$  ,  $M b''(6) = 1$  , ... ,  $M b''(11) = 1$  ,  $M b''(12) = 0$  ,  $M b''(13) = 0$  , ... ,  $M b''(19) = 0$  と1が連続して8個続き、その後0が8個連続して続いたときに、 $M b''(4) \sim M b''(19)$ を同期語とする。そして、第二受信信号の系列中のこれに続く8個の第二受信信号  $M b''(20) \sim M b''(27)$  を復調信号とする。具体的には、復調部84は、 $X(9) = M b''(20)$  ,  $X(10) = M b''(21)$  , ... ,  $X(16) = M b''(27)$  を復調信号の系列の最初の8個に続く8個の復調信号として出力する。

【0035】

このようにして、復調部84は、復調信号  $X(1)$  ,  $X(2)$  , ... ,  $X(16)$  を出力する。

【0036】

同期語のビット数と内容、同期語に続く受信信号のビット数については、変調部81と復調部84とで同一となるように予め決めておく。

【0037】

このようにして途中で遮蔽物等がなければ、 $S(1) = X(1)$  ,  $S(2) = X(2)$  , ... ,  $S(16) = S(16)$  として、所望の信号を可視光通信で伝送することができる。

【0038】

<高速カメラを使用した場合の例>

図1の受光部93や図3の第一受光部83a及び第二受光部83bでは、フォトディテクタを用いずに高速カメラを使用してもよい。高速カメラは一つのフォトディテクタ又は複数のフォトディテクタによるアレーと解釈することもできる。図6Aは可視光通信送信装置9Sの外観図を、図6Bは可視光通信送信装置8Sの外観図を示す。例えば、図6Bの従来技術(2ch)をアレー状に四つ並べたものを撮影して得られる画像は図6Cのようになる。図6Cの画像のどの部分が何れの可視光通信送信装置の何れのLEDであるかは、例えば非特許文献3や非特許文献4に記載された周知の画像処理技術を使えばよい。光の点滅をそれぞれ1次元の時系列信号としてとらえると、図6Cの場合は8ch分の時系列信号を得ることができる。

【0039】

ある一つのチャンネルを例にすると、該当画素の輝度に応じて閾値以上であれば  $M'(j) = 1$  を出力し、閾値未満であれば  $M'(j) = 0$  を出力する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0040】

【非特許文献1】小峯敏彦、田中裕一、中川正雄、「白色LED照明信号伝送と電力線信号伝送の融合システム」、電子情報通信学会技術研究報告、社団法人電子情報通信学会、2002年3月12日、Vol.101、No.726、pp.99-104

【非特許文献2】石田正徳、春山真一郎、中川正雄、「並列可視光無線通信方式における通信速度限界の検討」、電子情報通信学会技術研究報告CS通信方式、社団法人電子情報通信学会、2007年1月4日、Vol.106、No.450、pp.37-41

10

20

30

40

50

【非特許文献3】Miyachi, S.; Komine, T.; Haruyama, S.; Nakagawa, M.; “Analysis of LED-allocation algorithm for high-speed parallel wireless optical communication system”, Proc. IEEE 2006 Radio and Wireless Symposium, 2006, pp. 191 - 194.

【非特許文献4】Nagura, T.; Yamazato, T.; Katayama, M.; Yendo, T.; Fujii, T.; Okada, H.; “Improved Decoding Methods of Visible Light Communication System for ITS using LED Array and High-Speed Camera”, Proc. IEEE 71st Vehicular Technology Conference 2010, 2010, pp. 1-5.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0041】

同期語を用いてフレーム同期を行う場合には、同期語の分だけ伝送情報量が増えてしまう（例えば、図2参照）。同期語として通常のデータにはめったに表れないような系列を選択しなければならず、ときにはデータよりも多くの同期語を送らなければならない。しかし、伝送可能な情報量に占める同期語の伝送情報量が多ければ、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量が少なくなってしまうという問題がある。また、同期語と同期語の間に存在するデータの情報量を多くすることで、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量を多くすると、同期語を検出するまでに多くのデータが無駄になるという問題がある。

【0042】

また、図6Aの「従来技術(1ch)」から図6Bの「従来技術(2ch)」にLEDの数を2倍にして伝送可能な情報量を2倍にしたとしても、伝送可能な情報量に占める同期語の伝送情報量とデータの伝送情報量の割合は変わらないため、図7に示すようにデータの伝送レートは2倍にしかならない。同様に、図6Bの「従来技術(2ch)」から図6CのようにLEDの数を4倍にして伝送可能な情報量を4倍にしたとしても、伝送可能な情報量に占める同期語の伝送情報量とデータの伝送情報量の割合は変わらないため、データの伝送レートは4倍にしかならない。

【0043】

本発明は、光速では複数の発光素子から受光素子への伝送遅延がほとんど無視できることを利用して、一部の発光素子にのみ同期語を割り当てることにより、従来技術に比べて、データの伝送レートを向上させる可視光通信送受信技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0044】

上記の課題を解決するために、本発明の第一の態様によれば、可視光通信送信装置は、可視光通信において伝送信号を送信する。可視光通信送信装置は、Mは2以上の整数であり、Nは1以上(M-1)以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、(M-N)個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、N個の変調信号に伝送信号のみが含まれるように、M個の変調信号を生成する変調部と、(M-N)個の変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯する(M-N)個の同期語送信用発光素子と、N個の変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯するN個のデータ送信専用発光素子とを含む。

【0045】

上記の課題を解決するために、本発明の第二の態様によれば、可視光通信受信装置は、可視光通信において光信号を受信する。可視光通信受信装置は、Mは2以上の整数であり、M個の光信号からそれぞれM個の電気信号を生成する受光素子と、M個の電気信号からそれぞれ生成されるM個の受信信号から復調信号を生成する復調部とを含む。Nは1以上(M-1)以下の整数であり、M個の電気信号の内、N個の電気信号はデータに対応し、(M-N)個の電気信号は同期語に対応する。復調部は、(M-N)個の同期語に対応する電気信号からそれぞれ生成される(M-N)個の受信信号の少なくとも一つ以上から同期語を探索して、M個の電気信号からそれぞれ生成されるM個の受信信号のフレーム同期を行い、少なくともN個のデータに対応する電気信号からそれぞれ生成されるN個の受信信号から復調信号を生成する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

上記の課題を解決するために、本発明の第三の態様によれば、可視光通信送信装置は、可視光通信において伝送信号を送信するための装置である。可視光通信送信装置は、 $M$ は2以上の整数であり、 $N$ は1以上( $M - 1$ )以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、( $M - N$ )個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、 $N$ 個の変調信号に伝送信号のみが含まれるように、 $M$ 個の変調信号を生成する変調部と、 $M$ 個の変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯する $M$ 個の光信号に対応する電気信号を生成する発光信号生成部とを含む。

## 【 0 0 4 7 】

上記の課題を解決するために、本発明の第四の態様によれば、可視光通信受信装置は、可視光通信において光信号を受信するための装置である。可視光通信受信装置は、 $M$ は2以上の整数であり、 $M$ 個の光信号それぞれに対応する $M$ 個の受信信号を生成する受信信号生成部と、 $M$ 個の受信信号から復調信号を生成する復調部とを含む。 $N$ は1以上( $M - 1$ )以下の整数であり、 $M$ 個の受信信号の内、 $N$ 個の受信信号はデータに対応し、( $M - N$ )個の受信信号は同期語に対応する。復調部は、( $M - N$ )個の同期語に対応する受信信号の少なくとも一つ以上から同期語を探索して、 $M$ 個の受信信号のフレーム同期を行い、少なくとも $N$ 個のデータに対応する受信信号から復調信号を生成する。

## 【 0 0 4 8 】

上記の課題を解決するために、本発明の第五の態様によれば、可視光通信送信方法は、可視光通信において伝送信号を送信するための方法である。可視光通信送信方法は、 $M$ は2以上の整数であり、 $N$ は1以上( $M - 1$ )以下の整数であり、伝送信号と同期語とを用いて、( $M - N$ )個の変調信号の少なくとも一部に同期語が含まれ、 $N$ 個の変調信号に伝送信号のみが含まれるように、 $M$ 個の変調信号を生成する変調ステップと、 $M$ 個の変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯する $M$ 個の光信号に対応する電気信号を生成する発光信号生成ステップとを含む。

## 【 0 0 4 9 】

上記の課題を解決するために、本発明の第六の態様によれば、可視光通信受信方法は、可視光通信において光信号を受信するための方法である。可視光通信受信方法は、 $M$ は2以上の整数であり、 $M$ 個の光信号それぞれに対応する $M$ 個の受信信号を生成する受光信号生成ステップと、 $M$ 個の受信信号から復調信号を生成する復調ステップとを含む。 $N$ は1以上( $M - 1$ )以下の整数であり、 $M$ 個の受信信号の内、 $N$ 個の受信信号はデータに対応し、( $M - N$ )個の受信信号は同期語に対応する。復調ステップにおいて、( $M - N$ )個の同期語に対応する受信信号の少なくとも一つ以上から同期語を探索して、 $M$ 個の受信信号のフレーム同期を行い、少なくとも $N$ 個のデータに対応する受信信号から復調信号を生成する。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 5 0 】

本発明に係る可視光通信システムは、同じ個数の発光素子を用いて、従来技術よりも高いデータの伝送レートを実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 5 1 】

【図1】従来技術に係る可視光通信システムの模式図。

【図2】従来技術の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図3】従来技術、第一、第二実施形態に係る可視光通信システム10の模式図。

【図4】送信側における、従来技術の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図5】受信側における、従来技術の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図6】図6Aは従来技術に係る1chの可視光通信送信装置の外観図、図6Bは従来技術に係る2chの可視光通信送信装置の外観図、図6Cは図6Bの可視光通信送信装置をアレー状に四つ並べたものを撮影した場合の図。

【図7】従来技術のデータの伝送レートを示す図。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 A は従来技術に係る 1 c h の可視光通信送信装置の外観図、図 8 B は従来技術に係る 2 c h の可視光通信送信装置の外観図、図 8 C は第一実施形態に係る 2 c h の可視光通信送信装置の外観図。

【図 9】第一実施形態に係る可視光通信システムの処理フローを示す図。

【図 10】第一実施形態の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図 11】第二実施形態の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図 12】第二実施形態の変形例の同期語によるフレーム同期の概念図。

【図 13】図 13 A は従来技術に係る 4 c h の可視光通信送信装置の外観図、図 13 B は第三実施形態 (N = 2) に係る 4 c h の可視光通信送信装置の外観図、図 13 C は第三実施形態 (N = 3) に係る 4 c h の可視光通信送信装置の外観図。

【図 14】第三実施形態に係る可視光通信システムの模式図。

【図 15】第五実施形態に係る可視光通信送信装置の外観図。

【図 16】第五実施形態の変調信号を説明するための図。

【図 17】図 17 A は第六実施形態 (同期 LED が一つの基板 105 p 上に配置された場合) に係る可視光通信送信装置の外観図、図 17 B は第六実施形態 (同期 LED が複数の基板上に配置された場合) に係る可視光通信送信装置の外観図。

【発明を実施するための形態】

【0052】

以下、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明に用いる図面では、同じ機能を持つ構成部や同じ処理を行うステップには同一の符号を記し、重複説明を省略する。

【0053】

< 第一実施形態 >

可視光通信システム 10 は、二つの発光素子と二つの受光素子とを用いる。発光素子は、電気信号により発光し、例えば LED からなる。受光素子は、光から電気信号を生成し、例えばフォトディテクタからなる。二つの発光素子の内、一方の発光素子をデータのみを含む変調信号に基づく光信号を出力する LED、つまり、データ送信専用の LED (以下「データ LED」ともいう) とし、他方の発光素子を同期語のみを含む変調信号に基づく光信号を出力する LED、つまり、同期語送信専用の LED (以下「同期 LED」ともいう) とする。同様に、二つの受光素子の内、一方の受光素子をデータ受信専用のフォトディテクタとし、他方の受光素子を同期語受信専用のフォトディテクタとする。

【0054】

これにより、同期語により同期したデータを読みだすことができ、かつ、同期語がデータよりも多くなることのない伝送を実現可能となる。

【0055】

図 3 は可視光通信システム 10 の模式図を、図 8 A は可視光通信送信装置 9 S の外観図を、図 8 B は可視光通信送信装置 8 S の外観図を、図 8 C は可視光通信送信装置 10 S の外観図を、図 9 は可視光通信システム 10 の処理フローを示す。

【0056】

可視光通信システム 10 は、可視光通信送信装置 10 S と可視光通信受信装置 10 R とを含む。可視光通信送信装置 10 S は可視光通信において伝送信号  $S(i)$  を送信し、可視光通信受信装置 10 R は可視光通信において第一光信号  $Ma'(j)$  及び第二光信号  $Mb'(j)$  を受信する。可視光通信送信装置 10 S は変調部 101 と第一発光部 102 a と第二発光部 102 b を含み、可視光通信受信装置 10 R は第一受光部 103 a と第二受光部 103 b と復調部 104 とを含む。

【0057】

本実施形態と従来技術とは「変調部」と「復調部」が行う動作のみが異なる。

【0058】

[ 変調部 101 ]

変調部 101 は、伝送信号  $S(i)$  と同期語とを用いて、第一変調信号  $Ma(j)$  の系

10

20

30

40

50

列に伝送信号  $S(i)$  の系列のみが含まれるように第一変調信号  $Ma(j)$  を生成し、第二変調信号  $Mb(j)$  の系列に同期語のみが含まれるように第二変調信号  $Mb(j)$  を生成する (s1)。変調部 101 は、従来技術の変調部 81 と同じ入出力であってもよい。ただし、その機能と具体例が従来技術とは異なる。

【0059】

[[変調部 101 の入出力]]

図 3 の変調部 101 には、伝送信号  $S(i)$  の系列  $S(1)$ ,  $S(2)$ , ... が入力される。伝送信号  $S(i)$  は、1 ビットの情報であり、 $i$  は伝送信号の番号を表す整数とする。

【0060】

図 3 の変調部 101 からは、第一変調信号  $Ma(j)$  の系列  $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$ , ... と第二変調信号  $Mb(j)$  の系列  $Mb(1)$ ,  $Mb(2)$ , ... が出力される。第一変調信号  $Ma(j)$  及び第二変調信号  $Mb(j)$  はそれぞれ 1 ビットの情報であり、 $j$  は変調信号の番号を表す整数とする。

【0061】

[[変調部 101 の機能]]

図 3 の変調部 101 は、入力された伝送信号  $S(i)$  の系列と変調部 101 内に予め記憶された所定ビット数の同期語とから、第一変調信号  $Ma(j)$  の系列  $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$ , ... と第二変調信号  $Mb(j)$  の系列  $Mb(1)$ ,  $Mb(2)$ , ... の二つの変調信号の系列を生成する。

【0062】

その際、図 3 の変調部 101 は、伝送信号  $S(i)$  の系列を第一変調信号  $Ma(j)$  の系列に含め、第二変調信号  $Mb(j)$  の系列に、所定ビット数の同期語を含めるようにする。この点が、伝送信号  $S(i)$  と同期語をそれぞれ第一変調信号  $Ma(j)$  の系列及び第二変調信号  $Mb(j)$  の系列に含めるようにしている変調部 81 とは異なる。

【0063】

図 3 の変調部 101 は、予め設定された時間間隔で  $j = 1, 2, \dots$  の順に、 $j$  が等しい第一変調信号  $Ma(j)$  と第二変調信号  $Mb(j)$  とを同時に出力する。

【0064】

[[変調部 101 の具体例]]

8 ビットの伝送信号を第一変調信号に含め、8 ビットの同期語を “10000000” として第二変調信号の系列に含める例について説明する (図 10 参照)。

【0065】

図 3 の変調部 101 は、入力された伝送信号の系列のうちの最初の 8 個の伝送信号である  $S(1)$ , ...,  $S(8)$  に対しては、第一変調信号の系列のうちの最初の 8 個の変調信号である  $Ma(1)$ , ...,  $Ma(8)$  と、第二変調信号の系列のうちの最初の 8 個の変調信号である  $Mb(1)$ , ...,  $Mb(8)$  とを下記の通りに生成して出力する。

【0066】

図 3 の変調部 101 は、第一変調信号として  $Ma(1) = S(1)$ ,  $Ma(2) = S(2)$ , ...,  $Ma(8) = S(8)$  を順に出力する。また、図 3 の変調部 101 は、8 ビットの同期語 “10000000” に対応する 8 個の第二変調信号として  $Mb(1) = 1$ ,  $Mb(2) = 0$ , ...,  $Mb(8) = 0$  を順に出力する。各  $j$  について  $Ma(j)$  と  $Mb(j)$  の出力タイミングは同時である。続けて同様に、図 3 の変調部 101 は、第一変調信号として  $Ma(9) = S(9)$ ,  $Ma(10) = S(10)$ , ...,  $Ma(16) = S(16)$  を順に出力する。また、図 3 の変調部 101 は、8 ビットの同期語 “10000000” に対応する 8 個の第二変調信号として  $Mb(9) = 1$ ,  $Mb(10) = 0$ , ...,  $Mb(16) = 0$  を順に出力する。

【0067】

図 3 の変調部 101 は、入力された伝送信号の系列のうちのその後の伝送信号についても、以上と同様に 8 個の伝送信号に対して 8 個の第一変調信号と 8 個の第二変調信号を生

10

20

30

40

50

成し、伝送信号  $S(i)$  の系列に対応する第一変調信号  $M a(j)$  の系列及び第二変調信号  $M b(j)$  の系列を出力する(図10参照)。

【0068】

[第一発光部102a及び第二発光部102b]

第一発光部102aの第一発光信号生成部1021aは第一変調信号  $M a(j)$  に基づき電気信号を生成し( $s3a$ )、その電気信号により第一発光素子1022aが発光及び消灯する( $s5a$ )。第一発光素子1022aの発光及び消灯からなる第一光信号  $M a'(j)$  を可視光通信受信装置10Rに送信する。同様に、第二発光部102bの第二発光信号生成部1021bは第二変調信号  $M b(j)$  に基づき電気信号を生成し( $s3b$ )、その電気信号により第二発光素子1022bが発光及び消灯する( $s5b$ )。第二発光素子1022bの発光及び消灯からなる第二光信号  $M b'(j)$  を可視光通信受信装置10Rに送信する。第一発光部102a及び第二発光部102bは、従来技術の第一発光部82a及び第二発光部82bと同じ入出力、機能及び具体例であってもよい。

10

【0069】

[ [第一発光部102a及び第二発光部102bの構成] ]

図3の第一発光部102aは、第一発光信号生成部1021aと第一発光素子1022aとにより構成される。図3の第二発光部102bは、第二発光信号生成部1021bと第二発光素子1022bとにより構成される。第一発光素子1022a及び第二発光素子1022bは、例えば、LEDである。

【0070】

[ [第一発光部102a及び第二発光部102bの入出力] ]

図3の第一発光部102aには第一変調信号  $M a(j)$  の系列  $M a(1)$  ,  $M a(2)$  , ... が入力され、図3の第一発光部102aからは第一光信号  $M a'(j)$  が出力される。図3の第二発光部102bには第二変調信号  $M b(j)$  の系列  $M b(1)$  ,  $M b(2)$  , ... が入力され、図3の第二発光部102bからは第二光信号  $M b'(j)$  が出力される。

20

【0071】

[ [第一発光部102a及び第二発光部102bの機能] ]

第一発光部102aの第一発光信号生成部1021aは、入力された第一変調信号  $M a(j)$  が1である場合は、時刻  $j$  から所定時間  $U(U)$  経過した時刻  $j + U$  までの間は、第一発光素子1022aに電気信号を与える。入力された第一変調信号  $M a(j)$  が0である場合は、時刻  $j$  から時刻  $(j + 1)$  までの間は、第一発光素子1022aには電気信号を与えない。第一発光素子1022aは、第一発光信号生成部1021aから与えられた電気信号により発光する。これらにより、第一発光部102aから第一光信号が出力される。

30

【0072】

第二発光部102bの第二発光信号生成部1021bは、入力された第二変調信号  $M b(j)$  が1である場合は、時刻  $j$  から所定時間  $U(U)$  経過した時刻  $j + U$  までの間は、第二発光素子1022bに電気信号を与える。入力された第二変調信号  $M b(j)$  が0である場合は、時刻  $j$  から時刻  $(j + 1)$  までの間は、第二発光素子1022bには電気信号を与えない。第二発光素子1022bは、第二発光信号生成部1021bから与えられた電気信号により発光する。これらにより、第二発光部102bから第二光信号が出力される。

40

【0073】

第一発光部102aと第二発光部102bは上記の通りに動作するので、例えば、第一変調信号  $M a(j)$  と第二変調信号  $M b(j)$  の二つの変調信号が共に1である場合には、第一発光素子1022aと第二発光素子1022bの二つのLEDは、時刻  $j$  に同時に点灯し、時刻  $j + U$  に同時に消灯することになる。

【0074】

[第一受光部103a及び第二受光部103b]

50

第一受光素子 1032a は第一光信号  $M a' (j)$  から電気信号を生成し (s7a)、第一受信信号生成部 1031a はその電気信号から第一受信信号  $M a'' (j)$  を生成する (s9a)。同様に、第二受光素子 1032b は第二光信号  $M b' (j)$  から電気信号を生成し (s7b)、第二受信信号生成部 1031b はその電気信号から第二受信信号  $M b'' (j)$  を生成する (s9b)。第一受光部 103a 及び第二受光部 103b は、従来技術の第一受光部 83a 及び第一受光部 83b と、同じ入出力、機能及び具体例であってもよい。

【0075】

[ [ 第一受光部 103a 及び第二受光部 103b の構成 ] ]

図3の第一受光部 103a は、第一受光素子 1032a と第一受信信号生成部 1031a とにより構成される。図3の第二受光部 103b は、第二受光素子 1032b と第二受信信号生成部 1031b とにより構成される。

10

【0076】

第一受光素子 1032a 及び第二受光素子 1032b は、例えば、フォトディテクタである。

【0077】

第一受光素子 1032a には主として第一発光素子 1022a が発した光信号  $M a' (j)$  が到達するように、第二受光素子 1032b には主として第二発光素子 1022b が発した光信号  $M b' (j)$  が到達するように、それぞれ配置される。非特許文献2に記載されているように、必要に応じてレンズを用いてもよい。

20

【0078】

[ [ 第一受光部 103a 及び第二受光部 103b の入出力 ] ]

図3の第一受光部 103a には、第一発光部 102a から出力された第一光信号  $M a' (j)$  が入力される。第一受光部 103a からは、第一受信信号  $M a'' (j)$  の系列  $M a'' (1)$ ,  $M a'' (2)$ , ... が出力される。図3の第二受光部 103b には、第二発光部 102b から出力された第二光信号  $M b' (j)$  が入力される。第二受光部 103b からは、第二受信信号  $M b'' (j)$  の系列  $M b'' (1)$ ,  $M b'' (2)$ , ... が出力される。

【0079】

第一受信信号  $M a'' (j)$  及び第二受信信号  $M b'' (j)$  はそれぞれ1ビットの情報である。

30

【0080】

[ [ 第一受光部 103a 及び第二受光部 103b の機能 ] ]

第一受光部 103a の第一受光素子 1032a は、入力された第一光信号  $M a' (j)$  に対応する電気信号を第一受信信号生成部 1031a に対して出力する。第二受光部 103b の第二受光素子 1032b は、入力された第二光信号  $M b' (j)$  に対応する電気信号を第二受信信号生成部 1031b に対して出力する。

【0081】

第一受信信号生成部 1031a は、入力された電気信号の強度を、時間間隔 を単位として計測し、電気信号の電力が予め定めた閾値以上であれば  $M a'' (j) = 1$  を第一受信信号として出力し、閾値未満であれば  $M a'' (j) = 0$  を第一受信信号として出力する。第二受信信号生成部 1031b は、入力された電気信号の強度を、時間間隔 を単位として計測し、電気信号の電力が予め定めた閾値以上であれば  $M b'' (j) = 1$  を第二受信信号として出力し、閾値未満であれば  $M b'' (j) = 0$  を第二受信信号として出力する。

40

【0082】

第一受光素子 1032a と第二受光素子 1032b とで同じような性能のものを用いて、第一受光部 103a と第二受光部 103b のそれぞれが出力する第一受信信号  $M a'' (j)$  と第二受信信号  $M b'' (j)$  は番号  $j$  それぞれについて時間タイミングをほぼ同じにできるので、図5のように同期した信号を出力する。

【0083】

[ 復調部 104 ]

50

復調部 104 は、第一受信信号  $M a''(j)$  及び第二受信信号  $M b''(j)$  から復調信号  $X(k)$  を生成する (s11)。復調部 104 は、第二受信信号  $M b''(j)$  から同期語を探索して、第一受信信号  $M a''(j)$  及び第二受信信号  $M b''(j)$  のフレーム同期を行い、第一受信信号  $M a''(j)$  から復調信号  $X(k)$  を生成する。復調部 104 は、従来技術の復調部 84 と同じ入出力であってもよい。ただし、その機能と具体例が従来技術とは異なる。

【0084】

[[復調部 104 の入出力]]

図 3 の復調部 104 には、第一受信信号  $M a''(j)$  の系列  $M a''(1)$ ,  $M a''(2)$ , ... と第二受信信号  $M b''(j)$  の系列  $M b''(1)$ ,  $M b''(2)$ , ... とが入力される。

10

【0085】

図 3 の復調部 104 からは、復調信号  $X(k)$  の系列  $X(1)$ ,  $X(2)$ , ... が出力される。復調信号  $X(k)$  は、1 ビットの情報であり、 $k$  は復調信号の番号を表す整数とする。

【0086】

[[復調部 104 の機能]]

図 3 の復調部 104 は、まず、入力された第二受信信号  $M b''(j)$  から同期語を探索する。例えば、第二受信信号の系列に  $M b''(1) = 0$ ,  $M b''(2) = 0$ ,  $M b''(3) = 0$ ,  $M b''(4) = 1$ ,  $M b''(5) = 0$ ,  $M b''(6) = 0$ , ...,  $M b''(11) = 0$  と、1 が 1 個 (この時刻を  $R$  とする) の後に 0 が 7 個連続して続いたときに、 $M b''(4) \sim M b''(11)$  を同期語とする。そして、この同期語の先頭である  $j = 4$  を第一受信信号の系列の先頭として 8 個の連続したビットに対応した第一受信信号  $M a''(4) \sim M a''(11)$  を復調信号とする。具体的には、復調部 104 は、 $X(1) = M a''(4)$ ,  $X(2) = M a''(5)$ , ...,  $X(8) = M a''(11)$  を復調信号の系列の最初の 8 個の復調信号として出力する。

20

【0087】

図 3 の復調部 104 は、続けて、 $X(9) = M a''(12)$ ,  $X(10) = M a''(13)$ , ...,  $X(16) = M a''(19)$  を復調信号の系列の最初の 8 個に続く 8 個の復調信号として出力する。

30

【0088】

このようにして、復調部 104 は、復調信号  $X(1)$ ,  $X(2)$ , ...,  $X(16)$  を出力する。

【0089】

同期語のビット数と内容については、変調部 101 と復調部 104 とで同一となるように予め定めておく。

【0090】

このようにして途中に遮蔽物等がなければ、 $S(1) = X(1)$ ,  $S(2) = X(2)$ , ...,  $S(16) = X(16)$  として、所望の信号を可視光通信で伝送することができる。

40

【0091】

<効果>

従来技術では 16 個の伝送信号に対して 24 個の第一変調信号 (そのうち 16 個が同期語であり、8 個がデータ) と 24 個の第二変調信号 (そのうち 16 個が同期語であり、8 個がデータ) を生成しており、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合は、 $1/3$  である。一方、本実施形態では、8 個の伝送信号に対して 8 個の第一変調信号 (データ) と 8 個の第二変調信号 (同期語) を生成しており、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合は、 $1/2$  である。よって、本実施形態は、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量は多くし、同じ個数の発光素子を用いて伝送できるデータの伝送レートを高める。

50

## 【 0 0 9 2 】

なお、従来技術において、伝送可能な情報量に占める同期語の伝送情報量の割合を少なくするために、同期語の長さを短くすることも考えられるが、同期語として通常のデータにはめったに表れないような系列を選択しなければならないのである程度の長さを必要とするので、単純に同期語の長さを短くすることはできない。一方、本実施形態では、同期LEDを用いるため、そのような問題は生じない。また、従来技術の場合、同期語と同期語の間に存在するデータの情報を多くすることで、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量を多くすると、同期語を検出するまでに多くのデータが無駄になるという問題があるのに対し、本実施形態では、同期LEDを用いるため、同期語と同期語の間にデータが存在しないので、そのような問題は生じない。

10

## 【 0 0 9 3 】

< 第二実施形態 >

第一実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

## 【 0 0 9 4 】

本実施形態に係る可視光通信システム10は、二つの発光素子と二つの受光素子を用いる。二つの発光素子の内、一方の発光素子をデータのみを含む第一変調信号 $M a(j)$ に基づく第一光信号 $M a'(j)$ を出力するLED、つまり、データ送信専用のLED(以下「データLED」ともいう)とし、他方の発光素子を同期語とデータとを含む第二変調信号 $M b(j)$ に基づく第二光信号 $M b'(j)$ を出力するLED、つまり、同期語及びデータ送信用のLED(以下、少なくとも同期語を送信するという意味で「同期LED」ともいう)とする。同様に、二つの受光素子の内、一方の受光素子をデータ受信専用のフォトディテクタとし、他方の受光素子を同期語及びデータ受信用のフォトディテクタとする。これにより、第一実施形態よりも伝送効率を向上させることができる。つまり、第一実施形態では伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を1/2以上にすることはできないが、本実施形態ではさらにデータの伝送レートを高めることができる。

20

## 【 0 0 9 5 】

[ 変調部101 ]

変調部101は、伝送信号 $S(i)$ と同期語とを用いて、第一変調信号 $M a(j)$ の系列に伝送信号 $S(i)$ の系列のみ含まれるように第一変調信号 $M a(j)$ を生成し、第二変調信号 $M b(j)$ の系列の一部に同期語が含まれ、残りの部分に伝送信号 $S(i')$ の系列が含まれるように第二変調信号 $M b(j)$ を生成する。ただし、 $i'$ は伝送信号の番号を表す整数とし、 $i \neq i'$ とする。

30

## 【 0 0 9 6 】

第一実施形態の変調部101とその入出力は同じであるが、その機能と具体例が異なる。

## 【 0 0 9 7 】

[ [ 変調部101の機能 ] ]

図3の変調部101は、入力された伝送信号 $S(i)$ の系列と変調部101内に予め記憶された所定ビット数の同期語とから、第一変調信号 $M a(j)$ の系列 $M a(1)$ ,  $M a(2)$ , ...と第二変調信号 $M b(j)$ の系列 $M b(1)$ ,  $M b(2)$ , ...の二つの変調信号の系列を生成する。

40

## 【 0 0 9 8 】

その際、図3の変調部101は、伝送信号 $S(i)$ の系列の一部の伝送信号を第一変調信号 $M a(j)$ の系列に含め、第二変調信号 $M b(j)$ の系列に、所定ビット数の同期語と伝送信号 $S(i)$ の系列の上記以外の伝送信号 $S(i')$ の系列を含めるようにする。

## 【 0 0 9 9 】

図3の変調部101は、予め設定された時間間隔で $j = 1, 2, \dots$ の順に、 $j$ が等しい第一変調信号 $M a(j)$ 及び第二変調信号 $M b(j)$ を同時に出力する。

## 【 0 1 0 0 】

[ [ 変調部101の具体例 ] ]

50

16ビットの伝送信号を第一変調信号に含め、16ビットの同期語を“1000000010000000”として第二変調信号の系列に含める例について説明する。

【0101】

図3の変調部101は、入力された伝送信号の系列のうちの最初の16個の伝送信号である $S(1), \dots, S(16)$ に対しては、第一変調信号の系列のうちの最初の16個の変調信号である $Ma(1), \dots, Ma(16)$ と、第二変調信号の系列のうちの最初の16個の変調信号である $Mb(1), \dots, Mb(16)$ とを下記の通りに生成して出力する。

【0102】

図3の変調部101は、第一変調信号として $Ma(1) = S(1), Ma(2) = S(2), \dots, Ma(16) = S(16)$ を順に出力する。また、図3の変調部101は、16ビットの同期語“1000000010000000”に対応する16個の第二変調信号として、 $Mb(1) = 1, Mb(2) = 0, \dots, Mb(8) = 0, Mb(9) = 1, Mb(10) = 0, \dots, Mb(16) = 0$ を順に出力する。各 $j$ について $Ma(j)$ と $Mb(j)$ の出力タイミングは同時である。続けて、図3の変調部101は、第一変調信号として $Ma(17) = S(17), Ma(18) = S(18), \dots, Ma(24) = S(24)$ を順に出力する。また、図3の変調部101は、第二変調信号として同期語ではなくデータである $Mb(17) = S(25), Mb(18) = S(26), \dots, Mb(24) = S(32)$ を順に出力する。

【0103】

図3の変調部101は、入力された伝送信号の系列のうちのその後の伝送信号についても、以上と同様に32個の伝送信号に対して24個の第一変調信号と24個の第二変調信号(そのうち16個が同期語であり、8個がデータ)を生成し、伝送信号 $S(i)$ の系列に対応する第一変調信号 $Ma(j)$ の系列及び第二変調信号 $Mb(j)$ の系列を出力する(図11参照)。

【0104】

第一発光部102a、第二発光部102b、第一受光部103a及び第二受光部103bは、第一実施形態と同様の構成、入出力、機能である。

【0105】

[復調部104]

復調部104は、第一受信信号 $Ma''(j)$ 及び第二受信信号 $Mb''(j)$ から復調信号 $X(k)$ を生成する。復調部104は、第二受信信号 $Mb''(j)$ から同期語を探索して、第一受信信号 $Ma''(j)$ 及び第二受信信号 $Mb''(j)$ のフレーム同期を行い、第一受信信号 $Ma''(j)$ と第二受信信号 $Mb''(j)$ とから復調信号 $X(k)$ を生成する。

【0106】

第一実施形態の復調部104とその入出力は同じであるが、その機能と具体例が異なる。

【0107】

[ [復調部104の機能] ]

図3の復調部104は、まず、入力された第二受信信号 $Mb''(j)$ から同期語を探索する。例えば、第二受信信号の系列に $Mb''(1) = 0, Mb''(2) = 0, Mb''(3) = 0, Mb''(4) = 1, Mb''(5) = 0, Mb''(6) = 0, \dots, Mb''(11) = 0, Mb''(12) = 1, Mb''(13) = 0, Mb''(14) = 0, \dots, Mb''(19) = 0$ と、1が1個(この時刻を $R$ とする)の後に0が7個連続して続き、またその後1が1個の後に0が7個連続して続いたときに、 $Mb''(4) \sim Mb''(19)$ を同期語とする。そして、この同期語の先頭である $j = 4$ を第一受信信号の系列の先頭として24個の連続したビットに対応した第一受信信号 $Ma''(4) \sim Ma''(27)$ を復調信号とする。具体的には、復調部104は、 $X(1) = Ma''(4), X(2) = Ma''(5), \dots, X(24) = Ma''(27)$ を復調信号の系列の最初の24個の復調信号とし

10

20

30

40

50

て出力する。

【 0 1 0 8 】

図 3 の復調部 1 0 4 は続けて、第二受信信号  $M b''(j)$  の系列の同期語に続く 8 個の第二受信信号  $M b''(j)$  を復調信号の系列の最初の 2 4 個に続く 8 個の復調信号として出力する。つまり、 $X(25) = M b''(20)$  ,  $X(26) = M b''(21)$  , ... ,  $X(32) = M b''(27)$  とする。

【 0 1 0 9 】

このようにして、復調部 1 0 4 は復調信号  $X(1)$  ,  $X(2)$  , ... ,  $X(32)$  を出力する。

【 0 1 1 0 】

同期語のビット数と内容、同期語に続く受信信号（データ）のビット数については、変調部 1 0 1 と復調部 1 0 4 とで同一となるように予め定めておく。

【 0 1 1 1 】

このようにして途中に遮蔽物等がなければ、 $S(1) = X(1)$  ,  $S(2) = X(2)$  , ... ,  $S(32) = X(32)$  として、所望の信号を可視光通信で伝送することができる。

【 0 1 1 2 】

< 効果 >

従来技術では 1 6 個の伝送信号に対して 2 4 個の第一変調信号（そのうち 1 6 個が同期語であり、8 個がデータ）と 2 4 個の第二変調信号（そのうち 1 6 個が同期語であり、8 個がデータ）を生成しており、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合は、 $1/3$  である。一方、本実施形態では、3 2 個の伝送信号に対して 2 4 個の第一変調信号（データ）と 2 4 個の第二変調信号（そのうち 1 6 個が同期語で 8 個がデータ）を生成しており、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合は、 $2/3$  である。よって、本実施形態は、従来技術よりも、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量は多くし、同じ個数の発光素子を用いて伝送できるデータの伝送レートを高める。また、第二変調信号に含まれるデータの分だけ第一実施形態よりもデータの伝送レートを高めることができる。

【 0 1 1 3 】

なお、従来技術において、同期語の長さを短くし、同期語と同期語の間に存在するデータの情報量を多くすることで、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量を多くすることで、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を高めることも考えられるが、本実施形態であれば、データ LED で同期語を送信しない分、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を高めることができる。

【 0 1 1 4 】

< 変形例 >

第二実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【 0 1 1 5 】

本変形例に係る可視光通信システム 1 0 は、二つの発光素子と二つの受光素子とを用いる。二つの発光素子の内、一方の発光素子をデータのみを含む第一変調信号  $M a(j)$  に基づく第一光信号  $M a'(j)$  を出力する LED、つまり、データ送信専用の LED（以下「データ LED」ともいう）とし、他方の発光素子を同期語と補助データとを含む第二変調信号  $M b(j)$  に基づく第二光信号  $M b'(j)$  を出力する LED、つまり、同期語及び補助データ送信用の LED（以下、少なくとも同期語を送信するという意味で「同期 LED」ともいう）とする。同様に、二つの受光素子の内、一方の受光素子をデータ受信専用のフォトディテクタとし、他方の受光素子を同期語及び補助データ受信用のフォトディテクタとする。なお、補助データとは、訂正符号やダウンサンプルした系列や符号化ビットストリーム等である。

【 0 1 1 6 】

第二変調信号  $M b(j)$  にデータではなく補助データが含まれる点が第二実施形態とは

10

20

30

40

50

異なる。これにより、第一実施形態と同様のデータの伝送レートを実現しつつ、補助データも伝送することができ、伝送効率を向上させることができる。

【 0 1 1 7 】

[ 変調部 1 0 1 ]

第二実施形態の変調部 1 0 1 とその入出力は同じであるが、その機能と具体例が異なる。

【 0 1 1 8 】

[ [ 変調部 1 0 1 の機能 ] ]

図 3 の変調部 1 0 1 は、入力された伝送信号  $S(i)$  の系列と変調部 1 0 1 内に予め記憶された所定ビット数の同期語とから、第一変調信号  $M a(j)$  の系列  $M a(1)$ ,  $M a(2)$ , ... と第二変調信号  $M b(j)$  の系列  $M b(1)$ ,  $M b(2)$ , ... の二つの変調信号の系列を生成する。

10

【 0 1 1 9 】

その際、図 3 の変調部 1 0 1 は、伝送信号  $S(i)$  の系列を第一変調信号  $M a(j)$  の系列に含め、第二変調信号  $M b(j)$  の系列に、所定ビット数の同期語と補助データの系列を含めるようにする。

【 0 1 2 0 】

図 3 の変調部 1 0 1 は、予め設定された時間間隔で  $j = 1, 2, \dots$  の順に、 $j$  が等しい第一変調信号  $M a(j)$  及び第二変調信号  $M b(j)$  を同時に出力する。

【 0 1 2 1 】

[ [ 変調部 1 0 1 の具体例 ] ]

16 ビットの伝送信号を第一変調信号に含め、16 ビットの同期語を “ 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 ” として第二変調信号の系列に含める例について説明する（図 1 2 参照）。

20

【 0 1 2 2 】

図 3 の変調部 1 0 1 は、入力された伝送信号の系列のうちの最初の 16 個の伝送信号である  $S(1)$ , ...,  $S(16)$  に対しては、第一変調信号の系列のうちの最初の 16 個の変調信号である  $M a(1)$ , ...,  $M a(16)$  と、第二変調信号の系列のうちの最初の 16 個の変調信号である  $M b(1)$ , ...,  $M b(16)$  とを下記の通りに生成して出力する。

30

【 0 1 2 3 】

図 3 の変調部 1 0 1 は、第一変調信号として  $M a(1) = S(1)$ ,  $M a(2) = S(2)$ , ...,  $M a(16) = S(16)$  を順に出力する。また、図 3 の変調部 1 0 1 は、16 ビットの同期語 “ 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 ” に対応する 16 個の第二変調信号として  $M b(1) = 1$ ,  $M b(2) = 0$ , ...,  $M b(8) = 0$ ,  $M b(9) = 1$ ,  $M b(10) = 0$ , ...,  $M b(16) = 0$  を順に出力する。各  $j$  について  $M a(j)$  と  $M b(j)$  の出力タイミングは同時である。続けて、図 3 の変調部 1 0 1 は、第一変調信号として  $M a(17) = S(17)$ ,  $M a(18) = S(18)$ , ...,  $M a(24) = S(24)$  を順に出力する。また、図 3 の変調部 1 0 1 は、第二変調信号として同期語ではなく補助データである  $M b(17) = (S(1) \wedge S(2))$ ,  $M b(18) = (S(3) \wedge S(4))$ , ...,  $M b(24) = (S(15) \wedge S(16))$  を順に出力する。ここで  $\wedge$  は排他的論理和 (XOR) を表す。

40

【 0 1 2 4 】

図 3 の変調部 1 0 1 は、入力された伝送信号の系列のうちのその後の伝送信号についても、以上と同様に 24 個の伝送信号に対して 24 個の第一変調信号と 24 個の第二変調信号（そのうち 16 個が同期語で 8 個が補助データ）を生成し、伝送信号  $S(i)$  の系列に対応する第一変調信号  $M a(j)$  の系列及び第二変調信号  $M b(j)$  の系列を出力する（図 1 2 参照）。

【 0 1 2 5 】

第一発光部 1 0 2 a、第二発光部 1 0 2 b、第一受光部 1 0 3 a 及び第二受光部 1 0 3

50

b は、第二実施形態と同様の構成、入出力、機能である。

【 0 1 2 6 】

[ 復調部 1 0 4 ]

第二実施形態の復調部 1 0 4 とその入出力は同じであるが、その機能と具体例が異なる。

【 0 1 2 7 】

[ [ 復調部 1 0 4 の機能 ] ]

図 3 の復調部 1 0 4 は、まず、入力された第二受信信号  $M b''(j)$  から同期語を探索する。例えば、第二受信信号の系列に  $M b''(1) = 0$ ,  $M b''(2) = 0$ ,  $M b''(3) = 0$ ,  $M b''(4) = 1$ ,  $M b''(5) = 0$ ,  $M b''(6) = 0$ , ...,  $M b''(11) = 0$ ,  $M b''(12) = 1$ ,  $M b''(13) = 0$ ,  $M b''(14) = 0$ , ...,  $M b''(19) = 0$  と、1 が 1 個 (この時刻を  $R$  とする) の後に 0 が 7 個連続して続き、またその後 1 が 1 個の後に 0 が 7 個連続して続いたときに、 $M b''(4) \sim M b''(19)$  を同期語とする。そして、この同期語の先頭である  $j = 4$  を第一受信信号の系列の先頭として 24 個の連続したビットに対応した第一受信信号  $M a''(4) \sim M a''(27)$  を復調信号とする。具体的には、復調部 1 0 4 は、 $X(1) = M a''(4)$ ,  $X(2) = M a''(5)$ , ...,  $X(24) = M a''(27)$  を復調信号の系列の最初の 24 個の復調信号として出力する。

10

【 0 1 2 8 】

図 3 の復調部 1 0 4 は続けて、第二受信信号  $M b''(j)$  の系列の同期語に続く 8 個の第二受信信号  $M b''(j)$  を復調信号の系列  $X(1)$ , ...,  $X(16)$  と照らし合わせて誤りがあるかどうかを出力する。つまり、 $(S(1) \wedge S(2)) = M b''(20)$ ,  $(S(3) \wedge S(4)) = M b''(21)$ , ...,  $(S(15) \wedge S(16)) = M b''(27)$  が成り立つか否かを判定し、成り立つ場合には誤りがないことを表す信号を出力し、成り立たない場合には誤りがあることを表す信号を出力する。

20

【 0 1 2 9 】

このようにして、復調部 1 0 4 は、復調信号  $X(1)$ ,  $X(2)$ , ...,  $X(24)$  を出力する。

【 0 1 3 0 】

同期語のビット数と内容、同期語に続く受信信号 (補助データ) のビット数については、変調部 1 0 1 と復調部 1 0 4 とで同一となるように予め定めておく。

30

【 0 1 3 1 】

このようにして途中に遮蔽物等がなければ、 $S(1) = X(1)$ ,  $S(2) = X(2)$ , ...,  $S(24) = X(24)$  として、所望の信号を可視光通信で伝送することができる。

【 0 1 3 2 】

< 効果 >

このような構成により、第一実施形態と同様のデータの伝送レートを実現しつつ、補助データも伝送することができ、伝送効率を向上させることができる。なお、補助データとしては、XOR に限らず、CRC やチェックサム等なんらかの訂正符号やダウンサンプルした系列や符号化ビットストリーム等所望のデータを用いることができる。

40

【 0 1 3 3 】

< 第三実施形態 >

上記の第一実施形態から第二実施形態の説明では 2 c h (LED が 2 個) の場合の例を示したが、より多くの LED を用いた可視光通信送信装置を使って伝送してもよい。本実施形態に係る可視光通信システム 1 0 は、M 個の LED と M 個のフォトディテクタとを用い、N 個の LED をデータ LED とし、 $(M - N)$  個の LED を同期 LED として用いる。M は 3 以上の整数であり、N は 1 以上  $(M - 1)$  以下の整数である。なお、同期 LED は、第一実施形態のように同期語送信専用の LED であってもよいし、第二実施形態やその変形例のように同期語及びデータや補助データ送信用の LED であってもよい。

50

## 【 0 1 3 4 】

変調部 1 0 1 は、伝送信号  $S(i)$  と同期語とを用いて、 $(M - N)$  個の変調信号に少なくとも同期語が含まれ、 $N$  個の変調信号に伝送信号のみが含まれるように、 $M$  個の変調信号を生成する。

## 【 0 1 3 5 】

$M = 4$  ( 4 c h ) の場合の外観図を図 1 3 に、模式図を図 1 4 に示す。同期 L E D は一つに限らず、同期 L E D を複数有して、受信側で複数の受信信号から同期語を探索できるようにしてもよい。  $N = 2$  の例を図 1 3 B に、  $N = 3$  の例を図 1 3 C に示す。

## 【 0 1 3 6 】

図 1 3 B の構成とすれば、何れかの発光部から受光部への経路に障害物が生じて受光部が受信信号を出力できなくなった場合でも、復調部 1 0 4 で同期語を得られる可能性を高め、受信側で復調信号を得られなくなる可能性を低くすることが可能となる。

## 【 0 1 3 7 】

図 1 3 C の構成とすれば、伝送可能な情報量を増加させ、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を増加させることができる。

## 【 0 1 3 8 】

図 1 3 A の場合には、データ L E D と同期 L E D が分かれているわけではないので、従来技術の方法で四つ L E D ( 第一発光素子 8 2 2 a 、第二発光素子 8 2 2 b 、第三発光素子 8 2 2 c 及び第四発光素子 8 2 2 d ) を用いているだけである。

## 【 0 1 3 9 】

図 1 3 B の場合は、データ L E D ( 第一発光素子 1 0 2 2 a 及び第四発光素子 1 0 2 2 d ) と同期 L E D ( 第二発光素子 1 0 2 2 b 及び第三発光素子 1 0 2 2 c ) が 2 個ずつあるので、第一実施形態のデータ L E D と同期 L E D による組が 2 組あると考えればよい。

## 【 0 1 4 0 】

図 1 3 C の場合は、三つのデータ L E D ( 第一発光素子 1 0 2 2 a 、第二発光素子 1 0 2 2 b 及び第三発光素子 1 0 2 2 c ) と一つの同期 L E D ( 第四発光素子 1 0 2 2 d ) とがあり、データ L E D が同期 L E D より多い構成となる。データ L E D が、第一実施形態と第二実施形態の変調信号や、発光信号生成部、発光部に対応して複数あり、データを伝送する機能が多いものとなる。

## 【 0 1 4 1 】

可視光通信受信装置 1 0 R は、発光部に対応する 4 個の第一 ~ 第四受光部 1 0 3 a ~ 1 0 3 d を有し、復調部 1 0 4 は、4 個の第一 ~ 第四受信信号  $M a''(j) \sim M d''(j)$  から復調信号  $X(k)$  を生成する。復調部 1 0 4 は、同期語を含む受信信号から同期語を探索して、 $M$  個の受信信号のフレーム同期を行い、データを含む受信信号から復調信号  $X(k)$  を生成する。

## 【 0 1 4 2 】

< 効果 >

このような構成により、第一、第二実施形態、その変形例と同様の効果を得ることができる。

## 【 0 1 4 3 】

なお、従来技術では、伝送可能な情報量を増加させても ( チャンネル数を増やしても ) 、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を増加させることはできなかったが、本実施形態の図 1 3 C のような構成 ( 同期 L E D よりもデータ L E D を多く設ける構成 ) であれば、伝送可能な情報量を増加させ、伝送可能な情報量に占めるデータの伝送情報量の割合を増加させることは容易である。

## 【 0 1 4 4 】

なお、データ L E D と同期 L E D の組合せによりデータを伝送する機能の数を増やすことのメリット ( 伝送レートの向上 ) とデメリット ( 同期語が隠れてしまった場合のリスク ) 、及び同期語を増やすことのメリット ( L E D が隠れた時のロバスト性 ) とデメリット ( 伝送レートが低下 ) のトレードオフがあるので、所望のセッティングを施せばよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 5 】

## &lt; 第四実施形態 &gt;

発光信号生成部と発光素子（本実施形態ではLED）による遅延が同一となるように設計した複数の発光部を用いる。一つの基板上にこれまでの実施形態の複数の発光素子を配置すれば、変調部101から同時刻に出力された複数の変調信号に対応する複数の光信号が発せられる時間差がほとんど発生しない。すなわち、可視光通信送信装置が発する光信号の同期がずれることはほとんど考えられない。また、LED間の距離も短いので、一つの受光部が一つの光信号を受信できるように可視光通信受信装置を配置すれば、他の受光部が他の光信号を受信できるようにすることも容易となるため、受光部が同期LEDの信号を見失う可能性も低い。

10

## 【 0 1 4 6 】

## &lt; 第五実施形態 &gt;

本実施形態では、複数のLEDを二つの基板上に配置してもよい。例えば、図15に示すように、第一実施形態から第三実施形態のデータLEDと同期LEDとを二つの基板の何れかに配置して用いてもよい。例えば、第三実施形態で示した四つのLEDを用いて通信する場合に、二つの基板を用い、基板1051にはデータLED（第一発光素子1022a及び第二発光素子1022b）のみを配置し、基板1052にはデータLED（第三発光素子1022c）と同期LED（第四発光素子1022d）を配置してもよい。可視光通信受信装置10Rでは、基板1052の同期LED（第四発光素子1022d）からの光信号Md'（j）により同期をとることができるので、基板1051は図16のようにデータLED（第一発光素子1022a及び第二発光素子1022b）のみを用いることで第三実施形態の図13Cと同様の伝送レートを実現することができる。この場合は基板1051上のLED（第一発光素子1022a及び第二発光素子1022b）が発する第一及び第二光信号Ma'（j）及びMb'（j）と基板1052上のLED（第三発光素子1022c及び第四発光素子1022d）が発する第三及び第四光信号Mc'（j）及びMd'（j）の発光タイミングの同期をとるために、基板1051と基板1052をつなぐ接続線106が必要である。

20

## 【 0 1 4 7 】

つまり第三実施形態のように、基板1051が第一及び第二光信号Ma'（j）及びMb'（j）を受け持ち、基板1052が第三及び第四光信号Mc'（j）及びMd'（j）を受け持てばよい。

30

## 【 0 1 4 8 】

もちろん一つの基板上に配置するLEDの数は二つに限定されず、複数個配置してもよい。

## 【 0 1 4 9 】

## &lt; 第六実施形態 &gt;

図17Aに示すように、P個の基板の場合でも（ただし、Pは3以上の整数）、2個の基板の場合と同様に、ある基板p（ $1 \leq p \leq P$ ）に同期LEDを用いれば、同期を得ながら伝送レートを向上させることができる。また同期LEDを配置する基板は図17Bのように複数個あってもよい。つまり、P個の基板にはそれぞれ一つ以上のLEDが配置され、P個の基板の内、P'個の基板上には同期LEDが配置され（ただし、 $1 \leq P' < P$ ）、同期LEDが配置されていない（ $P - P'$ ）個の基板上にはデータLEDのみが配置される構成としてもよい。このような構成により、伝送レートを向上させることができる。

40

## 【 0 1 5 0 】

データLEDは第一実施形態、第二実施形態又はその変形例のデータLEDと同様の機能を持ち、同期LEDは第一実施形態、第二実施形態又はその変形例の同期LEDと同様の機能を持てばよい。

## 【 0 1 5 1 】

同期LEDが発する光信号を可視光通信受信装置で受信できないように光信号が遮断されてしまうと、可視光通信受信装置で同期語を探索できずに復調信号が得られなくなって

50

しまう。すなわち、同期LEDが可視光通信受信装置の受光部から見て同期LEDが隠れてしまうと、データが送れなくなってしまう。このため、1個おきや2個おき等の任意の間隔の基板に同期LEDを配置してもよい。

<その他の変形例>

本発明は上記の実施形態及び変形例に限定されるものではない。

【0152】

例えば、上記実施形態では、8サンプルを一つのまとまりとして説明してきたが任意のVサンプルごとに処理してもよい。ただし、Vは、1以上の整数である。またデータはPCM(Pulse Code Modulation)に限らず、対数圧伸された $\mu$ 則又はA則(若しくはITU-TG.711)や圧縮されたビットストリーム(例えば、AACやMPEG Surround)でも構わない。

10

【0153】

また、例えば、上記実施形態では、受光素子としてフォトディテクタを想定していたが、イメージセンサや高速カメラ等を用いてもよい。この場合、発光素子に対応する個数の受光素子を必要とせず、一つ又は複数のイメージセンサや高速カメラ等によって得られたイメージデータ等に基づき処理を行う。なお、複数の光信号が、イメージデータ内に画素値として含まれることとなる。この場合は、可視光通信受信装置は、イメージセンサや高速カメラ等を含まない構成、すなわち、受信信号生成部と復調部とから構成してもよい。受信信号生成部は、イメージセンサや高速カメラ等によって得られたイメージデータの画素値から複数の受信信号を生成し、復調部は、上記と同様の処理を行う。なお、イメージセンサや高速カメラ等の個数は一つに限られない。複数のイメージセンサや高速カメラ等を用いる場合は、受信信号生成部は、複数のイメージデータの画素値から可視光通信送信装置が出力した光信号に対応する複数の受信信号を生成する。

20

【0154】

また、上記実施形態では、発光素子としてLEDを想定していたが、プロジェクタ等を用いてもよい。この場合、複数の発光素子を必要とせず、一つ又は複数のプロジェクタを用いる。この場合は、可視光通信送信装置は、プロジェクタ等を含まない構成、すなわち、変調部と発光信号生成部とから構成してもよい。変調部は上記と同様の処理を行い、発光信号生成部は複数の変調信号に基づき、それぞれ発光及び消灯する複数の光信号に対応する発光信号を生成し、生成した発光信号をプロジェクタに出力する。なお、この場合、発光信号は、プロジェクタにより投影される画像データや映像データ等からなる電気信号である。プロジェクタは、入力された発光信号(画像データ等)をスクリーン等に投影する。なお、投影された画像中に光信号が含まれることとなる。プロジェクタは一つであっても複数個であってもよい。一つのプロジェクタを用いる場合は、発光信号生成部は全ての光信号を含む画像データ等を生成し、プロジェクタはその画像データ等を投影することで光信号を出力する。二つのプロジェクタを用いる場合は、例えば、発光信号生成部は一部の光信号を含む画像データ等を生成し、第一のプロジェクタに出力し、第一のプロジェクタは入力された発光信号(画像データ等)をスクリーン等に投影する。発光信号生成部は残りの光信号を含む画像データ等を生成し、第二のプロジェクタに出力し、第二のプロジェクタは入力された発光信号(画像データ等)をスクリーン等に投影する。

30

40

【0155】

また、ここまでは可視光を対象に説明を行ってきたが、可視光の周辺帯域の電磁波を用いてもよい。例えば、テレビのリモコンなどで使われている赤外光を用いても上記実施形態を実施することができる。赤外光を用いる場合は、発光素子として入力された電気信号に対応する赤外光を発光する素子を用い、受光素子として受光した赤外光に対応する電気信号を出力する素子を用い、その他は上記実施形態で説明した構成とすればよい。

【0156】

また、例えば、上述の各種の処理は、記載に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的あるいは個別に実行されてもよい。その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。

50

## 【 0 1 5 7 】

## &lt; プログラム及び記録媒体 &gt;

上述した可視光通信送信装置及び可視光通信受信装置は、コンピュータにより機能させることもできる。液晶ディスプレイ等による表示装置を備えたコンピュータであれば、表示装置の画面を複数の範囲に区分し、それぞれの範囲を発光素子として機能させることで、発光素子を備えた可視光通信送信装置として機能させることができる。また、カメラを備えたコンピュータであれば、受光素子を備えた可視光通信受信装置として機能させることができる。また、表示装置とカメラの双方を備えたコンピュータであれば、発光素子を備えた可視光通信送信装置と受光素子を備えた可視光通信受信装置として同時に機能させることも可能である。この場合は、コンピュータは、コンピュータ外にある可視光通信送信装置に対向する可視光通信受信装置、及び、コンピュータ外にある可視光通信受信装置に対向する可視光通信送信装置として機能する。

10

## 【 0 1 5 8 】

コンピュータを可視光通信送信装置又は / 及び可視光通信受信装置として機能させる場合はコンピュータに、目的とする装置（各種実施形態で図に示した機能構成を持つ装置）として機能させるためのプログラム、又はその処理手順（各実施形態で示したもの）の各過程をコンピュータに実行させるためのプログラムを、CD-ROM、磁気ディスク、半導体記憶装置などの記録媒体から、あるいは通信回線を介してそのコンピュータ内にダウンロードし、そのプログラムを実行させればよい。

## 【 符号の説明 】

20

## 【 0 1 5 9 】

- 1 0 可視光通信システム
- 1 0 R 可視光通信受信装置
- 1 0 S 可視光通信送信装置
- 1 0 1 変調部
- 1 0 2 a 第一発光部
- 1 0 2 b 第二発光部
- 1 0 3 a 第一受光部
- 1 0 3 b 第二受光部
- 1 0 4 復調部
- 1 0 2 1 a 第一発光信号生成部
- 1 0 2 1 b 第二発光信号生成部
- 1 0 2 2 a 第一発光素子
- 1 0 2 2 b 第二発光素子
- 1 0 2 2 c 第三発光素子
- 1 0 2 2 d 第四発光素子
- 1 0 3 1 a 第一受信信号生成部
- 1 0 3 1 b 第二受信信号生成部
- 1 0 3 2 a 第一受光素子
- 1 0 3 2 b 第二受光素子

30

40

【図1】

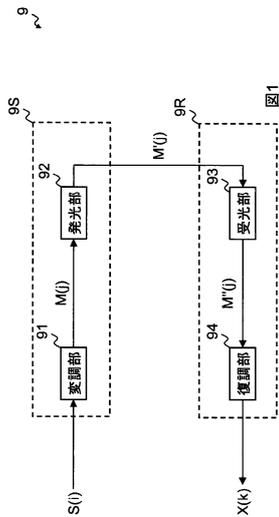


図1

【図2】

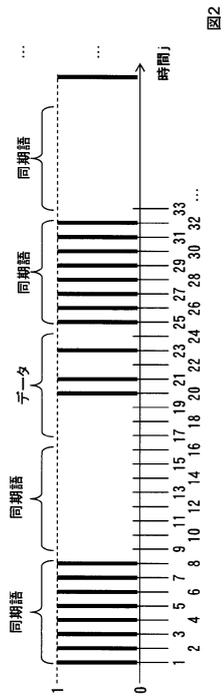


図2

【図3】

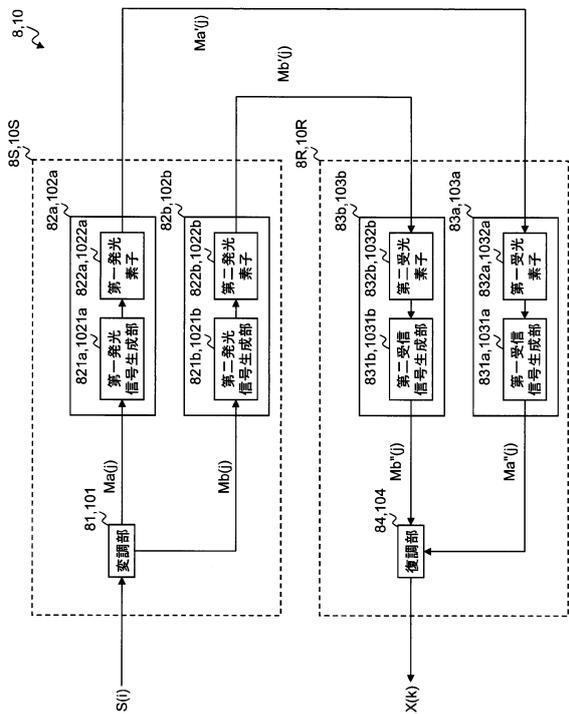


図3

【図4】

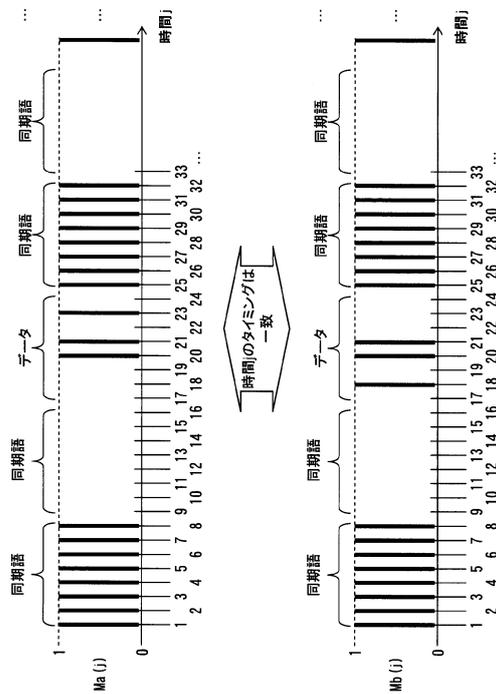


図4

【図5】

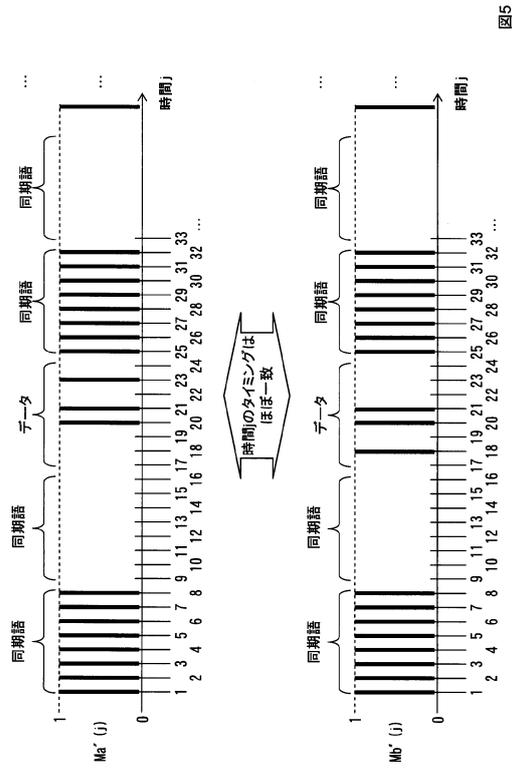


図5

【図6】

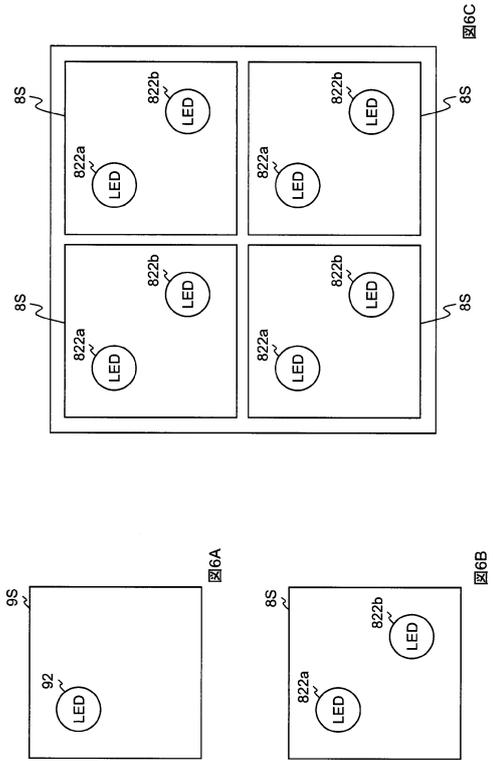


図6A

図6B

図6C

【図7】

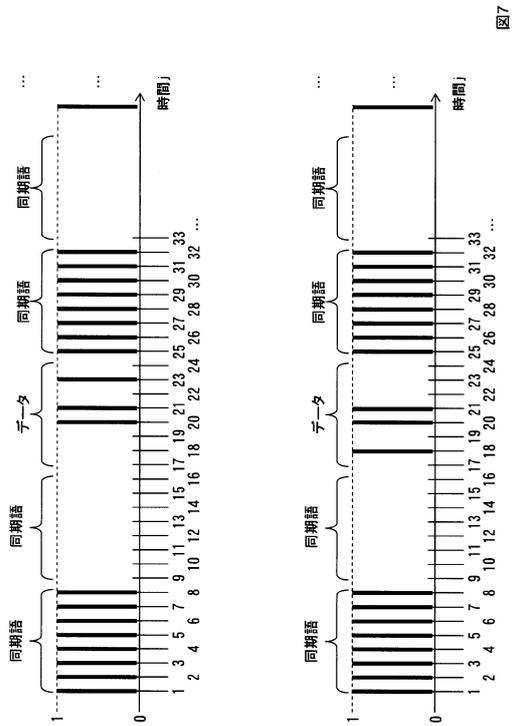


図7

【図8】

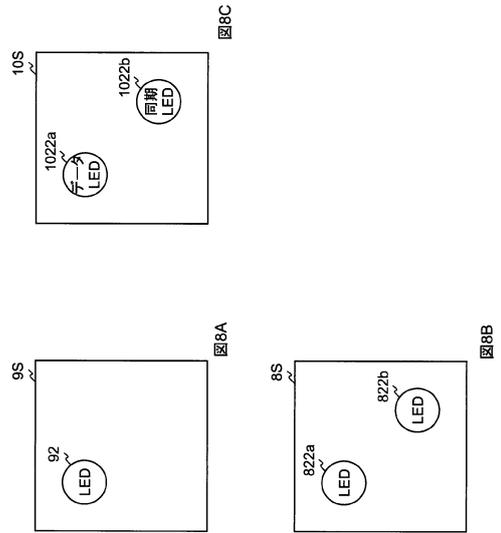


図8A

図8B

図8C

【図9】

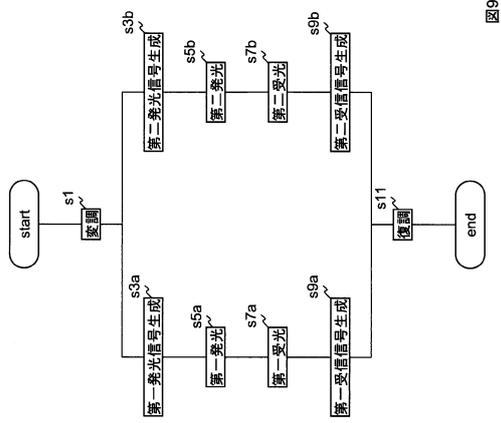


図9

【図10】

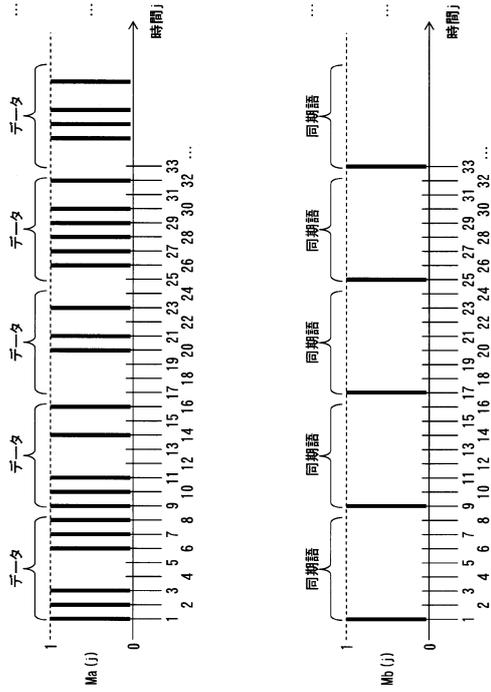


図10

【図11】

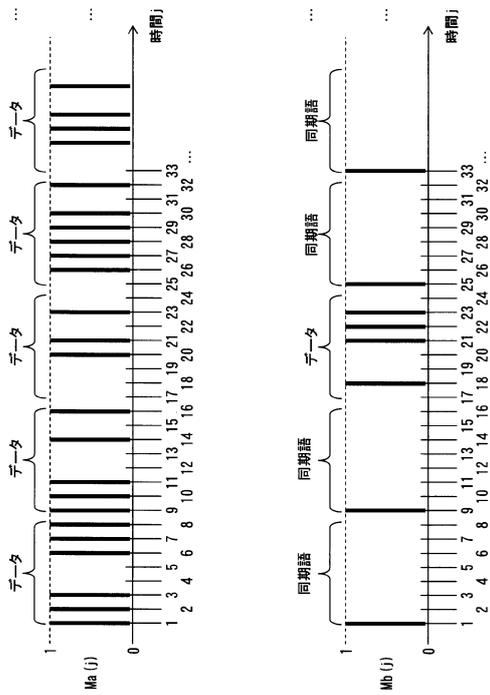


図11

【図12】

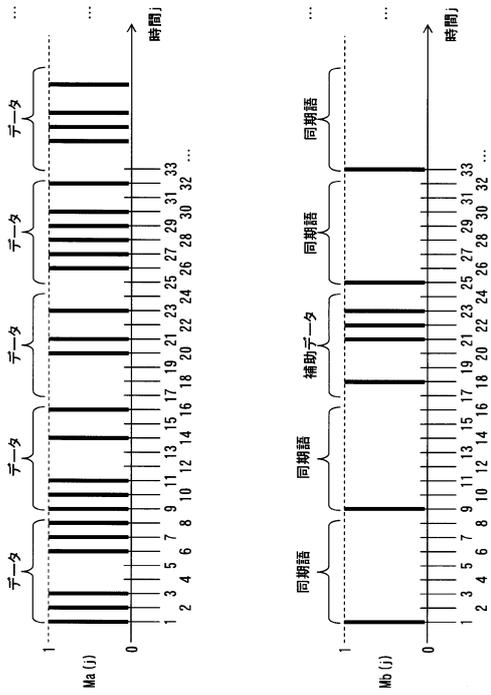
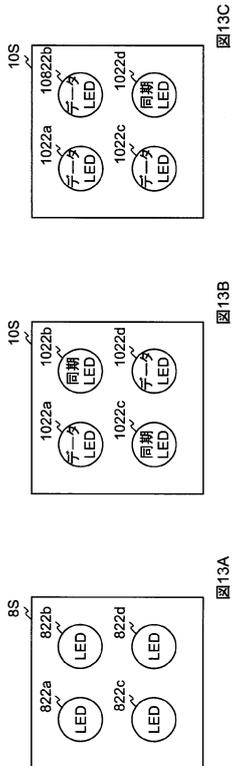
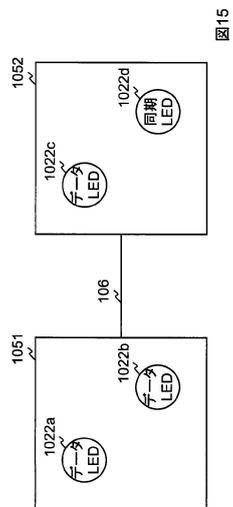


図12

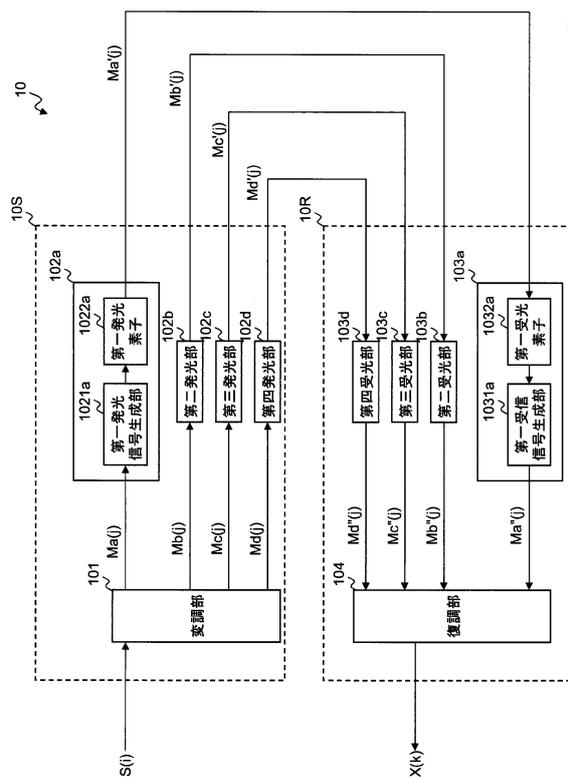
【 図 1 3 】



【 図 1 5 】



【 図 1 4 】



【 図 1 6 】

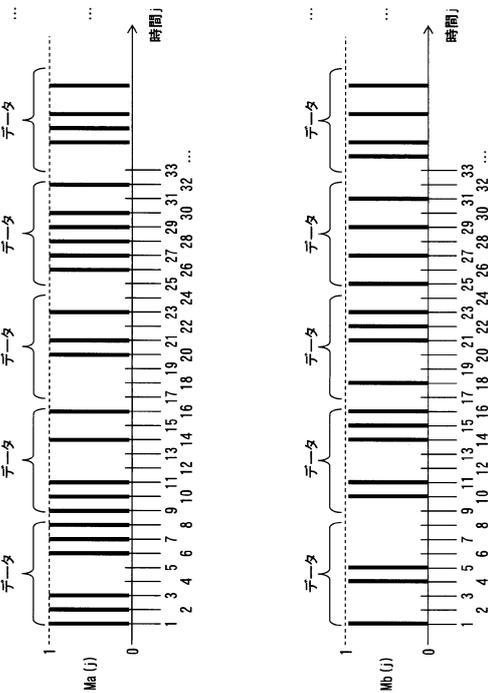


图14

图16

图13C

图13B

图13A

图15

【 17 】

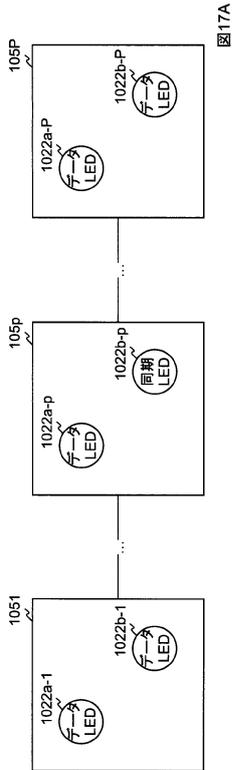


图17A

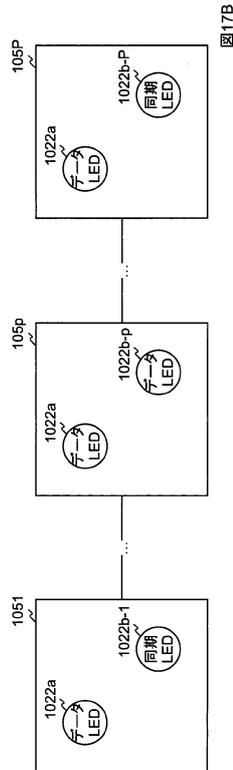


图17B

---

フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 尚  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 白木 善史  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 ガブリエル パブロ ナバ  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 特許第4885234(JP, B2)  
特開2007-295442(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| H04B | 10/54  |
| H04B | 10/116 |
| H05B | 37/02  |