

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6922795号
(P6922795)

(45) 発行日 **令和3年8月18日(2021.8.18)**

(24) 登録日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(51) Int. Cl.		F I	
HO4B 10/116 (2013.01)		HO4B 10/116	
HO4B 10/69 (2013.01)		HO4B 10/69	
HO4L 27/22 (2006.01)		HO4L 27/22	F

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2018-46779 (P2018-46779)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成30年3月14日 (2018.3.14)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2019-161484 (P2019-161484A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	令和1年9月19日 (2019.9.19)	(74) 代理人	100121706
審査請求日	令和2年6月3日 (2020.6.3)		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	木原 涉
			新潟県長岡市上富岡町1603-1 国立
			大学法人長岡技術科学大学内
		(72) 発明者	圓道 知博
			新潟県長岡市上富岡町1603-1 国立
			大学法人長岡技術科学大学内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受信装置、受信方法、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタル伝送信号を位相偏移変調した変調信号に基づく光信号に、各々異なる露光タイミングで前記光信号の2分の1周期に渡り露光する複数の受光素子の標本化器に貯まる電荷に基づいて、前記受光素子のそれぞれに対応する複数の受信信号を生成する受光部と

前記光信号と前記露光タイミングの位相差がゼロである場合の受信信号の値を正規化用受信信号値とし、生成された複数の前記受信信号の値と前記正規化用受信信号値に基づいて前記変調信号の位相を推定する復調部を含む

受信装置。

【請求項2】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記復調部は、

推定された前記位相と、送受信間の位相のずれを表す参照位相情報に基づいて、前記デジタル伝送信号を推定する

受信装置。

【請求項3】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記位相偏移変調が差動2値位相偏移変調であって、

前記復調部は、

推定された前記位相と、ひとつ前のインデックスにおいて推定された前記位相の情報に基づいて、前記デジタル伝送信号を推定する受信装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の受信装置であって、前記位相偏移変調が多値位相偏移変調である受信装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の受信装置であって、前記位相偏移変調が差動多値位相偏移変調であって、前記復調部は、

10

推定された前記位相と、ひとつ前のインデックスにおいて推定された前記位相の情報に基づいて、前記デジタル伝送信号を推定する受信装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 の何れかに記載の受信装置であって、複数の前記受光素子のうち、前記露光タイミングが近接する二つの前記受光素子において、前記露光タイミングが、前記光信号の周期の 4 分の 1 ずれている受信装置。

【請求項 7】

20

受信装置が実行する受信方法であって、デジタル伝送信号を位相偏移変調した変調信号に基づく光信号に、各々異なる露光タイミングで前記光信号の 2 分の 1 周期に渡り露光する複数の受光素子の標本化器に貯まる電荷に基づいて、前記受光素子のそれぞれに対応する複数の受信信号を生成するステップと、

前記光信号と前記露光タイミングの位相差がゼロである場合の受信信号の値を正規化用受信信号値とし、生成された複数の前記受信信号の値と前記正規化用受信信号値に基づいて前記変調信号の位相を推定するステップを含む

受信方法。

【請求項 8】

30

コンピュータを、請求項 1 から 6 の何れかに記載の受信装置として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は可視光およびその周辺帯域の電磁波を受信する受信装置、受信方法、プログラムに関する。

【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。これには可視光源として発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) の普及が進んだことが寄与している。発光ダイオードは素子 1 つあたりの発光量は白熱電球や蛍光灯などの従来の可視光源には及ばないものの、その寿命や大きさおよび消費電力の面で従来の可視光源に対して優れている。発光ダイオードは上記の特徴に加え、応答速度が非常に速いという特性を持つ。また、発光ダイオードの発光を電気的に制御することは容易である。発光ダイオード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た信号伝送に用いるための研究開発が行われている。

40

【0003】

たとえば非特許文献 1 には発光ダイオードを用いた家庭用照明器具に信号を重畳させて

50

通信を行うことが開示されている。

【0004】

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る。非特許文献2では、このことを利用して発光ダイオードを通信専用を用いることが開示されている。発光ダイオードなどの可視光源を用いて行う通信を可視光通信と呼ぶ。可視光通信では受信機としてフォトディテクタあるいはそのアレーであるイメージセンサを用いる。フォトディテクタでは通常、信号を連続的に得ることが出来る。一方で、イメージセンサは一度に大量のフォトディテクタからの信号を取得できるが、その性質上通常は周期 T_s で標本化された信号のみ取得可能である。以下、主に受光デバイスとしてイメージセンサを用いることを想定する。

10

【0005】

図1に可視光通信で使用される信号の性質を示す。まず、デジタル伝送信号 $S(i)$ (送信シンボルともいう)を位相の値に変換することにより表現し変調信号 $M(i)$ を得る。このような変調方式を位相シフト変調(位相偏移変調)という。例えば $S(i)$ が2値で表される場合、0、1のように位相の値に変換する(2値位相偏移変調、BPSK)。ここで、 i は時間を示すインデックスである。次に、変調信号 $M(i)$ に従い搬送波周波数 $1/T_c$ を持つ矩形波の位相を変更し、発光素子を駆動するための電気信号 $E(t)$ を得る。ただし、時間的に離散的な信号 $M(i)$ に対して信号 $E(t)$ は時間的に連続的な信号である。発光素子は信号 $E(t)$ に従って点灯・消灯を繰り返し光信号 $F(t)$ を出力する。時間インデックス i に相当する $E(t)$ の出力時間はインデックス i で示される時刻からある一定の遅延を加えた時刻 iT_f を基準として時刻 $iT_f - T_f/2$ から時刻 $iT_f + T_f/2$ とする。図1に示すように、インデックス i によって示される時間は時間幅 T_f を持つ。

20

【0006】

従来技術(たとえば非特許文献1)では受光素子によって捉えられた $F(t)$ にノイズが重畳した光信号 $F'(t)$ を、電気信号 $E'(t)$ に変換する。その後、 $E'(t)$ から位相信号 $M'(i)$ が推定される。理想的には $F(t)=F'(t)$ であるが、イメージセンサの性能や、伝搬遅延により変化する場合もあるのでここでは $F(t)$ と $F'(t)$ を分けて記述する。おおよそ $F(t+TL)=F'(t)$ であることが想定される。TLは伝搬遅延を表す。

【0007】

図2を参照して、可視光通信における信号のやり取りの例について説明する。図2は発光素子の点滅をイメージセンサにより受光する様子を説明する図である。送信機(発光素子)の点滅がイメージセンサ上の領域に結像するものとする。受信機は領域のすべてのフォトディテクタの出力値の合計を送信機からの受信信号としてとらえる。

30

【0008】

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ぶ。デジタル通信路ではシンボルのクロック(1つのシンボルを伝送する際に使用する時間幅)と位相を検出することが重要である。これを行うことを受信機と送信機の間でのシンボルタイミング同期という。シンボルタイミング同期は通信をしている間常に行われていることが望ましい。これは、一般に受信機と送信機の間で同じ発振器を共有する手段がないため、同期が常にずれてしまう可能性があるからである。

40

【0009】

シンボルタイミング同期を行うためには、例えば非特許文献3のようにシンボルタイミング再生回路を用いる必要がある。これは入力された2つの信号の位相差を検出しフィードバック制御をかけることで位相を同期させるものである。2つの信号のうち片方が発振器からの入力であり、もう片方が同期させたい信号である。受信機としてフォトディテクタを用いる場合、信号を連続的に得ることが出来るのでシンボルタイミング再生回路を用いることは容易である。一方でイメージセンサを用いる場合は、受信処理に用いることができる信号は標本化されたものであるため、離散時間信号となる。この場合は、シンボルタイミング再生回路によるシンボルタイミング同期を行うためにはある程度の標本化周波

50

数が必要である。

【 0 0 1 0 】

図 3 を参照して、従来技術を用いた位相偏移変調を利用する可視光通信システムの構成を説明する。同図に示すように、従来の可視光通信システム 9 は、送信装置 9 1 と受信装置 9 2 を含み、送信装置 9 1 は、変調部 9 1 1、発光部 9 1 2 を含み、発光部 9 1 2 は、発光信号制御部 9 1 2 1 と発光素子 9 1 2 2 を含む。受信装置 9 2 は、受光部 9 2 1 と、同期部 9 2 2 と、復調部 9 2 3 を含み、受光部 9 2 1 は、受光素子 9 2 1 1 と、受信信号生成部 9 2 1 2 を含み、同期部 9 2 2 は、クロック素子 9 2 2 1 と、シンボルタイミング再生回路 9 2 2 2 を含み、復調部 9 2 3 は、位相信号推定部 9 2 3 1 と、伝送信号推定部 9 2 3 2 を含む。以下、図 4 を参照して各部の入出力、動作について説明する。

10

【 0 0 1 1 】

< 変調部 9 1 1 >

入力：変調部 9 1 1 には、デジタル伝送信号 $S(i)$ の系列 $S(1), S(2), \dots$ が入力される。デジタル伝送信号 $S(i)$ は、1 ビットの情報であり、 i はデジタル伝送信号の番号を表す整数とする。

出力：変調部 9 1 1 からは、変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2), \dots$ が出力される。変調信号 $M(i)$ は 0 または 1 の値を持つ位相の情報である。また、 i は時間を表すインデックスとしても用いる。

動作：変調部 9 1 1 は、入力されたデジタル伝送信号 $S(i)$ の系列 $S(1), S(2), \dots$ を変調して変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2), \dots$ を生成する (S 9 1 1)。例えば、変調部 9 1 1 は、 $S(i) = 0$ であれば $M(i) = 0$ 、 $S(i) = 1$ であれば $M(i) = 1$ として、変調信号を生成する。

20

具体例：例えば、デジタル伝送信号 $S(i)$ の系列が $S(1)=0, S(2)=1, S(3)=1, S(4)=1, \dots$ であった場合、変調結果は $M(1)=0, M(2)=1, M(3)=1, M(4)=1, \dots$ となる。

【 0 0 1 2 】

< 発光部 9 1 2 >

上述したように、発光部 9 1 2 は、発光信号制御部 9 1 2 1 と発光素子 9 1 2 2 を含む。発光素子 9 1 2 2 は例えば LED である。

入力：発光部 9 1 2 には、変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2), \dots$ が入力される。

出力：発光部 9 1 2 からは光信号 $F(t)$ が出力される。

動作：発光部 9 1 2 の発光信号制御部 9 1 2 1 は、入力された変調信号 $M(i)$ が 0 である場合は、時刻 $iT_f - T_f/2$ から所定時間 T_f 経過した時刻 $iT_f + T_f/2$ までの間、周波数 $1/T_c$ 、位相 0 の矩形波 (電気信号) を生成して、発光素子 9 1 2 2 に与え、入力された変調信号 $M(i)$ が 1 である場合は、時刻 $iT_f - T_f/2$ から所定時間 T_f 経過した時刻 $iT_f + T_f/2$ までの間、周波数 $1/T_c$ 、位相 π の矩形波 (電気信号) を発光素子 9 1 2 2 に与える (S 9 1 2 1)。発光素子 9 1 2 2 は発光信号制御部 9 1 2 1 から与えられた電気信号により発光する (S 9 1 2 2)。これらにより、発光部 9 1 2 から光信号が出力される。ただし、発光信号制御部 9 1 2 1 が生成する電気信号は発光素子の性能や特性を考慮し、発光素子の光信号 $F(t)$ が所望の値になるように制御されているものとする。

30

【 0 0 1 3 】

< 受光部 9 2 1 >

上述したように受光部 9 2 1 は、受光素子 9 2 1 1 と受信信号生成部 9 2 1 2 を含む。受光素子 9 2 1 1 は、たとえばフォトディテクタである。また、受光素子 9 2 1 1 の前段に光学レンズを設けてもよい。受光素子 9 2 1 1 はフォトディテクタを格子状に並べたイメージセンサでもよい。

40

入力：受光部 9 2 1 には、発光部 9 1 2 から出力された光信号 $F(t)$ が入力される。

出力：受光部 9 2 1 からは、時間的に連続な受信信号 $E''(t)$ が出力される。

動作：受光部 9 2 1 の受光素子 9 2 1 1 は、入力された光信号 $F(t)$ に対応する電気信号 $E'(t)$ を受信信号生成部 9 2 1 2 に対して出力する (S 9 2 1 1)。受光部 9 2 1 の受信信号生成部 9 2 1 2 は入力された電気信号 $E'(t)$ に基づいて受信信号 $E''(t)$ を同期部 9 2 2、復調部 9 2 3 に対して出力する (S 9 2 1 2)。

50

【 0 0 1 4 】

< 同期部 9 2 2 >

上述したように同期部 9 2 2 は、クロック素子 9 2 2 1 とシンボルタイミング再生回路 9 2 2 2 を含む。

入力：同期部 9 2 2 には、受光部 9 2 1 から出力された受信信号 $E''(t)$ が入力される。

出力：同期部 9 2 2 からは、位相の情報、周波数の情報が出力される。

動作：同期部 9 2 2 のクロック素子 9 2 2 1 はクロック情報を出力する (S 9 2 2 1) 。同期部 9 2 2 のシンボルタイミング再生回路 9 2 2 2 はクロック素子 9 2 2 1 から入力されたクロック情報と、入力された受信信号 $E''(t)$ に基づいて、2 つの信号の位相差を検出してフィードバック制御をかけて、位相を同期し、位相の情報、周波数の情報を出力する (S 9 2 2 2) 。

10

【 0 0 1 5 】

< 復調部 9 2 3 >

上述したように復調部 9 2 3 は、位相信号推定部 9 2 3 1 と、伝送信号推定部 9 2 3 2 を含む。位相信号推定部 9 2 3 1 、伝送信号推定部 9 2 3 2 はメモリ、演算装置などからなる。

入力：復調部 9 2 3 には、受光部 9 2 1 から出力された受信信号 $E''(t)$ と、同期部 9 2 2 から出力された位相の情報、周波数の情報が入力される。

出力：復調部 9 2 3 からは、推定結果 $S'(i)$ が出力される。

動作：復調部 9 2 3 の位相信号推定部 9 2 3 1 は受信信号 $E''(t)$ と、位相の情報、周波数の情報を用いて、位相信号 $M'(i)$ を生成する (S 9 2 3 1) 。復調部 9 2 3 の伝送信号推定部 9 2 3 2 は、位相信号 $M'(i)$ に基づいてデジタル伝送信号を推定し推定結果 $S'(i)$ を出力する (S 9 2 3 2) 。

20

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 1 6 】

【 非特許文献 1 】小峯敏彦、田中裕一、中川正雄、「白色 L E D 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 C S 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

30

【 非特許文献 3 】Bertrand, C.; Sehier, P.; , "A novel approach for full digital modems implementing asynchronous sampling techniques," Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM '96. 'Communications: The Key to Global Prosperity , vol.2, no., pp.1320 1324 vol.2, 18 22 Nov 1996

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 7 】

上述したシステムでは位相の復調に必要な標本化周波数は搬送波周波数の 2 倍以上大きな周波数となる。一方で、イメージセンサは一般的に一度の撮像で得られる画素数と時間当たりの撮像回数、すなわち標本化周波数、の積の上限が一定に制約されている。したがって、上記のようなシステムの受光部としてイメージセンサを用いて、復調のために大きな標本化周波数を採用した場合には、一度の標本化で得られる画素数を犠牲にせざるを得なくなる。

40

【 0 0 1 8 】

そこで本発明は、一度の標本化で得られる画素数を犠牲にすることなく、位相偏移変調信号を受信できる受信装置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 】

【 0 0 1 9 】

50

本発明の受信装置は、受光部と、復調部を含む。受光部は、デジタル伝送信号を位相偏移変調した変調信号に基づく光信号に、各々異なる露光タイミングで光信号の2分の1周期に渡り露光する複数の受光素子の標本化器に貯まる電荷に基づいて、受光素子のそれぞれに対応する複数の受信信号を生成する。復調部は、光信号と露光タイミングの位相差がゼロである場合の受信信号の値を正規化用受信信号値とし、生成された複数の受信信号の値と正規化用受信信号値に基づいて変調信号の位相を推定する。

【発明の効果】

【0020】

本発明の受信装置によれば、一度の標本化で得られる画素数を犠牲にすることなく、位相偏移変調信号を受信できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】デジタル伝送信号を、変調信号、電気信号、光信号に順次変換した例を示す図。

【図2】発光素子の点滅をイメージセンサにより受光する様子を説明する図。

【図3】従来の可視光通信システム9の構成を示すブロック図。

【図4】従来の可視光通信システム9の動作を示すシーケンス図。

【図5】実施例1の可視光通信システム1の構成を示すブロック図。

【図6】実施例1の可視光通信システム1の動作を示すシーケンス図。

【図7】実施例2の可視光通信システム2の構成を示すブロック図。

【図8】実施例2の可視光通信システム2の動作を示すシーケンス図。

【図9】実施例3の可視光通信システム3の構成を示すブロック図。

【図10】実施例3の可視光通信システム3の動作を示すシーケンス図。

【図11】実施例4の可視光通信システム4の構成を示すブロック図。

【図12】実施例4の可視光通信システム4の動作を示すシーケンス図。

【図13】第1受光素子と第2受光素子の露光タイミングの違いを示す図。

【図14】相対位相の変化に伴う第1受光素子により観測される画素値の変化の例を示す図。

【図15】第1の受光素子による画素値を横軸、第2の受光素子による画素値を縦軸とした理論軌跡を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。なお、同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

【実施例1】

【0023】

以下、図5を参照して実施例1の可視光通信システムの構成を説明する。なお本実施例では、変調方式は2値位相偏移変調、露光時間は $T_c/2$ であるものとする。また、本実施例では、 T_f はシンボルレートと一致している。例えば、1000bit/sの通信が必要であれば、 $T_f=1/1000$ である。また、 T_s も $1/1000$ に設定することで、送受信間で時間のインデックス i を共通にすることができる。搬送波の周期 T_c は通常 T_f の整数倍に設定する。また、本実施例では露光時間は T_c の半分とする。

【0024】

同図に示すように、本実施例の可視光通信システム1は、送信装置91と受信装置12を含み、送信装置91は、従来の可視光通信システム9における送信装置91と同じである。受信装置12は、受光部121と、復調部123を含み、受光部121は、第1受光素子1211と、第2受光素子1212と、第1受信信号生成部1213と、第2受信信号生成部1214を含み、復調部123は、位相信号推定部1231と、伝送信号推定部1232を含む。

【0025】

10

20

30

40

50

以下、図 6 を参照して従来と異なる各部の入出力、動作について説明する。

< 受光部 1 2 1 >

上述したように本実施例では、受光部 1 2 1 は、受光素子と受信信号生成部の組を 2 組含む構成であるが、受光素子と受信信号生成部の組は 2 組に限定されない。受光部 1 2 1 の動作を一般的に表現すると以下のように表現できる。受光部 1 2 1 は、デジタル伝送信号 $S(i)$ を位相偏移変調した変調信号 $M(i)$ に基づく光信号 $F1(t), F2(t), \dots$ に、各々異なる露光タイミングで光信号 $F1(t), F2(t), \dots$ の 2 分の 1 周期に渡り露光する複数の受光素子の標本化器に貯まる電荷に基づいて、受光素子のそれぞれに対応する複数の受信信号 $B1'(t), B2'(t), \dots$ を生成する (S 1 2 1)。

【 0 0 2 6 】

以下、図 6 を参照し、受光素子と受信信号生成部の組を 2 組含む前提として、受光部 1 2 1 の動作を詳細に説明する。従来技術と同様に、第 1、第 2 受光素子 1 2 1 1、1 2 1 2 は、たとえばフォトディテクタである。また、第 1、第 2 受光素子 1 2 1 1、1 2 1 2 の前段に光学レンズを設けてもよい。さらに、第 1、第 2 受光素子 1 2 1 1、1 2 1 2 はフォトディテクタを格子状に並べたイメージセンサでもよい。第 1、第 2 受信信号生成部 1 2 1 3、1 2 1 4 は標本化素子及びメモリ、演算装置などからなる。

入力：受光部 1 2 1 には、発光部 9 1 2 から出力された第 1 光信号 $F1'(t)$ 、第 2 光信号 $F2'(t)$ が入力される。

出力：受光部 1 2 1 からは、第 1 受信信号 $B1'(i)$ の系列 $B1'(1), B1'(2)$ 、および第 2 受信信号 $B2'(i)$ の系列 $B2'(1), B2'(2)$ 、が出力される。

動作：受光部 1 2 1 の第 1 受光素子 1 2 1 1 は、入力された第 1 光信号 $F1'(t)$ に対応する第 1 電気信号 $E1'(t)$ を第 1 受信信号生成部 1 2 1 3 に対して出力する (S 1 2 1 1)。第 1 受光素子 1 2 1 1 がイメージセンサの場合、具体的には図 1 3 のように、各フォトディテクタは時刻 $Tl+iTs Ts/2$ から $Tl+iTs Ts/2+$ までに標本化器にたまった電荷を測定する。ただし、 Tl は相対位相 (オフセット)、 iTs は、 i 番目のシンボルの中心にあたる時刻、 $iTs Ts/2$ は i 番目のシンボルの先頭にあたる時刻、 Ts は露光時間である。

【 0 0 2 7 】

同様に、受光部 1 2 1 の第 2 受光素子 1 2 1 2 は、入力された第 2 光信号 $F2'(t)$ に対応する第 2 電気信号 $E2'(t)$ を第 2 受信信号生成部 1 2 1 4 に対して出力する (S 1 2 1 2)。第 2 受光素子 1 2 1 2 がイメージセンサの場合、具体的には図 1 3 のように、各フォトディテクタは時刻 $Tl+iTs Ts/2+Tc/4$ から $Tl+iTs Ts/2+ Tc/4$ までに標本化器にたまった電荷を測定する。 $Tc/4$ は、第 1 受光素子 1 2 1 1 と、第 2 受光素子 1 2 1 2 の露光タイミングのずれを表し、搬送波の周期 Tc の 4 分の 1 である。

【 0 0 2 8 】

第 1 受信信号生成部 1 2 1 3 は、入力された第 1 電気信号 $E1'(t)$ の強度を時間間隔 Ts 毎に計測し、第 1 受信信号 $B1'(i)$ として出力する (S 1 2 1 3)。第 1 受光素子 1 2 1 1 がイメージセンサの場合、第 1 受信信号生成部 1 2 1 3 は、予め定められた範囲 にわたって電荷の測定結果の和をとり、測定結果の和を第 1 受信信号 $B1'(i)$ として出力する (S 1 2 1 3)。同様に、第 2 受信信号生成部 1 2 1 4 は、入力された第 2 電気信号 $E2'(t)$ の強度を時間間隔 Ts 毎に計測し、第 2 受信信号 $B2'(i)$ として出力する (S 1 2 1 4)。第 2 受光素子 1 2 1 2 がイメージセンサの場合、第 2 受信信号生成部 1 2 1 4 は予め定められた範囲 にわたって電荷の測定結果の和をとり、測定結果の和を第 2 受信信号 $B2'(i)$ として出力する (S 1 2 1 4)。

【 0 0 2 9 】

< 復調部 1 2 3 >

上述したように復調部 1 2 3 は、位相信号推定部 1 2 3 1 と、伝送信号推定部 1 2 3 2 を含む。位相信号推定部 1 2 3 1 はメモリ、演算装置などからなる。また、復調部 1 2 3 のメモリには、内部状態として参照位相情報 Ml' が記憶される (後述)。

【 0 0 3 0 】

復調部 1 2 3 の動作を一般的に表現すると以下のように表現できる。復調部 1 2 3 は、

10

20

30

40

50

光信号 $F1(t), F2(t), \dots$ と露光タイミングの位相差がゼロである場合の受信信号の値を正規化用受信信号値 $R1, R2, \dots$ とし、生成された複数の受信信号の値と正規化用受信信号値 $R1, R2, \dots$ に基づいて変調信号の位相を推定する（S123）。以下、図6を参照し、受光素子と受信信号生成部の組を2組含む前提として、復調部123の動作を詳細に説明する。

入力：復調部123には、受光部121から第1受信信号 $B1'(i)$ の系列、および第2受信信号 $B2'(i)$ の系列が入力される。

出力：復調部123からは、推定結果 $S'(i)$ が出力される。

動作：復調部123の位相信号推定部1231は、第1受信信号 $B1'(i)$ の系列、および第2受信信号 $B2'(i)$ の系列に基づいて、相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ を生成し、出力する（S1231）。

10

【0031】

具体的には、位相信号推定部1231は、第1受信信号 $B1'(i)$ および第2受信信号 $B2'(i)$ のそれぞれについて、露光タイミングと搬送波の位相差が0であるときの受信信号の値を正規化用受信信号値 $R1, R2$ として予め保持している（図14参照、同図における $T1=0$ のときの輝度値（画素値）を $R1$ とする）。これらの正規化用受信信号値は何らかのかたちで外部から与えるか、予め推定しておくものとする。位相信号推定部1231は第1受信信号 $B1'(i)$ および第2受信信号 $B2'(i)$ に基づいて、図13のように受信信号の相対的な位相を推定し、相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ として出力する。

【0032】

20

通常、位相信号推定部1231は、ある程度の数（=LLとする）の $B1'(i)$ と $B2'(i)$ の組を使って位相の推定を行う。この時出力される相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の数はやはりLLである。上記の相対的な位相の推定は具体的には下記の数式（式1）によって実行することができる。

【0033】

【数1】

$M'(i) =$

$$\begin{cases} \pi(1 - B1''(i)), & (B1''(i) > 0.5, B2''(i) > 0.5) \\ \pi\left(\frac{3}{2} - B2''(i)\right), & (B1''(i) \leq 0.5, B2''(i) > 0.5) \\ \pi(1 + B1''(i)), & (B1''(i) \leq 0.5, B2''(i) \leq 0.5) \\ \pi\left(\frac{3}{2} + B2''(i)\right), & (B1''(i) > 0.5, B2''(i) \leq 0.5) \end{cases} \quad (\text{式1})$$

【0034】

ただし、 $B1''(i)$ は、 $B1'(i)$ を $R1$ で、 $B2''(i)$ は、 $B2'(i)$ を $R2$ で割ることによって正規化した値である。

【0035】

復調部123の伝送信号推定部1232は相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の系列から下記のように最小二乗法などを用いて0または1のシンボルの系列 $S'(i)$ を推定する（S1232）。具体的には以下の数式（式2）に基づく操作を行う。

40

【0036】

【数2】

$$S'(i) = \arg \min_{S \in \{0,1\}} (g \bmod(M'(i) - MS', \pi) - \pi S)^2 \quad (\text{式2})$$

【0037】

ただし、演算子 $g \bmod(\quad , \quad)$ は

【0038】

【数 3】

$$g \bmod(\theta, \pi) = \begin{cases} \theta, & (-\pi/2 \leq \theta < 3\pi/2) \\ \theta - 2\pi, & (3\pi/2 \leq \theta < 2\pi) \\ \theta + 2\pi, & (-2\pi \leq \theta < -\pi/2) \end{cases}$$

【0039】

を意味する。上記のようにM'(i)は相対的な位相の情報のみを持つため、伝送信号推定部1232は別途参照位相情報MI'(送受信間の位相のずれを表す情報)を内部的に保持する必要がある。MI'は符号S(i)が0である場合に観測される位相を保持する。たとえば、MI'が0である場合、M'(1)=0、M'(2)= π 、M'(3)= 2π 、M'(4)= 3π であれば、伝送信号推定部1232は系列S'(1)=0、S'(2)=1、S'(3)=1、S'(4)=1を出力する。MI'が π である場合、M'(1)=0、M'(2)= 2π 、M'(3)= 3π 、M'(4)= 4π であれば、伝送信号推定部1232は系列S'(1)=1、S'(2)=0、S'(3)=0、S'(4)=0を出力する。

10

【実施例2】

【0040】

以下、図7を参照して実施例2の可視光通信システムの構成を説明する。なお本実施例では、変調方式は差動2値位相偏移変調(DBPSK)、露光時間 $T_c/2$ であるものとする。同図に示すように、本実施例の可視光通信システム2は、送信装置21と受信装置22を含み、送信装置21は、変調部211と、発光部912を含み、発光部912は従来の送信装置91における発光部912と同じである。受信装置22は、受光部121と、復調部223を含み、受光部121は、実施例1の受信装置12における受光部121と同じである。復調部223は、位相信号推定部1231と、伝送信号推定部2232を含み、位相信号推定部1231は、実施例1の受信装置12における位相信号推定部1231と同じである。以下、図8を参照して従来および実施例1と異なる各部の入出力、動作について説明する。

20

【0041】

<変調部211>

変調部211はメモリ、演算装置などからなる。変調部211のメモリには、内部状態MI(i)が記憶される。MI(i)は0度または π 度の位相の情報である。

30

入力：変調部211には、デジタル伝送信号S(i)の系列S(1),S(2),...が入力される。デジタル伝送信号S(i)は、1ビットの情報であり、iはデジタル伝送信号の番号を表す整数とする。

出力：変調部211からは、変調信号M(i)の系列M(1),M(2),...が出力される。変調信号M(i)は0度または π 度の値を持つ位相の情報である。また、iは時間を表すインデックスとしても用いる。

動作：変調部211は、デジタル伝送信号S(i)が0であり内部状態MI(i-1)が0であればM(i)を0として変調信号を生成し、内部状態MI(i)を0とする。また、変調部211は、デジタル伝送信号S(i)が1であり内部状態MI(i-1)が0であればM(i)を π として変調信号を生成し、内部状態MI(i)を π とする。また、変調部211は、デジタル伝送信号S(i)が0であり、内部状態MI(i-1)が π であればM(i)を π として変調信号を生成し、内部状態MI(i)を π とする。また、変調部211は、デジタル伝送信号S(i)が1であり内部状態MI(i-1)が π であればM(i)を0として変調信号を生成し、内部状態MI(i)を0とする(S211)。

40

【0042】

例えば変調部211は、デジタル伝送信号の系列がS(1)=0、S(2)=1、S(3)=1、S(4)=1、 π であり、初期の内部状態MI(0)が0であった場合、M(1)=0、M(2)= π 、M(3)=0、M(4)= π として変調信号を生成し、各インデックスの内部状態をMI(1)=0、MI(2)= π 、MI(3)=0、M(4)= π とする。

【0043】

<復調部223>

50

復調部 2 2 3 はメモリ、演算装置などからなる。復調部 2 2 3 のメモリには、内部状態 $MI'(i)$ が記憶される。 $MI'(i)$ は、ひとつ前のインデックス $(i-1)$ において推定された位相の情報を表す（後述）。

入力：復調部 2 2 3 には、第 1 受信信号 $B1'(i)$ の系列、第 2 受信信号 $B2'(i)$ の系列が入力される。

出力：復調部 2 2 3 からは、シンボルの系列 $S'(i)$ （推定結果）が出力される。

動作：復調部 2 2 3 の伝送信号推定部 2 2 3 2 は相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の系列を受け取り、シンボルの系列 $S'(i)$ を出力する（S 2 2 3 2）。また、伝送信号推定部 2 2 3 2 は内部状態 $MI'(i)$ を持つ。具体的には、伝送信号推定部 2 2 3 2 は相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の系列から下記のように最小二乗法などを用いて 0 または 1 のシンボルの系列 $S'(i)$ を推定する。具体的には以下の数式（式 3）に基づく操作を行う。

【 0 0 4 4 】

【数 4】

$$S'(i) = \arg \min_{S \in \{0,1\}} (g \bmod (M'(i) - MI'(i), \pi) - \pi S)^2 \quad (\text{式}3)$$

【 0 0 4 5 】

$MI'(i)$ はひとつ前のインデックス $(i-1)$ において推定された位相の情報 $MI'(i-1)$ の位相情報を記録する。 $M'(i)$ と $MI'(i)$ との差の絶対値が 未満であれば 0、 以上であれば 1 を出力とする。たとえば、 $MI'(0)$ が 0 である場合、 $M'(1)=0$ 、 $M'(2)=$ 、 $M'(3)=$ 、 $M'(4)=$ 、 であれば、伝送信号推定部 2 2 3 2 は系列 $S'(1)=0$ 、 $S'(2)=1$ 、 $S'(3)=0$ 、 $S'(4)=1$ 、 を出力する。 $MI'(0)$ が である場合、 $M'(1)=0$ 、 $M'(2)=$ 、 $M'(3)=$ 、 $M'(4)=$ 、 であれば、伝送信号推定部 2 2 3 2 は系列 $S'(1)=1$ 、 $S'(2)=1$ 、 $S'(3)=0$ 、 $S'(4)=0$ 、 を出力する。

【実施例 3】

【 0 0 4 6 】

以下、図 9 を参照して実施例 3 の可視光通信システムの構成を説明する。なお本実施例では、変調方式は多値位相偏移変調（M PSK）、露光時間 $=Tc/2$ であるものとする。同図に示すように、本実施例の可視光通信システム 3 は、送信装置 3 1 と受信装置 3 2 を含み、送信装置 3 1 は、変調部 3 1 1 と、発光部 9 1 2 を含み、発光部 9 1 2 は従来の送信装置 9 1 における発光部 9 1 2 と同じである。受信装置 3 2 は、受光部 1 2 1 と、復調部 3 2 3 を含み、受光部 1 2 1 は、実施例 1 の受信装置 1 2 における受光部 1 2 1 と同じである。復調部 3 2 3 は、位相信号推定部 1 2 3 1 と、伝送信号推定部 3 2 3 2 を含み、位相信号推定部 1 2 3 1 は、実施例 1 の受信装置 1 2 における位相信号推定部 1 2 3 1 と同じである。以下、図 1 0 を参照して従来および実施例 1 と異なる各部の入出力、動作について説明する。

【 0 0 4 7 】

< 変調部 3 1 1 >

変調部 3 1 1 はメモリ、演算装置などからなる。変調部 3 1 1 のメモリには、階調情報 G が記憶される。

入力：変調部 3 1 1 には、デジタル伝送信号 $S(i)$ の系列 $S(1), S(2),$ が入力される。デジタル伝送信号 $S(i)$ は、 $\log_2(G)$ ビットの情報であり、 i はデジタル伝送信号の番号を表す整数とする。

出力：変調部 3 1 1 からは、変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2),$ が出力される。変調信号 $M(i)$ は 0 度、 $2^* / G^* 1$ 、 $2^* / G^* 2$ 、 $2^* / G^* (G-1)$ の値を持つ位相の情報である。また、 i は時間を表すインデックスとしても用いる。

動作：変調部 3 1 1 は、入力されたデジタル伝送信号 $S(i)$ の系列の変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2),$ の変調信号の系列を生成する。 $S(i)$ が L であれば変調部 3 1 1 は、 $M(i)$ を $2^* / G^* L$ として変調信号を生成する（S 3 1 1）。

【 0 0 4 8 】

例えば変調部 3 1 1 は、 $G=4$ であるとき、デジタル伝送信号の系列が $S(1)=0$ 、 $S(2)=3$

、 $S(3)=2$ 、 $S(4)=1$ 、であった場合、 $M(1)=0$ 、 $M(2)=3^*/2$ 、 $M(3)=$ 、 $M(4)=/2$ 、として変調信号を生成する。

【 0 0 4 9 】

< 復調部 3 2 3 >

復調部 3 2 3 はメモリ、演算装置などからなる。復調部 3 2 3 のメモリには、内部状態として参照位相情報 MI' が記憶される。

入力：復調部 3 2 3 には、第 1 受信信号 $B1'(i)$ の系列、第 2 受信信号 $B2'(i)$ の系列が入力される。

出力：復調部 3 2 3 からは、シンボルの系列 $S'(i)$ (推定結果) が出力される。

動作：復調部 3 2 3 の伝送信号推定部 3 2 3 2 は相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の系列を受け取り、シンボルの系列 $S'(i)$ を出力する ($S 3 2 3 2$)。また、伝送信号推定部 3 2 3 2 は内部状態として参照位相情報 MI' を持つ。具体的には、伝送信号推定部 3 2 3 2 は相対的な位相の推定結果 $M'(i)$ の系列から下記のように最小二乗法などを用いて $0 \sim G-1$ のシンボルの系列 $S'(i)$ を推定する。具体的には以下の数式 (式 4) に基づく操作を行う。

【 0 0 5 0 】

【 数 5 】

$$S'(i) = \arg \min_{S \in \{0,1,2,\dots,G-1\}} (g \bmod(M'(i) - MI', 2\pi/G) - 2\pi S/G)^2 \quad (\text{式 4})$$

【 0 0 5 1 】

ただし、演算子 $g \bmod(\cdot, 2\pi/G)$ は

【 0 0 5 2 】

【 数 6 】

$$g \bmod(\theta, 2\pi/G) = \begin{cases} \theta, & (-\pi/G \leq \theta < (2G-1)\pi/G) \\ \theta - 2\pi, & ((2G-1)\pi/G \leq \theta < 2\pi) \\ \theta + 2\pi, & (-2\pi \leq \theta < -\pi/G) \end{cases}$$

【 0 0 5 3 】

を意味する。上記のように $M'(i)$ は相対的な位相の情報のみを持つため、伝送信号推定部 3 2 3 2 は別途参照位相情報 MI' を内部的に保持する必要がある。 MI' は符号 $S(i)$ が 0 である場合に観測される位相を保持する。たとえば、 MI' が 0 である場合、 $M'(1)=0$ 、 $M'(2)=3^*/2$ 、 $M'(3)=$ 、 $M'(4)=/2$ 、であれば、伝送信号推定部 3 2 3 2 は系列 $S'(1)=0$ 、 $S'(2)=3$ 、 $S'(3)=2$ 、 $S'(4)=1$ 、を出力する。 MI' が である場合、 $M'(1)=0$ 、 $M'(2)=3^*/2$ 、 $M'(3)=$ 、 $M'(4)=/2$ 、であれば、伝送信号推定部 3 2 3 2 は系列 $S'(1)=2$ 、 $S'(2)=1$ 、 $S'(3)=0$ 、 $S'(4)=3$ 、を出力する。

【 実施例 4 】

【 0 0 5 4 】

以下、図 1 1 を参照して実施例 4 の可視光通信システムの構成を説明する。なお本実施例では、変調方式は差動多値位相偏移変調 (DM PSK)、露光時間 $=Tc/2$ であるものとする。同図に示すように、本実施例の可視光通信システム 4 は、送信装置 4 1 と受信装置 4 2 を含み、送信装置 4 1 は、変調部 4 1 1 と、発光部 9 1 2 を含み、発光部 9 1 2 は従来の送信装置 9 1 における発光部 9 1 2 と同じである。受信装置 4 2 は、受光部 1 2 1 と、復調部 4 2 3 を含み、受光部 1 2 1 は、実施例 1 の受信装置 1 2 における受光部 1 2 1 と同じである。復調部 4 2 3 は、位相信号推定部 1 2 3 1 と、伝送信号推定部 4 2 3 2 を含み、位相信号推定部 1 2 3 1 は、実施例 1 の受信装置 1 2 における位相信号推定部 1 2 3 1 と同じである。以下、図 1 2 を参照して従来および実施例 1 と異なる各部の入出力、動作について説明する。

【 0 0 5 5 】

< 変調部 4 1 1 >

変調部 4 1 1 はメモリ、演算装置などからなる。変調部 4 1 1 のメモリには、階調情報

10

20

30

40

50

Gが記憶される。また、変調部411のメモリには、内部状態MI(i)が記憶される。MI(i)は0度、 $2\pi/G$ 、 $2\pi/G \times 2$ 、 $2\pi/G \times (G-1)$ のいずれかの位相の情報である。

入力：変調部411には、デジタル伝送信号S(i)の系列S(1),S(2),...が入力される。デジタル伝送信号S(i)は、 $\log_2(G)$ ビットの情報であり、iはデジタル伝送信号の番号を表す整数とする。

出力：変調部411からは、変調信号M(i)の系列M(1),M(2),...が出力される。変調信号M(i)は0度、 $2\pi/G$ 、 $2\pi/G \times 2$ 、 $2\pi/G \times (G-1)$ の値を持つ位相の情報である。また、iは時間を表すインデックスとしても用いる。

動作：変調部411は、入力されたデジタル伝送信号S(i)の系列の変調信号M(i)の系列M(1),M(2),...の変調信号の系列を生成する。S(i)がLで、MI(i)がL'であれば、 $2\pi/G \times L' + 2\pi/G \times L$ として変調信号M(i)を生成する。ただし、 $2\pi/G \times L' + 2\pi/G \times L$ が 2π より大きい場合は $2\pi/G \times L' + 2\pi/G \times L - 2\pi$ として変調信号M(i)を生成する(S411)。

【0056】

例えば変調部411は、G=4かつMI(0)= $\pi/2$ であるとき、デジタル伝送信号の系列がS(1)=0、S(2)=3、S(3)=2、S(4)=1、...であった場合、M(1)= $\pi/2$ 、M(2)=0、M(3)= $3\pi/2$ 、...として変調信号を生成する。

【0057】

<復調部423>

復調部423はメモリ、演算装置などからなる。復調部423のメモリには、内部状態として位相情報MI'(i)が記憶される。

入力：復調部423には、第1受信信号B1'(i)の系列、第2受信信号B2'(i)の系列が入力される。

出力：復調部423からは、シンボルの系列S'(i)（推定結果）が出力される。

動作：復調部423の伝送信号推定部4232は相対的な位相の推定結果M'(i)の系列を受け取り、シンボルの系列S'(i)を出力する(S4232)。また、伝送信号推定部4232は内部状態として位相情報MI'(i)を持つ。具体的には、伝送信号推定部4232は相対的な位相の推定結果M'(i)の系列から下記のように最小二乗法などを用いて0~G-1のシンボルの系列S'(i)を推定する。具体的には以下の数式(式5)に基づく操作を行う。

【0058】

【数7】

$$S'(i) = \arg \min_{S \in \{0,1,2,\dots,G-1\}} (g \bmod(M'(i) - MI'(i), 2\pi/G) - \pi S/G)^2 \quad (式5)$$

【0059】

MI'(i)はM'(i-1)の位相情報を記録する。たとえば、MI'(0)が $\pi/2$ である場合、M'(1)=0、M'(2)= π 、M'(3)= $3\pi/2$ 、M'(4)= $\pi/2$ 、...であれば、伝送信号推定部4232は系列S'(1)=3、S'(2)=2、S'(3)=1、S'(4)=2、...を出力する。

【0060】

[変形例1]

実施例1~4では受光素子と受信信号生成部の数はそれぞれ2つであったが、これを3つ以上にしてもよい。この場合も露光タイミングが近接する2つの受光素子において露光タイミングを搬送波周期Tcの4分の1ずらすことで、実施例1~4と同様に位相の推定を第1受光素子および第2受光素子の間、第2受光素子および第3受光素子の間、第3受光素子および第4受光素子の間でそれぞれ行うことにより、ノイズ耐性を増すことができる。

【0061】

[変形例2]

実施例1~4において位相信号推定部1231は位相を式1を用いて推定したが、この前段の処理として、図15に示すように、予め期待される受信信号の値に最小二乗法等によって写像したのちにこれを行ってもよい。

【0062】

10

20

30

40

50

[変形例 3]

送信装置が複数（H個）ある場合でも、実施例 1 ~ 4 に記載したシステムを適用することが出来る。この場合は、実施例 1 ~ 4 の受信信号生成部、復調部を複数用意すればよい。この場合は復調信号の推定はそれぞれの送信装置に対応して実行される。

【 0 0 6 3 】

< 補記 >

本発明の装置は、例えば単一のハードウェアエンティティとして、キーボードなどが接続可能な入力部、液晶ディスプレイなどが接続可能な出力部、ハードウェアエンティティの外部に通信可能な通信装置（例えば通信ケーブル）が接続可能な通信部、CPU（Central Processing Unit、キャッシュメモリやレジスタなどを備えていてもよい）、メモリ
10
であるRAMやROM、ハードディスクである外部記憶装置並びにこれらの入力部、出力部、通信部、CPU、RAM、ROM、外部記憶装置の間のデータのやり取りが可能なように接続するバスを有している。また必要に応じて、ハードウェアエンティティに、CD-ROMなどの記録媒体を読み書きできる装置（ドライブ）などを設けることとしてもよい。このようなハードウェア資源を備えた物理的実体としては、汎用コンピュータなどがある。

【 0 0 6 4 】

ハードウェアエンティティの外部記憶装置には、上述の機能を実現するために必要となるプログラムおよびこのプログラムの処理において必要となるデータなどが記憶されている（外部記憶装置に限らず、例えばプログラムを読み出し専用記憶装置であるROMに記憶
20
させておくこととしてもよい）。また、これらのプログラムの処理によって得られるデータなどは、RAMや外部記憶装置などに適宜に記憶される。

【 0 0 6 5 】

ハードウェアエンティティでは、外部記憶装置（あるいはROMなど）に記憶された各プログラムとこの各プログラムの処理に必要なデータが必要に応じてメモリに読み込まれて、適宜にCPUで解釈実行・処理される。その結果、CPUが所定の機能（上記、部
手段などと表した各構成要件）を実現する。

【 0 0 6 6 】

本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で
30
適宜変更が可能である。また、上記実施形態において説明した処理は、記載の順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にあるいは個別に実行されるとしてもよい。

【 0 0 6 7 】

既述のように、上記実施形態において説明したハードウェアエンティティ（本発明の装置）における処理機能をコンピュータによって実現する場合、ハードウェアエンティティが有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記ハードウェアエンティティにおける処理機能が
コンピュータ上で実現される。

【 0 0 6 8 】

この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録
40
しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等のようなものでもよい。具体的には、例えば、磁気記録装置として、ハードディスク装置、フレキシブルディスク、磁気テープ等を、光ディスクとして、DVD（Digital Versatile Disc）、DVD-RAM
（Random Access Memory）、CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）、CD-R
（Recordable）/RW（ReWritable）等を、光磁気記録媒体として、MO（Magneto Optical disc）等を、半導体メモリとしてEEP-ROM（Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory）等を用いることができる。

【 0 0 6 9 】

また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-R
50

OM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

【0070】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記録媒体に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの(コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等)を含むものとする。

【0071】

また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、ハードウェアエンティティを構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

【図1】

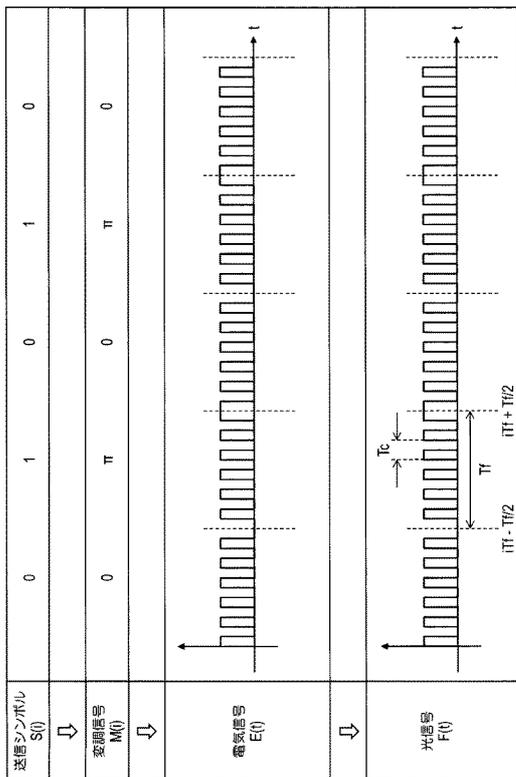


図1

【図2】

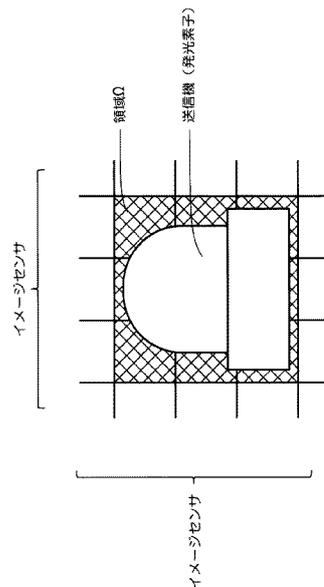


図2

【図3】

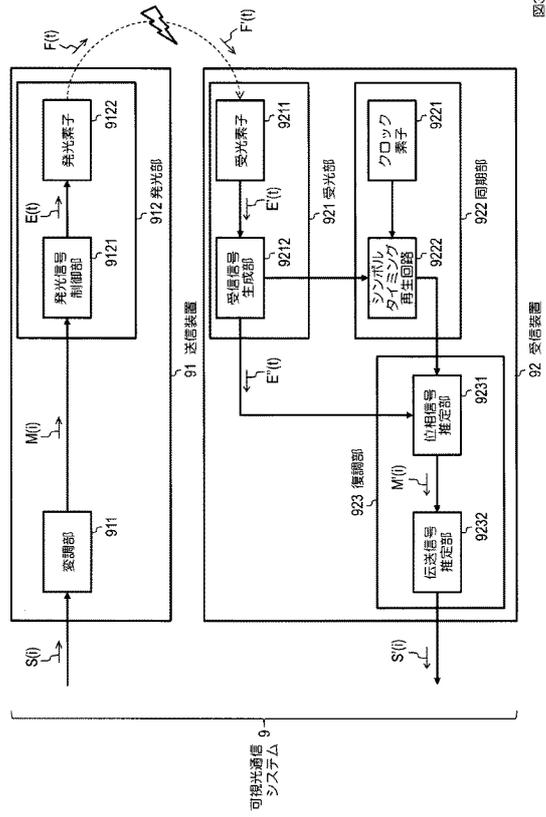


図3

【図4】

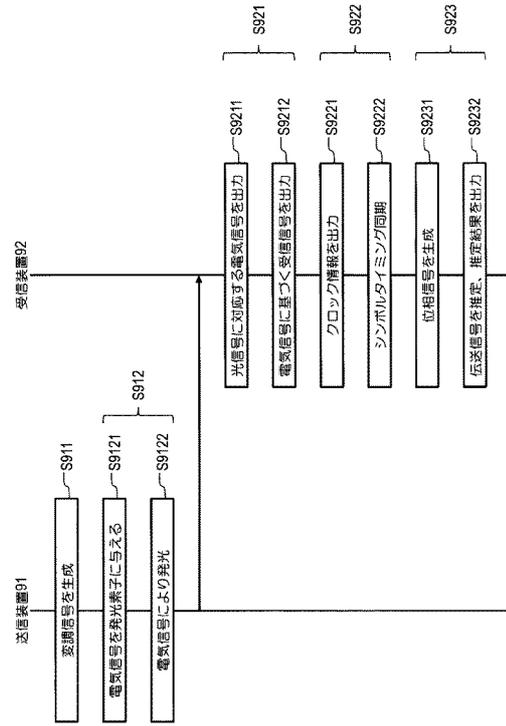


図4

【図5】

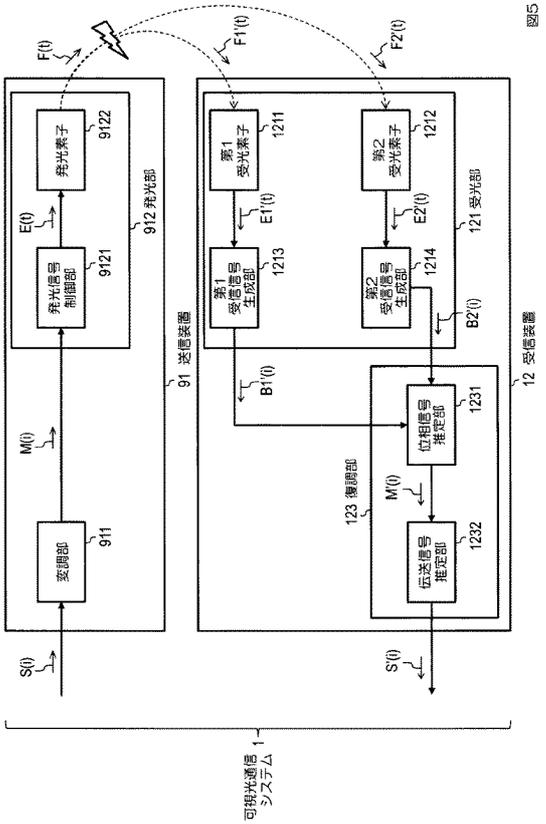


図5

【図6】

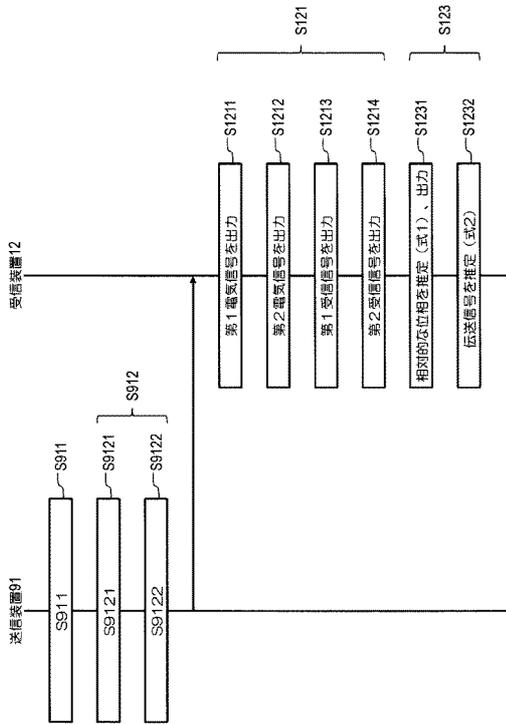


図6

【図7】

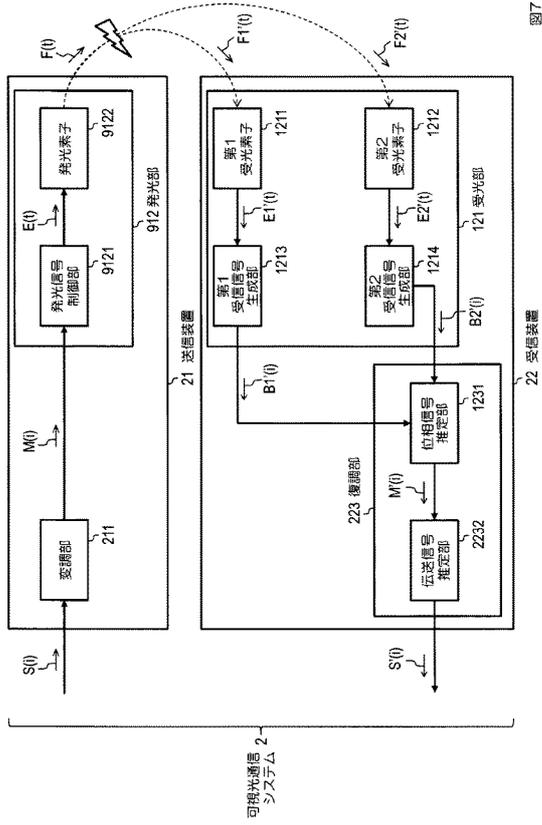


図7

【図8】

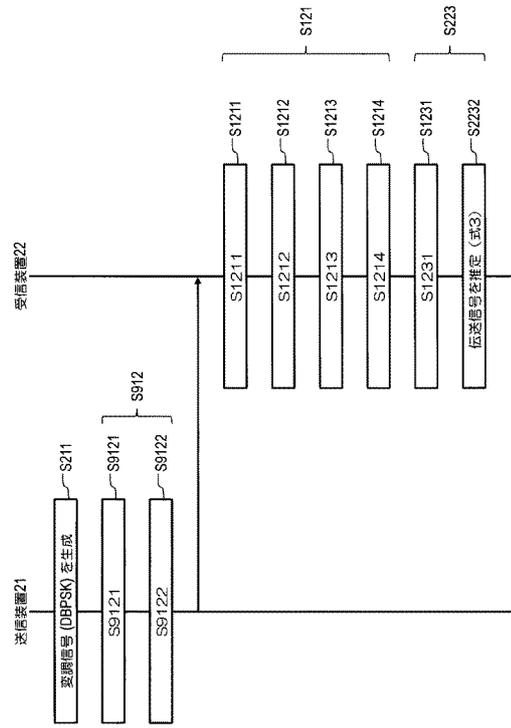


図8

【図9】

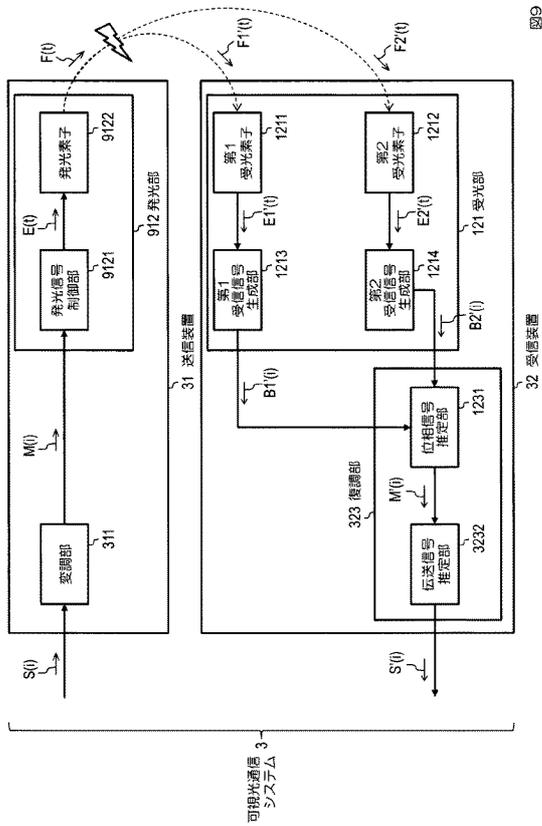


図9

【図10】

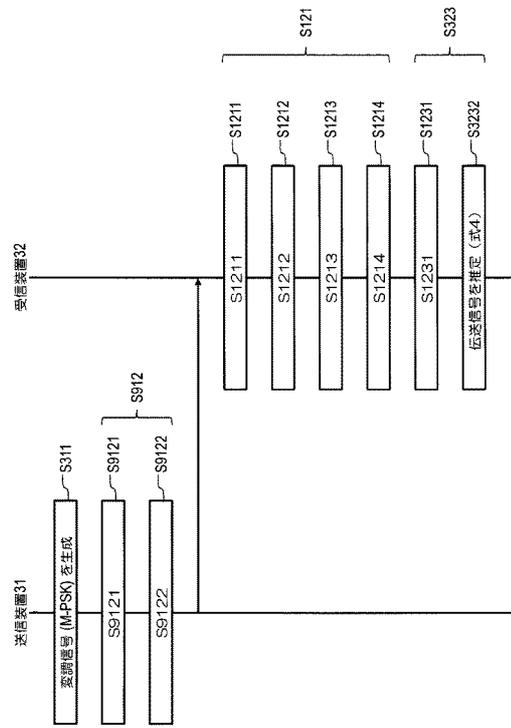


図10

【図 1 1】

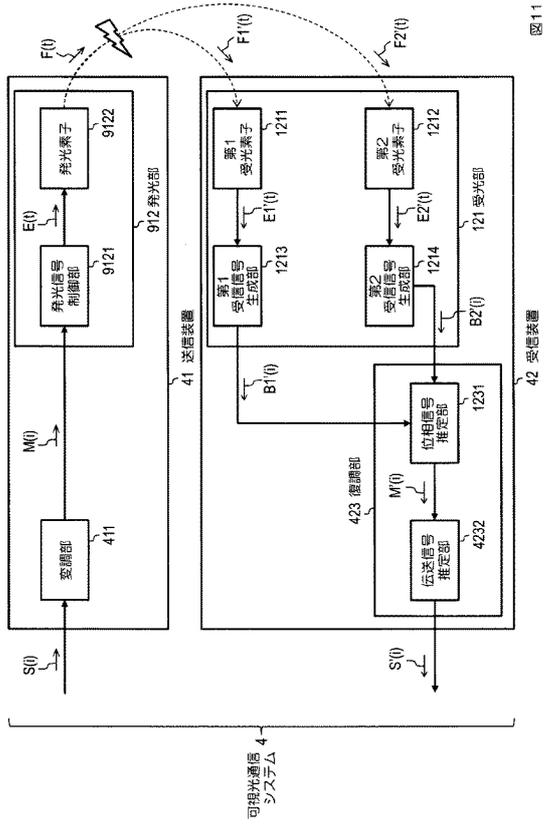


図 11

【図 1 2】

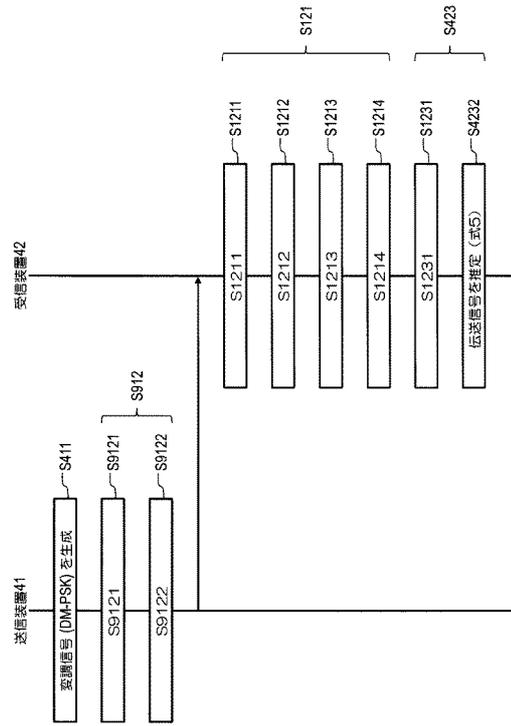


図 12

【図 1 3】

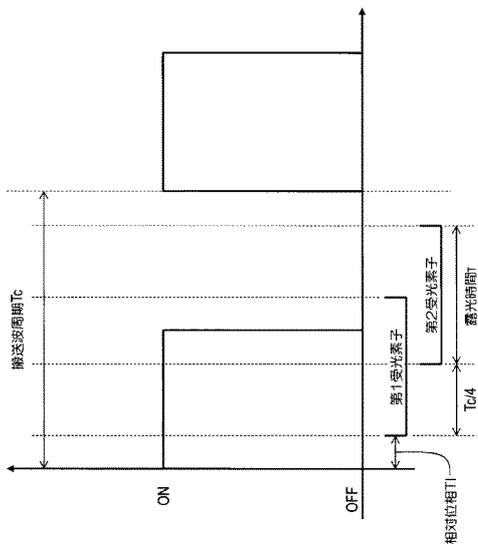


図 13

【図 1 4】

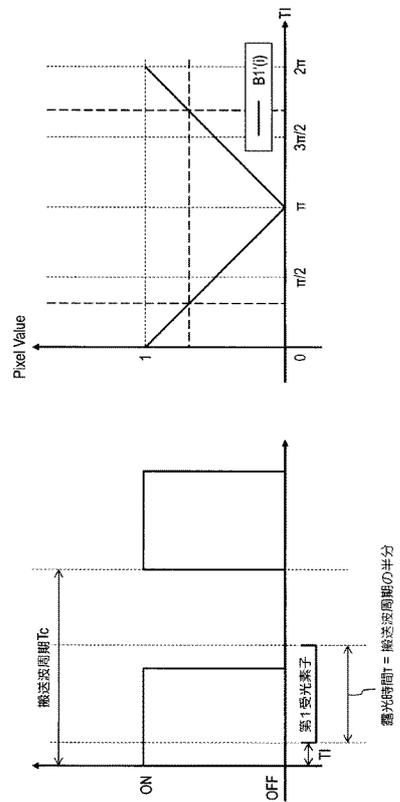


図 14

【 図 15 】

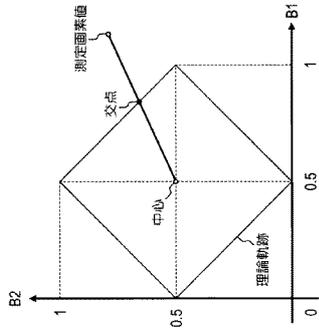


図15

フロントページの続き

- (72)発明者 白木 善史
東京都千代田区大手町一丁目5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一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 佐藤 尚
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 鴨川 学

- (56)参考文献 特開2013-229799(JP,A)
特開2014-171173(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0093107(US,A1)
Wataru Kihara, et al., A Communication Method for Asynchronous Visible Light Communication based Image Sensor, 2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), IEEE, 2017年
Wataru Kihara, et al., A Modulation Method to Detect Phase Shift from Asynchronous Camera Image for Visible Light Communication, 2017 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processings (NCSP'17), 信号処理学会, 2017年, pp.133-136

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/116
H04B 10/69
H04L 27/22