

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7006539号
(P7006539)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(51)Int. Cl. F I
H 0 4 B 10/116 (2013.01) H 0 4 B 10/116
H 0 4 B 10/075 (2013.01) H 0 4 B 10/075
H 0 4 B 10/69 (2013.01) H 0 4 B 10/69

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21)出願番号	特願2018-156078(P2018-156078)	(73)特許権者	00004226
(22)出願日	平成30年8月23日(2018.8.23)		日本電信電話株式会社
(65)公開番号	特開2020-31345(P2020-31345A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43)公開日	令和2年2月27日(2020.2.27)	(74)代理人	100121706
審査請求日	令和2年12月1日(2020.12.1)		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	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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】受信装置、受信方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信装置と可視光通信をする受信装置であって、
 上記送信装置から受信した光信号に対応する電気信号の強度を所定の時間間隔毎に計測して受信信号の系列を生成する受信信号生成部と、
 上記受信信号の系列から推定した受信信号の分布を用いて、最大輝度値、同期ずれ、および定常ノイズレベルのうち、少なくとも上記最大輝度値を含むいずれか1つ以上のパラメータを推定するパラメータ推定部と、
 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、
 上記パラメータ推定部は、
 上記受信信号の系列から上記受信信号の輝度毎の頻度を表すヒストグラムを生成する受信信号分布推定部と、
 上記ヒストグラムに現れる各ピークの平均から上記パラメータを求める分布推定結果解釈部と、
 を含む受信装置。

【請求項3】

請求項2に記載の受信装置であって、
 上記分布推定結果解釈部は、Rを上記最大輝度値とし、gを上記同期ずれとし、dを上記

定常ノイズレベルとし、上記ヒストグラムに現れる各ピークの平均が d 、 $R \cdot g_i + d$ 、 $R(1 \cdot g_i) + d$ 、 $R + d$ のいずれかであるとして、上記最大輝度値 R 、上記同期ずれ g_i 、および上記定常ノイズレベル d を求めるものである、

受信装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の受信装置であって、

上記パラメータ推定部が推定した上記パラメータに基づいて上記受信信号を復号する復号部をさらに含む、

受信装置。

【請求項 5】

送信装置と可視光通信をする受信装置が実行する受信方法であって、

受信信号生成部が、上記送信装置から受信した光信号に対応する電気信号の強度を所定の時間間隔毎に計測して受信信号の系列を生成し、

パラメータ推定部が、上記受信信号の系列から推定した受信信号の分布を用いて、最大輝度値、同期ずれ、および定常ノイズレベルのうち、少なくとも上記最大輝度値を含むいずれか 1 つ以上のパラメータを推定する、

受信方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の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】

【0001】

この発明は可視光およびその周辺帯域の電磁波を用いた通信における情報の受信方法に関するものである。

【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、発光ダイオードの発光を電氣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、帯域や電力を大きく取ることができるため、このことを利用して発光ダイオードを通信専用にも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）。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装置の受光素子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できる。一方で、イメージセンサは大量のフォトディテクタからの信号を一度に取得できるが、その性質上通常は所定の周期で標本化された信号のみ取得可能である。本明細書においては、受光素子として主にイメージセンサを用いることを想定する。

【0003】

以下、図 1 を参照して従来の可視光通信システムについて概説する。図 1 は、従来の可視光通信システム 900 の機能構成を示すブロック図である。図 1 に示すとおり、従来の可視光通信システム 900 は、送信装置 8 と受信装置 9 とからなる。送信装置 8 は、変調部 81 と発光部 82 とを備える。受信装置 9 は、受光部 91 と同期部 92 と復号部 93 と

10

20

30

40

50

を備える。送信装置 8 が備える発光部 8 2 は、発光信号制御部 8 2 1 と発光素子 8 2 2 とを備える。受信装置 9 が備える受光部 9 1 は、受光素子 9 1 1 を備える。受信装置 9 が備える同期部 9 2 は、クロック素子 9 2 1 とシンボルタイミング再生回路 9 2 2 と輝度推定素子 9 2 3 とを備える。

【 0 0 0 4 】

以下、図 2 を参照して図 1 に示す可視光通信システム 9 0 0 において使用される信号について説明する。図 2 は従来の可視光通信システム 9 0 0 で使用される信号を例示する図であって、図 2 A は伝送信号 $S(i)$ の例、図 2 B は変調信号 $M(i)$ の例、図 2 C は処理時間 $T_f=0$ の場合の電気信号 $E(t)$ の例、図 2 D は処理時間 $T_f=0$ の場合の光信号 $F(t)$ の例、図 2 E は処理時間 $T_f > 0$ の場合の電気信号 $E(t)$ の例、図 2 F は処理時間 $T_f > 0$ の場合の光信号 $F(t)$ の例をそれぞれ示す。

10

【 0 0 0 5 】

< 送信装置 8 : 変調部 8 1 >

送信装置 8 の変調部 8 1 は、デジタルの伝送信号 $S(i)$ を入力として (図 2 A 参照)、当該伝送信号 $S(i)$ を変調し、0 または 1 のみ (スイッチがオンかオフか) の変調信号 $M(i)$ を出力する (図 2 B 参照)。このような変調方法をオンオフ変調と呼ぶ。ここで、 i は時間を示すインデックスであり、伝送信号の番号を表す整数とする。変調部 8 1 は、入力された伝送信号 $S(i)$ の系列 $S(1), S(2), \dots$ の変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2), \dots$ を生成し、当該変調信号 $M(i)$ の系列 $M(1), M(2), \dots$ を出力する。伝送信号 $S(i)$ 、変調信号 $M(i)$ はともに 1 ビットの情報である。

20

【 0 0 0 6 】

例えば、伝送信号の系列が $S(1)=0, S(2)=1, S(3)=1, S(4)=1$ であった場合、変調結果は $M(1)=0, M(2)=1, M(3)=1, M(4)=1$ となる。

【 0 0 0 7 】

< 送信装置 8 : 発光信号制御部 8 2 1 >

発光信号制御部 8 2 1 は変調信号 $M(i)$ に従って発光素子 8 2 2 を駆動するための電気信号 $E(t)$ を出力する (図 2 C 参照)。ただし、 $M(i)$ は時間的に離散的な信号であるのに対して、 $E(t)$ は時間的に連続的な信号である。発光素子 8 2 2 は電気信号 $E(t)$ に従い発光・消灯を繰り返し、光信号 $F(t)$ を出力する (図 2 D 参照)。時間のインデックス i に相当する電気信号 $E(t)$ の出力時間はインデックス i で示される時刻を中心とする所定の時間幅 T_{Tx} とする。以下では T_{Tx} を点滅周期と呼ぶ。

30

【 0 0 0 8 】

具体的には、発光信号制御部 8 2 1 は、入力された変調信号 $M(i)$ が 1 である場合は、時刻 $i \cdot T_{Tx} - T_{Tx}/2 + T$ (ただし T は遅延量) から所定時間 T_{Tx} ($T - T_{Tx}$) 経過した時刻 $i \cdot T_{Tx} + T_{Tx}/2 + T$ までの間、発光素子 8 2 2 に電気信号を与える。入力された変調信号 $M(i)$ が 0 である場合は、時刻 $i \cdot T_{Tx} - T_{Tx}/2 + T$ から所定時間 T_{Tx} 経過した時刻 $i \cdot T_{Tx} + T_{Tx}/2 + T$ までの間、発光素子 8 2 2 には電気信号を与えない。なお、図 2 の例では、遅延量 $T = (T_{Tx}/2)$ である。発光素子 8 2 2 は発光信号制御部 8 2 1 から与えられた電気信号 $E(t)$ により発光する。これらにより、発光部 8 2 から光信号 $F(t)$ が出力される。

【 0 0 0 9 】

発光信号制御部 8 2 1 の性能によっては発光素子 8 2 2 の制御に時間を要する場合があります、その処理時間 T_f の間発光できない場合があります。そのような場合は、入力された変調信号 $M(i)$ が 1 である場合は、時刻 $i \cdot T_{Tx} - T_{Tx}/2 + T_f/2 + T$ から所定時間 $T_{Tx} - T_f$ 経過した時刻 $i \cdot T_{Tx} + T_{Tx}/2 - T_f/2 + T$ までの間、発光素子 8 2 2 に電気信号を与える。入力された変調信号 $M(i)$ が 0 である場合は、時刻 $i \cdot T_{Tx} - T_{Tx}/2 + T_f/2 + T$ から所定時間 $T_{Tx} - T_f$ 経過した時刻 $i \cdot T_{Tx} + T_{Tx}/2 - T_f/2 + T$ までの間、発光素子 8 2 2 には電気信号を与えない (図 2 E 参照)。発光素子 8 2 2 は発光信号制御部 8 2 1 から与えられた電気信号 $E(t)$ に従って光信号 $F(t)$ を出力する (図 2 F 参照)。これらの動作により、発光部 8 2 から光信号 $F(t)$ が出力される。

40

【 0 0 1 0 】

< 送信装置 8 : 発光素子 8 2 2 >

50

発光素子 8 2 2 は電気信号 $E(t)$ に従って光信号 $F(t)$ を出力する。発光素子 8 2 2 は例えば LED とすることができる。なお、図 2 D に示すように、インデックス i は所定の時間幅 T_{ix} を持つ。ただし、時間的に離散的な信号を表す場合はインデックス i の示す時間幅のある一点（例えば中心の時刻）をやはり i によって表す。例えば離散的な信号を表す場合、インデックス i と $i+1$ で表される時間の差は T_{ix} となる。また、遅延だけでなく図 2 F に示すように、発光素子 8 2 2 の制御に時間を要する場合があります。処理に要する時間を T_r とおくとインデックスあたりの発光時間は $T_{ix} T_r$ となる。

【 0 0 1 1 】

< 受信装置 9 : 受光素子 9 1 1 >

受光素子 9 1 1 は送信装置 8 (の発光素子 8 2 2) から出力された光信号 $F(t)$ にノイズが重畳した光信号 $F'(t)$ を受信 (受光) する。理想的には $F(t)=F'(t)$ 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 $F(t)$ と $F'(t)$ とを分けて記述する。おおよそ $F'(t+T)=F'(t)$ であることが想定される。受光素子 9 1 1 は、例えばフォトディテクタやフォトディテクタを格子状に並べたイメージセンサや高速カメラ等である。また、受光素子 9 1 1 の前段に光学レンズを設けてもよい。

【 0 0 1 2 】

図 3 を参照して従来の可視光通信システム 9 0 0 における発光素子、受光素子の実現例について説明する。図 3 は従来の可視光通信システム 9 0 0 における発光素子、受光素子を例示する図である。図 3 に示すように、従来の可視光通信システム 9 0 0 においては、例えば発光素子 8 2 2 を LED 素子とすることができる。また受光素子 9 1 1 をフォトディテクタ 9 1 1 - a , b , c , よりなるイメージセンサとして実現することができる。図 3 に示すように、インデックス i で表される発光素子 8 2 2 の点滅がイメージセンサ上の領域 k (図 3 において点線で囲まれた編み掛け部分) に結像するとする (k は送信装置 8 の番号) 。受信装置 9 は領域 k のすべてのフォトディテクタの出力値の合計を k 番目の送信装置 8 からの受信信号として捉える。

【 0 0 1 3 】

< 受信装置 9 : 同期部 9 2 >

通信路において情報を伝送する際には元の情報を何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、送信装置から送信される符号化された情報を復号装置で正しく復号するために送信装置の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を表す情報) を受信装置側で検出することが重要である。これを行うことを受信装置と送信装置の間でのシンボルクロック同期という。シンボルクロック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、一般に受信装置と送信装置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。

【 0 0 1 4 】

同期部 9 2 は、送信装置 8 から送信された光信号 $F(t)$ を正しく復号するために必要なパラメータ (同期ずれのパラメータ g_r と最大輝度のパラメータ R) を推定し、出力する。具体的には、クロック素子 9 2 1、シンボルタイミング再生回路 9 2 2、および輝度推定素子 9 2 3 の以下の動作により、復号に必要なパラメータ (g_r , R) が生成される。

【 0 0 1 5 】

< 受信装置 9 : クロック素子 9 2 1 >

クロック素子 9 2 1 は、クロックを発生する。

【 0 0 1 6 】

< 受信装置 9 : シンボルタイミング再生回路 9 2 2 >

シンボルタイミング再生回路 9 2 2 は、クロック素子 9 2 1 から取得したクロックと受光部 9 1 (の受光素子 9 1 1) から得た電気信号 $E'(t)$ とを用いて、クロック素子 9 2 1 のクロックと送信装置 8 のクロックとの同期ずれを表すパラメータ g_r を求めて出力する。シンボルタイミング再生回路 9 2 2 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が知られている。このシンボルタイミン

グ再生回路は、入力される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。

【 0 0 1 7 】

< 受信装置 9 : 輝度推定素子 9 2 3 >

輝度推定素子 9 2 3 は、受光部 9 1 (の受光素子 9 1 1) から得た電気信号 $E'(t)$ を用いて、最大輝度を表すパラメータ (以下、「最大輝度値」ともいう) R を推定する。

【 0 0 1 8 】

< 受信装置 9 : 復号部 9 3 >

復号部 9 3 は、受光部 9 1 (の受光素子 9 1 1) から出力された電気信号 $E'(t)$ を、同期ずれを表すパラメータ g と最大輝度を表すパラメータ R とを手掛かりに最小二乗法などを用いて復号し、復号結果 $M'(j)$ を出力する。ここで、 j は時間を示すインデックスであり、通常 $i=j$ である。電気信号 $E'(t)$ を何らかのかたちで離散化することで最小二乗法をデジタル回路で行うことができる。なお、受信装置 9 に図示していない復調部を設け、復調部が復号結果 $M'(j)$ を復調して復調結果 $S'(j)$ を出力する構成としてもよい。この場合復調部は変調部 8 1 と対応するように構成されている必要がある。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 1 9 】

【 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

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 0 】

受光素子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できるので、上述した従来の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。しかしながら、デジタル回路によってシンボルクロック同期を行うことが望まれる場合においては、ある程度大きな標本化周波数が必要となる。

【 0 0 2 1 】

一方で、受光素子としてイメージセンサを用いる場合、得られる信号は標本化された信号 (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クロック同期を行うためには、ある程度の大きな標本化周波数が必要である。つまり、シンボルタイミング再生回路を用いるために信号を再構成するためには、本来通信に必要な標本化周波数よりも大きな標本化周波数が必要になるという問題があった。

【 0 0 2 2 】

さらに、受光素子としてイメージセンサを用いた場合、一般的にイメージセンサと後段の一般の処理装置との間のスループット (単位時間当たりのデータ伝送量) には限界があるために、画素数 \times 標本化周波数は一定の値を上回ることができない。このため、標本化周波数を上げようとするれば、画素数を絞らざるを得なくなり、その結果一つの受信装置が受信することができる送信装置の数を減らさざるを得ない。一方、標本化周波数に上限がある受信装置を用いた場合、正確なシンボルクロック同期を行うためには送信機の点滅周期を大きく (点滅周波数を小さく) せざるを得ない。

【 0 0 2 3 】

この発明は、上記のような技術的課題に鑑みて、シンボルタイミング再生に要する標本化周波数を従来よりも小さくすることが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 2 4 】

10

20

30

40

50

上記の課題を解決するために、この発明の一態様の受信装置は、送信装置と可視光通信をする受信装置であって、送信装置から受信した光信号に対応する電気信号の強度を所定の時間間隔毎に計測して受信信号の系列を生成する受信信号生成部と、受信信号の系列から推定した受信信号の分布を用いて、最大輝度値、同期ずれ、および定常ノイズレベルのうち、少なくとも最大輝度値を含むいずれか1つ以上のパラメータを推定するパラメータ推定部と、を含む。

【発明の効果】

【0025】

この発明によれば、シンボルタイミング再生に要する標本化周波数を従来よりも小さくすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】図1は従来の可視光通信システムの機能構成を例示する図である。

【図2】図2は可視光通信で送信される信号を例示する図である。

【図3】図3は発光素子および受光素子を例示する図である。

【図4】図4は実施形態の可視光通信システムの機能構成を例示する図である。

【図5】図5は実施形態の可視光通信システムの動作を例示する図である。

【図6】図6は可視光通信で受信される信号を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

20

以下、この発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、図面中において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。

【0028】

[第一実施形態]

図4は、第一実施形態の可視光通信システム100の機能構成を示すブロック図である。図4に示すとおり、第一実施形態の可視光通信システム100は、送信装置8と受信装置1とからなる。送信装置8は上述した従来の可視光通信システム900に含まれる送信装置8と同じものである。受信装置1は、受光部11とパラメータ推定部12と復号部13とを備える。受信装置1が備える受光部11は、受光素子111と受信信号生成部112とを備える。受信装置1が備えるパラメータ推定部12は、受信信号分布推定部121と分布推定結果解釈部122とを備える。この可視光通信システム100が、図5に示す各ステップの処理を行うことにより第一実施形態の可視光通信方法が実現される。なお、第一実施形態の可視光通信方法のうち受信装置1が実行する一連のステップを第一実施形態の受信方法とする。

30

【0029】

受信装置1は、例えば、中央演算処理装置(CPU: Central Processing Unit)、主記憶装置(RAM: Random Access Memory)などを有する公知又は専用のコンピュータに特別なプログラムが読み込まれて構成された特別な装置である。受信装置1は、例えば、中央演算処理装置の制御のもとで各処理を実行する。受信装置1に入力されたデータや各処理で得られたデータは、例えば、主記憶装置に格納され、主記憶装置に格納されたデータは必要に応じて中央演算処理装置へ読み出されて他の処理に利用される。受信装置1の各処理部は、少なくとも一部が集積回路等のハードウェアによって構成されていてもよい。

40

【0030】

以下、後述する受信信号生成部112の計測周期(以下「標本化周期」ともいう)を T_x 、受光素子111の露光時間を T_r とし、本実施形態では点滅周期 T_{Tx} と計測周期 T_{Rx} がほぼ等しく($T_{Tx} \approx T_{Rx}$)、かつ処理時間 $T_f=0$ である場合について説明する。

【0031】

<受信装置1:受光部11>

受光素子111は、従来技術と同じく例えばフォトディテクタとすることができる。また、受光素子111の前段に光学レンズを設けてもよい。さらに、受光素子111はフォ

50

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。受信信号生成部 1 1 2 は標本化素子、メモリ、演算装置などからなる。

【 0 0 3 2 】

< 受信装置 1 : 受光素子 1 1 1 >

受光素子 1 1 1 は、送信装置 8 から出力された光信号 $F(t)$ にノイズが重畳した光信号 $F'(t)$ を受信して、光信号 $F'(t)$ に対応する電気信号 $E'(t)$ を受信信号生成部 1 1 2 に対して出力する (ステップ S 1 1 1)。

【 0 0 3 3 】

< 受信装置 1 : 受信信号生成部 1 1 2 >

受信信号生成部 1 1 2 は、電気信号 $E'(t)$ の強度を所定の時間間隔 T_{RX} (T_{TX}) 毎に計測する (ステップ S 1 1 2)。受光素子 1 1 1 が単独のフォトディテクタの場合、受信信号生成部 1 1 2 は、図 6 に示すように、時刻 $g_i^* + j * T_{RX} T_{RX}/2 - /2$ から $g_i^* + j * T_{RX} T_{RX}/2 + /2$ までに標本化素子に蓄積された電荷を計測し、計測結果をインデックス j 毎の受信信号 $B'(j)$ の系列として出力する。一方、受光素子 1 1 1 がイメージセンサの場合、受信信号生成部 1 1 2 は、図 6 に示すように、各フォトディテクタで時刻 $g_i^* + j * T_{RX} T_{RX}/2 - /2$ から $g_i^* + j * T_{RX} T_{RX}/2 + /2$ までに標本化素子に蓄積された電荷を計測し、予め定められた範囲 k 内の計測結果を加算した結果をインデックス j 毎の受信信号 $B'(j)$ の系列として出力する。

10

【 0 0 3 4 】

< 受信装置 1 : パラメータ推定部 1 2 >

パラメータ推定部 1 2 はメモリ、演算装置などからなる。パラメータ推定部 1 2 は受信信号生成部 1 1 2 から受信信号 $B'(j)$ の系列を取得し、受信信号分布推定部 1 2 1 および分布推定結果解釈部 1 2 2 を用いて、最大輝度のパラメータ R と同期ずれのパラメータ g_i と定常ノイズレベルのパラメータ d とのうち、少なくとも最大輝度のパラメータ R を含むいずれか 1 以上のパラメータを推定し、復号部 1 3 に対して出力する。

20

【 0 0 3 5 】

< 受信装置 1 : 受信信号分布推定部 1 2 1 >

信号分布推定部 1 2 1 は、受信信号 $B'(j)$ を入力とし、順次メモリに格納する。次に、信号分布推定部 1 2 1 は、 J 個の受信信号 $B'(j)$, $B'(j+1)$, ..., $B'(j+J)$ のヒストグラムから受信信号の分布を推定する (ステップ S 1 2 1)。ここで、 J は点滅周期 T_{TX} 、計測周期 T_{RX} 、露光時間、および非定常ノイズの大きさなどに合わせて決まる量である。受信信号 $B'(j)$ は時間のインデックス j が示す時刻における輝度に対応するため、受信信号の分布は受信信号の輝度毎の頻度を表す分布である。

30

【 0 0 3 6 】

< 受信装置 1 : 分布推定結果解釈部 1 2 2 >

分布推定結果解釈部 1 2 2 は、受信信号分布推定部 1 2 1 が推定した受信信号の分布から式 (1) のモデルにおける最大輝度のパラメータ R と同期ずれのパラメータ g_i と定常ノイズレベルのパラメータ d とを推定し、出力する (ステップ S 1 2 2)。

$$B'(j) = R(g_i^* S(i) + (1 - g_i^*) S(i+1)) + d \quad (1)$$

【 0 0 3 7 】

より具体的には、伝送信号 $S(i)$, $S(i+1)$ がそれぞれ 0 または 1 を取ることから、ノイズがない場合は受信信号 $B'(j)$ の取り得る値が、 d ($S(i)=0$ かつ $S(i+1)=0$ の場合)、 $R * g_i + d$ ($S(i)=1$ かつ $S(i+1)=0$ の場合)、 $R(1 - g_i) + d$ ($S(i)=0$ かつ $S(i+1)=1$ の場合)、 $R + d$ ($S(i)=1$ かつ $S(i+1)=1$ の場合) の 4 種類のいずれかとなる。これを利用して、受信信号のヒストグラムに現れる 2 ~ 4 個のピークそれぞれの平均から、上記のパラメータ R , g_i , d を求める。

40

【 0 0 3 8 】

< 受信装置 1 : 復号部 1 3 >

ステップ S 1 3 において、復号部 1 3 は、パラメータ推定部 1 2 が出力する最大輝度のパラメータ R と同期ずれのパラメータ g_i と定常ノイズレベルのパラメータ d とに基づいて、受信信号生成部 1 1 2 から出力された受信信号 $B'(j)$ を復号し、復号結果 $M'(j)$ を出力する

50

。復号の方法は、従来の受信装置 9 の復号部 9 3 と同様である。上述した従来の受信装置 9 と同様に図示していない復調部を設け、復調部が復号結果 $M'(j)$ を復調して復調結果 $S'(j)$ を出力する構成としてもよい。この場合復調部は変調部 8 1 と対応するように構成されている必要がある。

【 0 0 3 9 】

[第二実施形態]

< 送信装置が複数ある場合 >

送信装置が複数 ($H(2)$ 個) ある場合でも、本発明の可視光通信システムを構成することができる。この場合は、各送信装置 8 に対応する受光部 1 1 とパラメータ推定部 1 2 と復号部 1 3 とを複数組 (計 H 組) 用意すればよい。この場合は最大輝度のパラメータ R と同期ずれのパラメータ g と定常ノイズレベルのパラメータ d とはそれぞれの送信装置 8 に対応して計算される。このように構成することで、送信装置 8 が複数ある場合においても、各々の送信装置 8 に対して独立に同期をとることが可能である。

【 0 0 4 0 】

以上、この発明の実施の形態について説明したが、具体的な構成は、これらの実施の形態に限られるものではなく、この発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計の変更等があっても、この発明に含まれることはいうまでもない。実施の形態において説明した各種の処理は、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あるいは個別に実行されてもよい。

【 0 0 4 1 】

[プログラム、記録媒体]

上記実施形態で説明した各装置における各種の処理機能をコンピュータによって実現する場合、各装置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、上記各装置における各種の処理機能がコンピュータ上で実現される。

【 0 0 4 2 】

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。

【 0 0 4 3 】

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 ROM 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。

【 0 0 4 4 】

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、自己の記憶装置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。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

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、本装置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。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 6 】

- 1、 9 受信装置
- 1 1、 9 1 受光部
- 1 2 パラメータ推定部
- 9 2 同期部
- 1 3、 9 3 復号部
- 8 送信装置
- 8 1 変調部
- 8 2 発光部

【 図 1 】

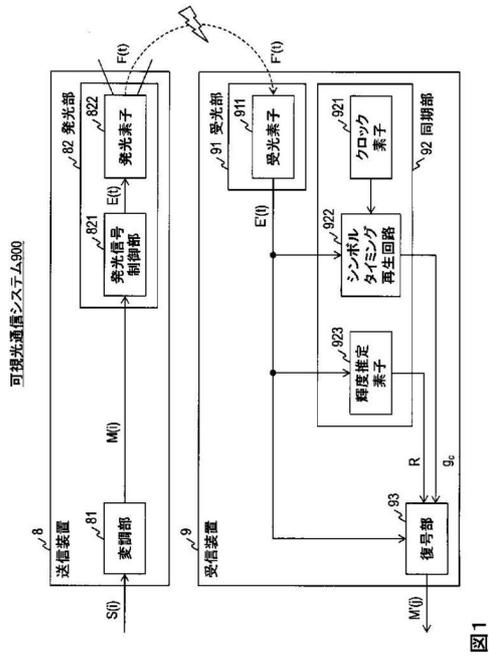


図1

【 図 2 】

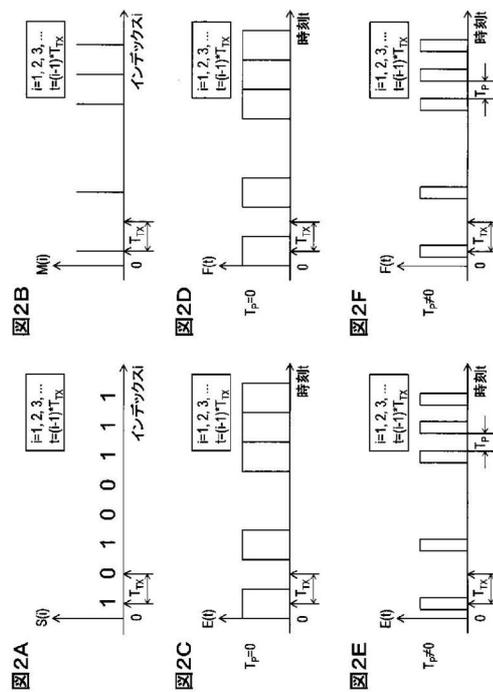


図2A

図2B

図2C

図2D

図2E

図2F

【 図 3 】

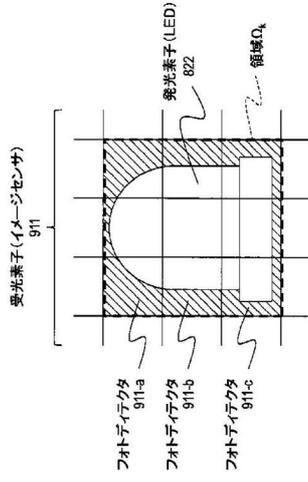


図3

【 図 4 】

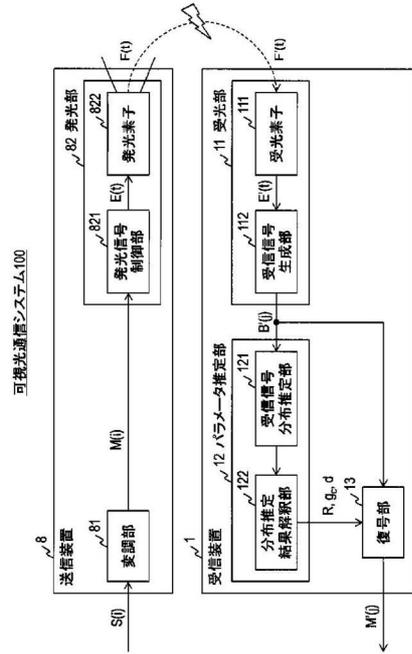


図4

【 図 5 】

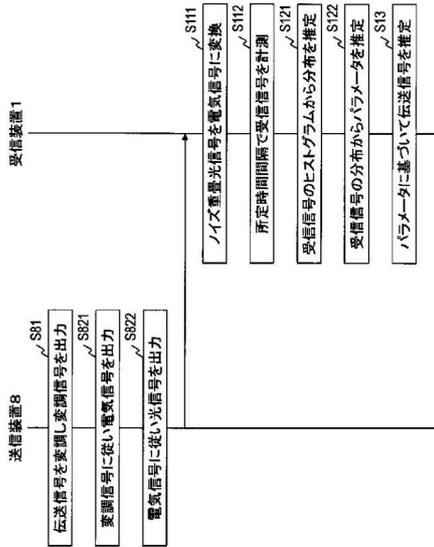


図5

【 図 6 】

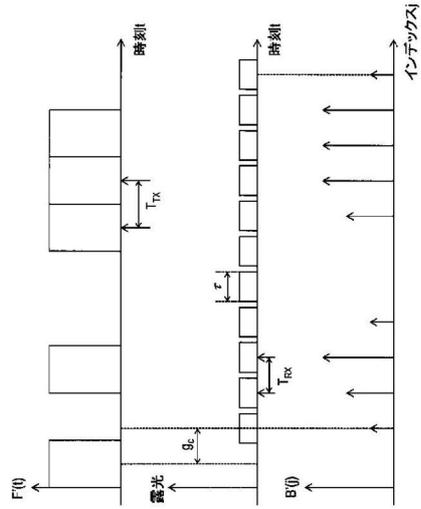


図6

フロントページの続き

(72)発明者 鎌本 優

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 後澤 瑞征

(56)参考文献 特開2015-159361(JP, A)

特開2014-171173(JP, A)

特開2001-194267(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/116

H04B 10/075

H04B 10/69