

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5777502号
(P5777502)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月17日(2015.7.17)

(51) Int.Cl. F I
H04B 10/116 (2013.01) H04B 9/00 116

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-273166 (P2011-273166)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成23年12月14日 (2011.12.14)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2013-126068 (P2013-126068A)		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6月24日 (2013.6.24)	(74) 代理人	100121706
審査請求日	平成26年2月6日 (2014.2.6)		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二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可視光通信送受信方法、可視光通信送信装置、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

k 個のシンボルからなる語を $N(1 \leq n \leq N)$ 個含む送信信号 $S(i, j)$ を、毎秒 $(k \times r)$ シンボル送信可能な送信装置から、毎秒 $(k \times r)$ シンボル受信可能な受信装置へ、可視光を用いて送信する可視光通信送受信方法であって、

t は時刻を表し、i は各信号における語の番号を表し、j は各語におけるシンボルの番号を表し、k と n は互いに素であり、 $n = p$ であるとして、

前記送信装置が、前記送信信号 $S(i, j)$ を変調して、送信変調信号 $M(i, j)$ を生成する変調ステップと、

前記送信装置が、前記送信変調信号 $M(i, j)$ を、n 語ごとに、 $i' = i, j' = p(j - 1) + 1$ として並べ替えを行い、送信並替信号 $M_m(i', j')$ を生成する変調結果並替ステップと、

前記送信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p(j - 1) / kr$ に前記送信並替信号 $M_m(i', j')$ が送信されるように、発光素子を制御して、送信可視光信号 $B(t)$ を出力する可視光発光制御ステップと、

前記受信装置が、受光素子を用いて、受信可視光信号 $B'(t)$ を受信し、受信並替信号 $M_m'(i', j')$ を生成する可視光受光制御ステップと、

前記受信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p(j - 1) / kr$ に受信した前記受信並替信号 $M_m'(i', j')$ を、n 語ごとに、 $i = i', j = (j' - 1) / p + 1$ として並べ替えを行い、受信変調信号 $M'(i, j)$ を生成する受信結果並替ステップと、

10

20

前記受信装置が、前記受信変調信号 $M'(i, j)$ を復調して、受信信号 $S'(i, j)$ を出力する復調ステップと、
を含むことを特徴とする可視光通信送受信方法。

【請求項 2】

k 個のシンボルからなる語を $N(1 \leq n \leq N)$ 個含む送信信号 $S(i, j)$ を、毎秒 $(k \times r)$ シンボル送信可能な送信装置から、毎秒 $(k \times r \div p)$ シンボル受信可能な受信装置へ、可視光を用いて送信する可視光通信送受信方法であって、

t は時刻を表し、 i は各信号における語の番号を表し、 j は各語におけるシンボルの番号を表し、 k と n は互いに素であり、 $n = p$ であるとして、

前記送信装置が、前記送信信号 $S(i, j)$ を変調して、送信変調信号 $M(i, j)$ を生成する変調ステップと、

前記送信装置が、前記送信変調信号 $M(i, j)$ を、 n 語ごとに、 $i' = i, j' = p(j - 1) + 1$ として並べ替えを行い、送信並替信号 $Mm(i', j')$ を生成する変調結果並替ステップと、

前記送信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p(j - 1) / kr$ に前記送信並替信号 $Mm(i', j')$ が送信されるように、発光素子を制御して、送信可視光信号 $B(t)$ を出力する可視光発光制御ステップと、

前記受信装置が、受光素子を用いて、受信可視光信号 $B'(t)$ を受信し、受信並替信号 $Mm'(i', j')$ を生成する可視光受光制御ステップと、

前記受信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p(j - 1) / kr$ に受信した前記受信並替信号 $Mm'(i', j')$ から、受信変調信号 $M'(i, j)$ を生成する受信結果並替ステップと、

前記受信装置が、前記受信変調信号 $M'(i, j)$ を復調して、受信信号 $S'(i, j)$ を出力する復調ステップと、

を含むことを特徴とする可視光通信送受信方法。

【請求項 3】

k 個のシンボルからなる語を $N(1 \leq n \leq N)$ 個含む可視光による送信信号 $S(i, j)$ を、発光素子を用いて毎秒 $(k \times r)$ シンボル送信する可視光通信送信装置であって、

t は時刻を表し、 i は各信号における語の番号を表し、 j は各語におけるシンボルの番号を表し、 k と n は互いに素であり、 $n = p$ であるとして、

前記送信信号 $S(i, j)$ を変調して、送信変調信号 $M(i, j)$ を生成する変調部と、

前記送信変調信号 $M(i, j)$ を、 n 語ごとに、 $i' = i, j' = p(j - 1) + 1$ として並べ替えを行い、送信並替信号 $Mm(i', j')$ を生成する変調結果並替部と、

時刻 $t = (i - 1) / r + p(j - 1) / kr$ に前記送信並替信号 $Mm(i', j')$ が送信されるように、前記発光素子を制御して、送信可視光信号 $B(t)$ を出力する可視光発光制御部と、

を備えることを特徴とする可視光通信送信装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の可視光通信送信装置が備える変調部、変調結果並替部、及び、可視光発光制御部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送受信をする技術に関する。

【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発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) の普及が進ん

10

20

30

40

50

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、大きさ、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。

【0003】

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これらを大きくとることができ、このことを利用して発光ダイオードを通信専用で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)。以下では、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。

10

【0004】

可視光通信において受信部側の素子としてはフォトダイオードなどの光検出器を用いる。フォトダイオードを単独で用いる場合、標準化周波数を大きくとれるため高速な通信を行うことができる。一方で、非特許文献3では受信部側の素子としてイメージセンサを利用することも提案されている。イメージセンサはフォトダイオードを格子状に並べたセンサが得た各々の可視光の強度情報を半導体素子によって取り出すことで二次元の可視光の強度分布を観測することができ、スチル写真や映像の取得に用いられる。イメージセンサを可視光通信に用いた場合、複数の発光素子の点滅を同時に観測できることから、並列通信を行うことができる。この特徴を生かした通信方法の提案が期待されている。

20

【0005】

また、通信だけでなくセンサ情報の可視化のためにイメージセンサを使うことも提案されている。イメージセンサを用いた可視光通信の場合、単一(シリアル通信)ないし並列(パラレル通信)のいずれにおいても情報をオンオフ変調あるいはその多値化版を用いることが多い(例えば、非特許文献4参照)。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0006】

【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

【非特許文献3】飯塚宣男, “可視光イメージセンサ通信技術の動向と展望(研究会報告)”, マイクロメカトロニクス, 社団法人日本時計学会, 2010年6月10日, Vol.54, No.202, pp.26-37

40

【非特許文献4】Toru Nagura, Takaya YAMAZATO, Masaaki KATAYAMA, Tomohiro YENDO, Toshiaki FUJII, Hiraku OKADA, “Improved Decoding Methods of Visible Light Communication System for ITS Using LED Array and High-Speed Camera”, Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st, IEEE, 16-19 May 2010, pp.1-5

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

可視光通信において、受信装置の受光素子としてイメージセンサを使用する場合、フォトダイオードを使用する場合に比べて時間分解能の制約が高い。例えば、伝送する情報を符号化した、意味のある最小単位を「語」と呼び、「語」を構成する最小単位の信号を「

50

シンボル」と呼ぶとして、1つの語は k 個のシンボルで記述されており、送信装置が毎秒 r 語、つまり $(k \times r)$ ビット毎秒のビット列を送信できるとする。通常のシリアル通信の場合に、受信装置が $(k \times r)$ ビット毎秒のビット列を受信できるという条件が満たされない場合は、送信されたビット列は全く無意味なものになってしまう。なぜなら、1語に含まれる k 個のビットを順番に読むことができなければ語の値を知ることはできないからである。

【0008】

従来の可視光通信送受信方法では、受信装置の制約に従って通信速度を下げることによってこの問題を回避している。しかし、性能が高い受信装置に対しては高い通信速度を、性能が低い受信装置に対しては低い通信速度を、同一の送信装置を用いて実現する方法は

10

【0009】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、処理速度が十分な受信装置と処理速度が不十分な受信装置が混在する場合であっても同一の送信装置を用いて伝送信号を送受信できる可視光通信送受信方法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】

【0010】

上記の課題を解決するために、本発明の可視光通信送受信方法は、 k 個のシンボルからなる語を $N(1 \leq n \leq N)$ 個含む送信信号 $S(i, j)$ を、毎秒 $(k \times r)$ シンボル送信可能な送信装置から、毎秒 $(k \times r)$ シンボル受信可能な受信装置へ、可視光を用いて送信する。 t は時刻を表し、 i は各信号における語の番号を表し、 j は各語におけるシンボルの番号を表し、 k と n は互いに素であり、 $n = p$ であるとする。送信装置が、送信信号 $S(i, j)$ を変調して、送信変調信号 $M(i, j)$ を生成する。送信装置が、送信変調信号 $M(i, j)$ を、 n 語ごとに、 $i' = i, j' = p(j - 1) + 1$ として並べ替えを行い、送信並替信号 $Mm(i', j')$ を生成する。送信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p j / k r$ に送信並替信号 $Mm(i', j')$ が送信されるように、発光素子を制御して、送信可視光信号 $B(t)$ を出力する。受信装置が、受光素子を用いて、受信可視光信号 $B'(t)$ を受信し、受信並替信号 $Mm'(i', j')$ を生成する。受信装置が、時刻 $t = (i - 1) / r + p j / k r$ に受信した受信並替信号 $Mm'(i', j')$ を、 n 語ごとに、 $i = i', j = (j' - 1) / p + 1$ として並べ替えを行い、受信変調信号 $M'(i, j)$ を生成する。受信装置が、受信変調信号 $M'(i, j)$ を復調して、受信信号 $S'(i, j)$ を出力する。

20

30

【発明の効果】

【0011】

本発明の可視光通信送受信方法によれば、送信装置において変調したシンボルの送信順序の適切な並び替えを行い、受信装置においてそれぞれの明るさ強度信号の処理速度能力に見合った速度で受信した信号を適切な順序に並び替えて復調を行うため、明るさ強度の処理速度が十分な受信装置と明るさ強度の処理速度が十分でない受信装置が混在する場合であっても、同一の送信装置を用いて、明るさ強度の処理速度が十分な受信装置に対しては送信装置が送信した情報をすべて送信することができ、明るさ強度の処理速度が十分でない受信装置に対してもある程度の速度で情報を送信することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】従来の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図。

【図2】従来の可視光通信送受信方法の原理を説明する模式図。

【図3】処理速度の十分な受信装置の処理を表した模式図。

【図4】処理速度の不十分な受信装置の処理を表した模式図。

【図5】実施例1の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図。

【図6】実施例1の送信装置11の処理を表した模式図。

【図7】実施例1の受信装置21の処理を表した模式図。

50

【図 8】実施例 1 における受信装置 2 2 の処理を表した模式図。

【図 9】実施例 2 の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図。

【図 10】実施例 3 の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図。

【図 11】実施例 3 の送信装置 1 2 の処理を表した模式図。

【図 12】実施例 3 の受信装置 2 4 の処理を表した模式図。

【図 13】実施例 3 における受信装置 2 2 の処理を表した模式図。

【図 14】実施例 4 の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

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。

【0014】

[従来の可視光通信送受信方法]

実施例の説明に先立ち、図 1, 2 を参照して従来の可視光通信送受信方法の動作を詳細
に説明する。図 1 は従来の可視光通信送受信方法の構成を示すブロック図である。図 2 は
従来の可視光通信送受信方法の原理を説明する模式図である。送信装置 1 0 は、変調部 1
1 0 と可視光発光制御部 1 3 0 と発光素子 1 0 0 を備える。受信装置 2 0 は受光素子 2 0
0 と可視光受信制御部 2 1 0 と復調部 2 3 0 を備える。送信装置 1 0 および受信装置 2 0
はエラーがない場合毎秒 r 個の語を通信可能であるとする。以降の説明では、1 つの語は
 k 個のシンボルで記述されているとする。上述の通り、伝送する情報を符号化した、意味
のある最小単位を「語」と呼ぶ。また、「語」を構成する最小単位の信号を「シンボル」
と呼ぶ。例えば、(0010) という信号が (b) という意味を持つとき (b) が「語」
であり、(b) を構成する 0 や 1 が「シンボル」である。

【0015】

図 1 を参照しながら各信号の記述について説明する。S (i) は符号化装置 8 の出力す
るデジタルの伝送信号である送信信号である。M (i) は変調部 1 1 0 の出力する送信
変調信号である。C (t) は可視光発光制御部 1 3 0 の出力する電気信号である。B (t)
は発光素子 1 0 0 の点滅パターンである送信可視光信号である。B' (t) は受光素子 2
0 0 が受信する点滅パターンである受信可視光信号である。C' (t) は受光素子 2 0 0 が
出力する電気信号である。M' (i) は可視光受光制御部 2 1 0 の出力する復調前のデ
ジタル信号である受信変調信号である。S' (i) は復調部 2 3 0 の出力する復調後のデ
ジタル信号である受信信号。ただし、i は時刻についてのインデックスである。

【0016】

S (i, j) はインデックス i で表される時刻に送出されるビット列 S (i) の j 番目
のビットの値を表すものとする。例えば、送信信号 S (i) が (10110111) である
場合、S (i, 5) は 0 である。同様に、オンオフ変調された場合の M (i, j) はイン
デックス i で表される時刻に送出されるオンオフ列 M (i) の j 番目のオンオフの値を
表すものとする。例えば、オンを n でオフを f で表わすとして、M (i) が (n f n n f
n n n) である場合、M (i, 5) はオフである。S (i), M (i) など意味のあるひ
と塊の列が「語」に対応する。S (i, j), M (i, j) などの語を構成する一つ一つ
の要素が「シンボル」に対応する。

【0017】

上述の通り、i は時刻についてのインデックスであり、 t_i は S (i) を送信する時刻
とする。毎秒 r 個の語を伝送する場合は $t_{i+1} = t_i + 1/r$ である。S (i), M (i),
C (t), B (t), B' (t), C' (t), M' (i), S' (i) はそれぞれについて処理開始時刻を調整されているものとする。例えば、符号化部 8 0 と復号化部
9 0 の間で処理に $\frac{\text{符号化部}}{\text{復号化部}}$ 秒かかる場合、復号化部 9 0 における時刻を t_i
(復号化部)、符号化部 8 0 における時刻を t_i (符号化部) として、 t_i (復号化部)
= t_i (符号化部) + $\frac{\text{符号化部}}{\text{復号化部}}$ と表すことができる。以下では、「時刻 (装
置または部の名称)」をその名称の装置または部における時刻とする。

10

20

30

40

50

【0018】

符号化装置 8 はデジタルの伝送信号 $S(i)$ を出力する。送信装置 10 の備える変調部 110 は伝送信号 $S(i)$ を受け取り、変調信号 $M(i)$ を出力する。可視光発光制御部 130 は $M(i)$ に基づいて、点滅パターンに対応した電気信号 $C(t)$ を発光素子 100 に送る。発光素子は電気信号 $C(t)$ に従い点滅する。この点滅パターンを $B(t)$ とする。受光素子 200 は明るさの強度の時系列である点滅パターン $B'(t)$ を得る。点滅パターン $B'(t)$ は点滅パターン $B(t)$ にノイズが重畳したものである。受光素子 200 は $B'(t)$ を電気信号 $C'(t)$ に変換し可視光受光制御部 210 に渡す。可視光受光制御部 210 では電気信号 $C'(t)$ の標本化を行い、復調部 230 に $M'(i)$ を出力する。復調部 230 は $M'(i)$ を復調しデジタル信号 $S'(i)$ を出力する。理想的には $S(i) = S'(i)$ である。図 1 に記載された従来の送信装置 10 の場合、送信信号 $S(i, j)$ が送出される時刻は、 $(i-1)/r + (j-1)/kr$ である。

10

【0019】

図 2 はオンオフ変調を用いたシリアル通信の模式図である。符号化装置 8 が符号化したデジタル信号 $S(i)$ は k 個のシンボルで構成される列（ここでは、10110111）で表現される。送信装置 10 はこれを点滅パターン $B(t)$ のように変換する。受信装置 20 は $B(t)$ にノイズが重畳した明るさの強度の時系列 $B'(t)$ を受け取り、シンボルの列 $S'(i)$ に変換して出力する。理想的には $S(i) = S'(i)$ である。また、この場合、送信装置 10 の出力する点滅パターン $B(t)$ は図 2 のようになり、1 シンボルの送信に要する時間は $1/(k \times r)$ である。 $(k \times r)$ ビット毎秒の伝送路をオンオフ変調のシリアル通信において実現するためには、受信装置 20 において毎秒 $(k \times r)$ 回ビット列を読み出すことが必要になる。

20

【0020】

[従来の可視光通信送受信方法の課題]

図 3, 4 を参照して従来の可視光通信送受信方法の課題を説明する。図 3 は十分な処理速度を有する受信装置の処理を表した模式図であり、図 4 は処理速度が不十分な受信装置の処理を表した模式図である。図 3 では受信装置の処理速度が十分であることから適切な受信信号 $S'(1)$, $S'(2)$, $S'(3)$ が得られている。一方で、図 4 では受信装置の処理速度が適切な速さに対して $1/4$ しかないために無意味な値 $S'(1)$ を出力してしまっている。

30

【0021】

従来の可視光通信送受信方法では、受信装置の制約に従って通信速度を下げることによってこの問題を回避している。しかし、性能が高い受信装置に対しては高い通信速度を、性能が低い受信装置に対しては低い通信速度を、同一の送信装置を用いて実現する方法は提案されていない。本発明は、明るさ強度の処理速度が十分な受信装置と明るさ強度の処理速度が不十分な受信装置が混在する場合であっても、同一の送信装置を用いて伝送信号を送受信できる可視光通信送受信方法を実現する。

【実施例 1】

【0022】

[実施例 1 の構成]

図 5 を参照して、本発明の実施例 1 に係る可視光通信送受信方法を詳細に説明する。図 5 は本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置の構成を示すブロック図である。本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置は、送信装置 11 と受信装置 21 もしくは受信装置 22 で構成される。本実施例の周辺装置として、符号化装置 8 と復号化装置 9 がある。符号化装置 8 は、符号化部 80 を備える。復号化装置 9 は復号化部 90 を備える。

40

【0023】

送信装置 11 は、変調部 110 と変調結果並替部 120 と可視光発光制御部 130 と発光素子 100 を備える。変調結果並替部 120 はメモリ、CPU 等で構成される。送信装置 11 は毎秒 r 語を送信する。よって送信装置 11 は毎秒 $(k \times r)$ 個のシンボルを送信する。

50

【0024】

受信装置21は、受光素子200と可視光受光制御部210と受光結果並替部220と復調部230からなる。受光結果並替部220はメモリ、CPU等で構成される。受信装置21は明るさ強度の処理速度が十分な受信装置であり、明るさ強度の処理速度が毎秒($k \times r$)個である。つまり、送信装置11が出力した全ての明るさ強度信号を処理することができる。

【0025】

受信装置22は、受光素子201と可視光受光制御部210と受光結果並替部221と復調部230からなる。受光結果並替部221はメモリ、CPU等で構成される。受信装置22は明るさ強度の処理速度が十分でない受信装置であり、明るさ強度の処理速度が毎秒($k \times r / p$)個である。つまり、送信装置11が出力した明るさ強度信号のうち1/p個を処理することができる。

10

【0026】

なお、受信装置21と受信装置22は、パラメータ k, r, p, n について事前に知っているものとする。

【0027】

本実施例では、従来の可視光通信送信方法と比較して、送信装置11に変調結果並替部120を備えることで、送信信号 $S(i)$ の順番の適切な入れ替えを行い、処理能力が十分でない受信装置22であってもある程度の通信速度を確保することを可能とする。本実施例における送信信号11の並び替えアルゴリズムは、送信信号を低遅延で送信することを目的としている。このため、本実施例の送信装置11が変調信号 $M(i, 1)$ に対応する明るさ強度信号 $B(t)$ を送出する時刻は、従来の送信装置10が変調信号 $M(i, 1)$ に対応する明るさ強度信号 $B(t)$ を送出する時刻に等しい。

20

【0028】

以下、実際に行われる手続きの順に説明してゆく。まず、符号化装置8の備える符号化部80は、符号化されたデジタル信号である送信信号 $S(i)$ を生成し、送信装置11へ出力する。

【0029】

[送信装置11の処理]

変調部110は、送信信号 $S(i)$ を受け取り、変調して変調信号 $M(i)$ を生成し出力する。 $S(i)$ は k 個のシンボルで構成される語である。 $S(i, j)$ は $S(i)$ の j 番目のシンボルを表す。 $M(i)$ は $S(i)$ に対応する変調語である。以下では簡単のため、 $M(i, j)$ を $S(i, j)$ に対応する変調されたシンボルとする。例えば、 $k = 8$ であり、シンボルがビットで表現されるとして、 $S(1) = (01000110)$ とすると、 $S(1, 2) = 1$ である。また、 $S(i, j) = 0$ に対応する変調シンボル $M(i, j) = f$ とし、 $S(i, j) = 1$ に対応する変調シンボル $M(i, j) = n$ とすると、 $M(1) = (fnfnfnfn)$ である。

30

【0030】

変調結果並替部120は、すでに $m - 1$ 個の変調信号 $M(i)$ が送信済みであるとして、 n 個の変調信号 $M(m), M(m + 1), \dots, M(m + n - 1)$ を順次メモリに記憶する。以下、変調結果並替部120のメモリに書き込まれた信号を $Mem(i, j)$ とする。ただし、 i, j はメモリアドレスを表すインデックスである。また、 n は p に等しいものとする。変調結果並替部120は以下の手順に従って、入力された変調信号 $M(i)$ のシンボルの並び替えを行い並替信号 $Mm(i)$ を生成して可視光発光制御部130に出力する。なお、並替信号 $Mm(i)$ は時刻 t (変調結果並替部120) = $(i - 1) / r + (j - 1) / kr$ における変調結果並替部120の出力である。また、変調結果並替部120のシンボルの並び替え手順が、並替信号 $Mm(i, j)$ の出力時刻の衝突を起こさないようにするため、 k と n は互いに素であることが必要である。

40

・ステップ1：インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。

・ステップ2：時刻を更新する。前回の更新より $1 / kr$ 時間経過していた場合は、 t (

50

変調結果並替部 120) = t(変調結果並替部 120) + 1 / kr と更新する。経過していない場合は待機する。

- ・ステップ 3 : Mem(i, p(j - 1) + 1) に M(i, j) を代入する。
- ・ステップ 4 : t(変調結果並替部 120) = (i' - 1) / r + p(j' - 1) / kr、かつ 1 ≤ i' ≤ n, 1 ≤ j' ≤ k を満たす整数の組み合わせ (i', j') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ 5 へ。存在しない場合、ステップ 6 へ。
- ・ステップ 5 : Mem(i', j') を Mm(i', j') として出力する。ステップ 7 へ。
- ・ステップ 6 : j は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ 7 へ。等しくない場合、ステップ 8 へ。
- ・ステップ 7 : i = i + 1, j = 1 に設定する。ステップ 2 へ。
- ・ステップ 8 : j = j + 1 に設定する。ステップ 2 へ。

ここで、可視光発光制御部 130 に出力した変調信号 M(i, j) が記憶されていた Mem(i, j) は順次消去し、未使用のメモリ領域として再利用してもよい。

【0031】

図 6 は送信装置 11 が変調信号 M(i) を並び替える状況を示した模式図である。ここでは、k = 8, n = 3, p = 3 として説明する。M(1, 1) は従来の送信装置 10 と同様に、時刻 0 に Mm(1, 1) として、変調結果並替部 120 から可視光発光制御部 130 に送出される。続いて、M(1, 2) は時刻 3 / 8r に Mm(1, 4) として送出される。さらに、M(1, 3) は時刻 6 / 8r に Mm(1, 7) として送出される。以下、M(1, j) は時刻 3j / 8r に Mm(1, 3(j - 1) + 1) として送出される。M(2, 1) は従来の送信装置 10 と同様に、時刻 1 / r に Mm(2, 1) として、変調結果並替部 120 から可視光発光制御部 130 に送出される。続いて、M(2, 2) は時刻 1 / r + 3 / 8r に Mm(2, 4) として送出される。さらに、M(2, 3) は時刻 1 / r + 6 / 8r に Mm(2, 7) として送出される。以下、M(2, j) は時刻 1 / r + 3j / 8r に Mm(2, 3(j - 1) + 1) として送出される。M(3, 1) は従来の送信装置 10 と同様に、時刻 2 / r に Mm(3, 1) として、変調結果並替部 120 から可視光発光制御部 130 に送出される。続いて、M(3, 2) は時刻 2 / r + 3 / 8r に Mm(3, 4) として送出される。さらに、M(3, 3) は時刻 2 / r + 6 / 8r に Mm(3, 7) として送出される。以下、M(3, j) は時刻 2 / r + 3j / 8r に Mm(2, 3 × (j - 1) + 1) として送出される。

【0032】

可視光発光制御部 130 は、LED ドライバなどで構成される。変調結果並替部 120 から出力される並替信号 Mm(i) に基づいて、電気信号 C(t) を出力して発光素子 100 の点滅パターンを制御する。

【0033】

発光素子 100 は、LED など構成される。可視光発光制御部 120 の出力する電気信号 C(t) に基づいて、発光パターン B(t) で点滅する。

【0034】

[受信装置 21 の処理]

受光素子 200 は、フォトダイオードなどで構成される。毎秒 (k × r) 個の明るさ強度信号を検出することで B'(t) を受け取り電気信号 C'(t) に変換し出力する。

【0035】

可視光受光制御部 210 は、電気信号 C'(t) を入力として受け取り受信並替信号 Mm'(i) を出力する。

【0036】

受光結果並替部 220 は、可視光受光制御部 210 の出力する n 個の受信並替信号 Mm'(i) を順次メモリに記憶する。以下、受光結果並替部 220 のメモリに書き込まれた信号を Mem'(i, j) とする。ただし、i, j はメモリアドレスを表すインデックスである。受光結果並替部 220 は以下の手順に従って、入力された受信並替信号 Mm'(

10

20

30

40

50

i) のシンボルの並び替えを行い、受信変調信号 $M'(i)$ を生成して復調部 230 に出力する。

【0037】

(入力手順)

- ・ステップ1: インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。
- ・ステップ2: 時刻を更新する。前回の更新より $1/kr$ 時間経過していた場合は、 $t(\text{受光結果並替部 } 220) = t(\text{受光結果並替部 } 220) + 1/kr$ と更新する。経過していない場合は待機する。
- ・ステップ3: $t(\text{受光結果並替部 } 220) = (i' - 1)/r + (j' - 1)/kr$ 、かつ $j' = p(j'' - 1) + 1, 1 \leq i' \leq n, 1 \leq j' \leq k$ を満たす整数の組み合わせ (i', j', j'') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ4へ。存在しない場合、ステップ2へ。
- ・ステップ4: $Mem'(i', j'')$ に $Mm'(i', j')$ を代入する。ステップ2へ。

10

【0038】

(出力手順)

- ・ステップ5: インデックスを $i''' = 1, j''' = 1$ にリセットする。
- ・ステップ6: $Mem'(i''', j''')$ は書き込み済みか確認する。書き込み済みの場合、ステップ7へ。書き込み済みでない場合、書き込まれるまで待機する。
- ・ステップ7: $Mem'(i''', j''')$ を $M'(i''', j''')$ として出力する。
- ・ステップ8: j''' は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ9へ。等しくない場合、ステップ10へ。
- ・ステップ9: $i''' = i''' + 1, j''' = 1$ に設定する。ステップ6へ。
- ・ステップ10: $j'''' = j'''' + 1$ に設定する。ステップ6へ。

20

ここで、復調部 230 に出力した受信変調信号 $M'(i, j)$ が記憶されていた $Mem'(i, j)$ は順次消去し、未使用のメモリ領域として再利用してもよい。

【0039】

図7は受信装置 21 が受信並替信号 $Mm'(i)$ を並び替える状況を示した模式図である。ここでは、 $k = 8, n = 3, p = 3$ として説明する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻0に出力する $Mm'(1, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 220 は $Mm'(1, 1)$ を $M'(1, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻 $3/8r$ に出力する $Mm'(1, 4)$ は $M'(1, 2)$ として復調部 230 に送出手される。以下、時刻 $3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 220 に送出手される $Mm'(1, 3(j-1) + 1)$ は $M'(1, j)$ として復調部 230 に送出手される。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻 $1/r$ に出力する $Mm'(2, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 220 は $Mm'(2, 1)$ を $M'(2, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻 $1/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(2, 4)$ は $M'(2, 2)$ として復調部 230 に送出手される。以下、時刻 $1/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 220 に送出手される $Mm'(2, 3(j-1) + 1)$ は $M'(2, j)$ として復調部 230 に送出手される。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻 $2/r$ に出力する $Mm'(3, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 220 は $Mm'(3, 1)$ を $M'(3, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 220 に時刻 $2/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(3, 4)$ は $M'(3, 2)$ として復調部 230 に送出手される。以下、時刻 $2/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 220 に送出手される $Mm'(3, 3(j-1) + 1)$ は $M'(3, j)$ として復調部 230 に送出手される。

30

40

【0040】

50

[受信装置 22 の処理]

受光素子 201 は、フォトダイオードなどで構成される。毎秒 $(k \times r / p)$ 個の明るさ強度信号を検出することで $B'(t)$ を受け電気信号 $C'(t)$ に変換し出力する。

【 0041 】

受光結果並替部 221 は、可視光受光制御部 210 の出力する n 個の受信並替信号 $Mm'(i)$ を順次メモリに記憶する。受光結果並替部 221 は以下の手順に従って、入力された受信並替信号 $Mm'(i)$ のシンボルの並び替えを行い、受信変調信号 $M'(i)$ を生成して復調部 230 に出力する。なお、受信装置 22 の可視光受光制御部 210 が時刻 $(i-1)/r + (j-1)/p$ に出力する $Mm'(i, j)$ は従来の送信装置 10 が送信した場合に、受信装置 21 の可視光受光制御部 210 が時刻 $(i-1)/r + (j-1)$ 10
 $) / kr$ に出力する $M'(i, j)$ に対応する。

- ・ステップ 1: インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。
- ・ステップ 2: 時刻を更新する。前回の更新より p / kr 時間経過していた場合は、 $t(\text{受光結果並替部 } 221) = t(\text{受光結果並替部 } 221) + p / kr$ と更新する。経過していない場合は待機する。
- ・ステップ 3: $Mem'(i, j)$ に $Mm'(i, j)$ を代入する。
- ・ステップ 4: $Mem'(i, j)$ を $M'(i, j)$ として出力する。
- ・ステップ 5: j は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ 6 へ。等しくない場合、ステップ 7 へ。
- ・ステップ 6: $i = i + 1, j = 1$ に設定する。ステップ 2 へ。 20
- ・ステップ 7: $j = j + 1$ に設定する。ステップ 2 へ。

ここで、復調部 230 に出力した受信変調信号 $M'(i, j)$ が記憶されていた $Mem'(i, j)$ は順次消去し、未使用のメモリ領域として再利用してもよい。

【 0042 】

図 8 は受信装置 22 が受信並替信号 $Mm'(i)$ を並び替える状況を示した模式図である。ここでは、 $k = 8, n = 3, p = 3$ として説明する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 221 に時刻 0 に出力する $Mm'(1, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 221 は $Mm'(1, 1)$ を $M'(1, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 221 に時刻 $3 / 8r$ に出力する $Mm'(1, 2)$ は $M'(1, 2)$ として復調部 230 に送出される。以下、時刻 $3j / 8r$ に可 30
 視光受光制御部 210 から受光結果並替部 221 に送出される $Mm'(1, j)$ は $M'(1, j)$ として復調部 230 に送出される。

【 0043 】

受信装置 22 は受光結果並替部 221 を備えず、可視光受光制御部 210 の出力する $Mm'(i, j)$ を $M'(i, j)$ として復調部 230 へ出力する構成としてもよい。

【 0044 】

復調部 230 は、受光結果並替部 221 から受け取った受信並替信号 $M'(i, j)$ を復調して受信信号 $S'(i)$ を出力する。

【 0045 】

復号化装置 9 の備える復号化部 90 は、復調部 230 の出力する受信信号 $S'(i)$ を 40
 復号化する。

【 実施例 2 】

【 0046 】

[実施例 2 の構成]

図 9 を参照して、本発明の実施例 2 に係る可視光通信送受信方法を詳細に説明する。図 9 は本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置の構成を示すブロック図である。本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置は、送信装置 11 と受信装置 23 で構成される。本実施例の周辺装置として、符号化装置 8 と復号化装置 9 がある。

【 0047 】

受信装置 23 は、受光素子 202 と可視光受光制御部 210 と受光結果並替部 222 と 50

復調部 230 からなる。受信装置 23 は明るさ強度の処理速度が実施例 1 の受信装置 22 と比較して q 倍である受信装置であり、明るさ強度の処理速度が毎秒 $(k \times r \times q / p)$ 個である。つまり、実施例 1 の送信装置 11 が出力した明るさ強度信号のうち q / p を処理することができる。ただし、 $1 \leq p \leq q$ であり、 $s = p / q$ は整数でなければならない。なお、受信装置 23 は、パラメータ k, r, p, n, q, s について事前に知っているものとする。

【0048】

[受信装置 23 の処理]

受光素子 202 は、フォトダイオードなどで構成される。毎秒 $(k \times r \times q / p)$ 個の明るさ強度信号を検出することで $B'(t)$ を受け電気信号 $C'(t)$ に変換し出力する。

10

【0049】

受光結果並替部 222 は、可視光受光制御部 210 の出力する n 個の受信並替信号 $Mm'(i)$ を順次メモリに記憶する。受光結果並替部 222 は以下の手順に従って、入力された受信並替信号 $Mm'(i)$ のシンボルの並び替えを行い、受信変調信号 $M'(i)$ を生成して復調部 230 に出力する。受光結果並替部 222 は、受信装置 21 の備える受光結果並替部 220 と比較して、シンボルの並び替え手順のステップ 2 が異なるのが相違点である。

【0050】

(入力手順)

- ・ステップ 1：インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。
- ・ステップ 2：時刻を更新する。前回の更新より s / kr 時間経過していた場合は、 $t(\text{受光結果並替部 } 222) = t(\text{受光結果並替部 } 222) + s / kr$ と更新する。経過していない場合は待機する。
- ・ステップ 3： $t(\text{受光結果並替部 } 222) = (i' - 1) / r + (j' - 1) / kr$ 、かつ $j' = p(j'' - 1) + 1, 1 \leq i' \leq n, 1 \leq j'' \leq k$ を満たす整数の組み合わせ (i', j', j'') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ 4 へ。存在しない場合、ステップ 2 へ。
- ・ステップ 4： $Mem'(i', j'')$ に $Mm'(i', j')$ を代入する。ステップ 2 へ。

20

30

【0051】

(出力手順)

- ・ステップ 5：インデックスを $i''' = 1, j''' = 1$ にリセットする。
- ・ステップ 6： $Mem'(i''', j''')$ は書き込み済みか確認する。書き込み済みの場合、ステップ 7 へ。書き込み済みでない場合、書き込まれるまで待機する。
- ・ステップ 7： $Mem'(i''', j''')$ を $M'(i''', j''')$ として出力する。
- ・ステップ 8： j''' は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ 9 へ。等しくない場合、ステップ 10 へ。
- ・ステップ 9： $i''' = i''' + 1, j'''' = 1$ に設定する。ステップ 6 へ。
- ・ステップ 10： $j'''' = j'''' + 1$ に設定する。ステップ 6 へ。

40

【0052】

本発明の実施例 2 は、このような構成とすることにより、明るさ強度信号の処理能力が十分な受信装置 21 や明るさ強度信号の処理能力が $1 / p$ である受信装置 22 に加えて、明るさ強度信号の処理能力が q / p である受信装置 23 が混在する環境であっても、同一の送信装置 11 を用いて伝送信号を送受信することができる。

【実施例 3】

【0053】

[実施例 3 の構成]

図 10 を参照して、本発明の実施例 3 に係る可視光通信送受信方法を詳細に説明する。

50

図10は本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置の構成を示すブロック図である。本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置は、送信装置12と受信装置24もしくは実施例1の受信装置22で構成される。本実施例の周辺装置として、符号化装置8と復号化装置9がある。

【0054】

送信装置12は、変調部110と変調結果並替部121と可視光発光制御部130と発光素子100を備える。変調結果並替部121はメモリ、CPU等で構成される。送信装置12は毎秒 r 語を送信する。よって送信装置11は毎秒 $(k \times r)$ 個のシンボルを送信する。

【0055】

受信装置24は、受光素子200と可視光受光制御部210と受光結果並替部223と復調部230からなる。受光結果並替部223はメモリ、CPU等で構成される。受信装置24は明るさ強度の処理速度が十分な受信装置であり、明るさ強度の処理速度が毎秒 $(k \times r)$ 個である。つまり、送信装置12が出力した全ての明るさ強度信号を処理することができる。なお、受信装置24は、パラメータ k, r, p, n について事前に知っているものとする。

【0056】

本実施例によれば、送信装置12の備える変調結果並替部121は n 個の変調信号 $M(i)$ をすべて並べ替えた後に並替信号 $M_m(i)$ を可視光発光制御部130へ出力するため、実施例1より送受信の遅延が大きくなる。一方で、実施例1における p は k と互いに素である必要があったが、本実施例では自然数であればよいため p の値の自由度が高くなり、より柔軟な設計が可能になる。

【0057】

[送信装置12の処理]

変調結果並替部121は以下の手順に従って、入力された変調信号 $M(i)$ のシンボルの並び替えを行う。

【0058】

(入力手順)

- ・ステップ1：インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。
- ・ステップ2：時刻を更新する。前回の更新より $1 / kr$ 時間経過していた場合は、 $t(\text{変調結果並替部 } 121) = t(\text{変調結果並替部 } 121) + 1 / kr$ と更新する。経過していない場合は待機する。
- ・ステップ3： $M_{em}(i, p(j - 1) + 1)$ に $M(i, j)$ を代入する。
- ・ステップ4： j は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ5へ。等しくない場合、ステップ6へ。
- ・ステップ5： $i = i + 1, j = 1$ に設定する。ステップ2へ。
- ・ステップ6： $j = j + 1$ に設定する。ステップ2へ。

【0059】

(出力手順)

- ・ステップ7：時刻を更新する。ステップ2の時刻を共有する。
- ・ステップ8： $t(\text{変調結果並替部 } 121) = n / r + (i' - 1) / kr + (j' - 1) / kr$ 、かつ $j' = p(j'' - 1) + 1, 1 \leq i' \leq n, 1 \leq j'' \leq k$ を満たす整数の組み合わせ (i', j', j'') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ9へ。存在しない場合、ステップ7へ。
- ・ステップ9： $M_{em}(i', j')$ を $M_m(i', j')$ として出力する。ステップ7へ。

ここで、可視光発光制御部130に出力した変調信号 $M(i, j)$ が記憶されていた $M_{em}(i, j)$ は順次消去し、未使用のメモリ領域として再利用してもよい。

【0060】

図11は送信装置12が変調信号 $M(i)$ を並び替える状況を示した模式図である。こ

10

20

30

40

50

ここでは、 $k = 8$ 、 $n = 3$ 、 $p = 3$ として説明する。 $M(1, 1)$ は従来の送信装置10と同様に、時刻 $3/r$ に $Mm(1, 1)$ として、変調結果並替部121から可視光発光制御部130に送出される。続いて、 $M(2, 1)$ は時刻 $3/r + 1/8r$ に $Mm(2, 1)$ として送出される。さらに、 $M(3, 1)$ は時刻 $3/r + 2/8r$ に $Mm(3, 1)$ として送出される。以下、 $M(i, j)$ は時刻 $3/r + (i-1)/8r + 3(j-1)/8r$ に $Mm(i, 3(j-1)+1)$ として変調結果並替部121から可視光発光制御部130に送出される。

【0061】

[受信装置24の処理]

受光結果並替部223は、可視光受光制御部210の出力する n 個の受信並替信号 $Mm'(i)$ を順次メモリに記憶する。受光結果並替部223は以下の手順に従って、入力された受信並替信号 $Mm'(i)$ のシンボルの並び替えを行い、受信変調信号 $M'(i)$ を生成して復調部230に出力する。

【0062】

(入力手順)

- ・ステップ1：インデックスを $i = 1$ 、 $j = 1$ にリセットする。
- ・ステップ2：時刻を更新する。前回の更新より p/kr 時間経過していた場合は、 $t(\text{受光結果並替部}223) = t(\text{受光結果並替部}223) + p/kr$ と更新する。経過していない場合は待機する。
- ・ステップ3： $t(\text{受光結果並替部}223) = (i' - 1)/kr + (j' - 1)/kr$ 、かつ $j' = p(j'' - 1) + 1$ 、 $1 \leq i' \leq n$ 、 $1 \leq j'' \leq k$ を満たす整数の組み合わせ (i', j', j'') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ4へ。存在しない場合、ステップ2へ。

- ・ステップ4： $Mem'(i', j'')$ に $Mm'(i', j')$ を代入する。ステップ2へ。

【0063】

(出力手順)

- ・ステップ5：インデックスを $i''' = 1$ 、 $j''' = 1$ にリセットする。
- ・ステップ6： $Mem'(i''', j''')$ は書き込み済みか確認する。書き込み済みの場合、ステップ7へ。書き込み済みでない場合、書き込まれるまで待機する。
- ・ステップ7： $Mem'(i''', j''')$ を $M'(i''', j''')$ として出力する。
- ・ステップ8： j''' は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ9へ。等しくない場合、ステップ10へ。
- ・ステップ9： $i''' = i''' + 1$ 、 $j'''' = 1$ に設定する。ステップ6へ。
- ・ステップ10： $j'''' = j'''' + 1$ に設定する。ステップ6へ。

ここで、復調部230に出力した受信変調信号 $M'(i, j)$ が記憶されていた $Mem'(i, j)$ は順次消去し、未使用のメモリ領域として再利用してもよい。

【0064】

図12は受信装置24が受信並替信号 $Mm'(i)$ を並び替える状況を示した模式図である。ここでは、 $k = 8$ 、 $n = 3$ 、 $p = 3$ として説明する。可視光受光制御部210が受光結果並替部223に時刻 $3/r$ に出力する $Mm'(1, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部223は $Mm'(1, 1)$ を $M'(1, 1)$ として復調部230に出力する。可視光受光制御部210が受光結果並替部223に時刻 $3/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(1, 4)$ は $M'(1, 2)$ として復調部230に送出される。以下、時刻 $3/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部210から受光結果並替部223に送出される $Mm'(1, 3(j-1)+1)$ は $M'(1, j)$ として復調部230に送出される。可視光受光制御部210が受光結果並替部223に時刻 $4/r$ に出力する $Mm'(2, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部223は $Mm'(2, 1)$ を $M'(2, 1)$ として復調部230に出力する。可視光受光制御部210が受光結果並替部223に時

10

20

30

40

50

時刻 $4/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(2, 4)$ は $M'(2, 2)$ として復調部 230 に送出される。以下、時刻 $4/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 223 に送出される $Mm'(2, 3(j-1)+1)$ は $M'(2, j)$ として復調部 230 に送出される。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 223 に時刻 $5/r$ に出力する $Mm'(3, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 223 は $Mm'(3, 1)$ を $M'(3, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 223 に時刻 $5/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(3, 4)$ は $M'(3, 2)$ として復調部 230 に送出される。以下、時刻 $5/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 223 に送出される $Mm'(3, 3(j-1)+1)$ は $M'(3, j)$ として復調部 230 に送出される。

10

【0065】

[受信装置 22 の処理]

実施例 3 における受信装置 22 は、受信並替信号 $Mm'(i)$ を受信開始する時刻が、実施例 1 と比較して、 n/r 秒遅延することを除いては、同様の動作となる。

【0066】

図 13 は、本実施例の送信装置 12 が送信する信号を受信装置 22 が受信した場合に、受信装置 22 が受信並替信号 $Mm'(i)$ を並び替える状況を示した模式図である。ここでは、 $k=8$ 、 $n=3$ 、 $p=3$ として説明する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 221 に時刻 $3/r$ に出力する $Mm'(1, 1)$ は並び替えの必要がない。よって受光結果並替部 221 は $Mm'(1, 1)$ を $M'(1, 1)$ として復調部 230 に出力する。可視光受光制御部 210 が受光結果並替部 221 に時刻 $3/r + 3/8r$ に出力する $Mm'(1, 2)$ は $M'(1, 2)$ として復調部 230 に送出される。以下、時刻 $3/r + 3j/8r$ に可視光受光制御部 210 から受光結果並替部 221 に送出される $Mm'(1, j)$ は $M'(1, j)$ として復調部 230 に送出される。

20

【実施例 4】

【0067】

[実施例 4 の構成]

図 14 を参照して、本発明の実施例 4 に係る可視光通信送受信方法を詳細に説明する。図 14 は本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置の構成を示すブロック図である。本実施例の可視光通信送受信方法を実行する装置は、送信装置 12 と受信装置 25 で構成される。本実施例の周辺装置として、符号化装置 8 と復号化装置 9 がある。

30

【0068】

受信装置 25 は、受光素子 202 と可視光受光制御部 210 と受光結果並替部 224 と復調部 230 からなる。受信装置 25 は明るさ強度の処理速度が実施例 3 の受信装置 22 と比較して q 倍である受信装置であり、明るさ強度の処理速度が毎秒 $(k \times r \times q / p)$ 個である。つまり、実施例 3 の送信装置 12 が出力した明るさ強度信号のうち q/p を処理することができる。ただし、 $1 \leq p \leq q$ であり、 $s = p/q$ は整数でなければならない。なお、受信装置 25 は、パラメータ k, r, p, n, q, s について事前に知っているものとする。

【0069】

40

[受信装置 25 の処理]

受光結果並替部 224 は、可視光受光制御部 210 の出力する n 個の受信並替信号 $Mm'(i)$ を順次メモリに記憶する。受光結果並替部 224 は以下の手順に従って、入力された受信並替信号 $Mm'(i)$ のシンボルの並び替えを行い、受信変調信号 $M'(i)$ を生成して復調部 230 に出力する。受光結果並替部 224 は、実施例 3 の受信装置 24 の備える受光結果並替部 223 と比較して、シンボルの並び替え手順のステップ 2 が異なるのが相違点である。

【0070】

(入力手順)

・ステップ 1：インデックスを $i = 1, j = 1$ にリセットする。

50

・ステップ2：時刻を更新する。前回の更新より $s / k r$ 時間経過していた場合は、 t (受光結果並替部 2 2 4) = t (受光結果並替部 2 2 4) + $s / k r$ と更新する。経過していない場合は待機する。

・ステップ3： t (受光結果並替部 2 2 4) = $(i' - 1) / k r + (j' - 1) / k r$ 、かつ $j' = p(j'' - 1) + 1, 1 \leq i' \leq n, 1 \leq j'' \leq k$ を満たす整数の組み合わせ (i', j', j'') が存在するか確認する。存在する場合、ステップ4へ。存在しない場合、ステップ2へ。

・ステップ4： $Mem'(i', j'')$ に $Mm'(i', j')$ を代入する。ステップ2へ。

【0071】

(出力手順)

・ステップ5：インデックスを $i''' = 1, j''' = 1$ にリセットする。

・ステップ6： $Mem'(i''', j''')$ は書き込み済みか確認する。書き込み済みの場合、ステップ7へ。書き込み済みでない場合、書き込まれるまで待機する。

・ステップ7： $Mem'(i''', j''')$ を $M'(i''', j''')$ として出力する。

・ステップ8： j''' は k と等しいか確認する。等しい場合、ステップ9へ。等しくない場合、ステップ10へ。

・ステップ9： $i''' = i''' + 1, j'' = 1$ に設定する。ステップ6へ。

・ステップ10： $j'' = j'' + 1$ に設定する。ステップ6へ。

【0072】

本発明の実施例4は、このような構成とすることにより、明るさ強度信号の処理能力が十分な受信装置24や明るさ強度信号の処理能力が $1/p$ である受信装置22に加えて、明るさ強度信号の処理能力が q/p である受信装置25が混在する環境であっても、同一の送信装置12を用いて伝送信号を送受信することができる。

【0073】

[変調結果並替部の位置]

上記のすべての実施例では、変調結果並替部を送信装置が備えるものとしたが、符号化装置もしくは図示されていない他の装置が備えるものとしてもよい。また、送信装置内の他の場所であってもよい。

【0074】

[可視光通信以外の通信方法への応用]

上記のすべての実施例では、可視光通信の場合に限定して説明したが容易に赤外光通信やその他の無線通信及び有線通信に応用可能である。その場合は送信装置の変調部より後の部分をそれぞれの通信方法に沿って変更すればよい。受信装置についても復調部より前の部分をそれぞれの通信方法に沿って変更すればよい。

【0075】

[変調方法の他値化]

上記のすべての実施例では、0ないし1の値をとるオンオフ変調を用いる場合を説明したが、容易に多値化を行うことができる。この場合は符号化装置ないしは変調部、またはその両方を変更すればよい。

【0076】

[パラレル通信への応用]

上記のすべての実施例では、シリアル通信の場合に限定して説明したが容易にパラレル通信に拡張することができる。その場合は送信装置、受信装置の対を複数用意すればよい。

【0077】

[プログラム、記録媒体]

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、

10

20

30

40

50

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ことはいうまでもない。

【0078】

また、上述の構成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、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。

【0079】

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。

【0080】

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。

【0081】

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。

【0082】

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。

【産業上の利用可能性】

【0083】

この発明は発光ダイオード等の発光素子の発光する可視光およびその周辺帯域の電磁波をイメージセンサやフォトダイオードで検出することで伝送信号を送受信する可視光通信に利用することができる。

【符号の説明】

【0084】

10 ~ 12	送信装置		
100	発光素子	110	変調部
120 ~ 121	変調結果並替部	130	可視光発光制御部
20 ~ 25	受信装置		
200 ~ 202	受光素子	210	可視光受光制御部
220 ~ 224	受光結果並替部	230	復調部
8	符号化装置	80	符号化部
9	復号化装置	90	復号化部

10

20

30

40

【図1】

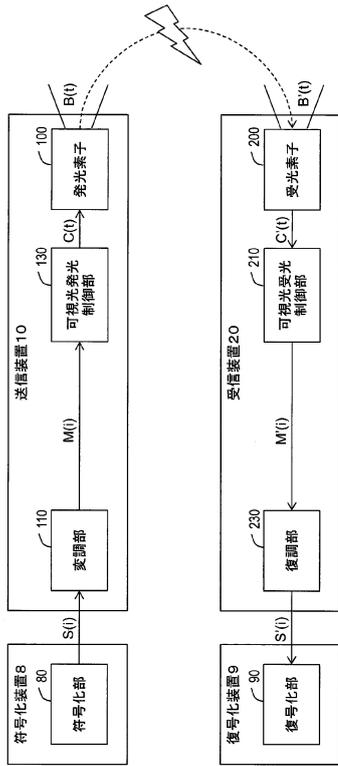


図1

【図2】

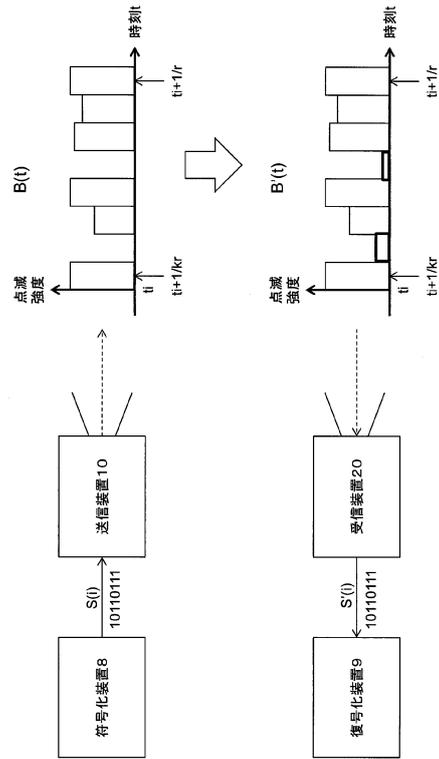


図2

【図3】

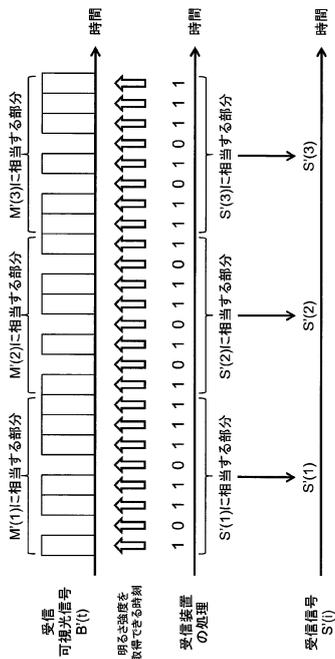


図3

【図4】

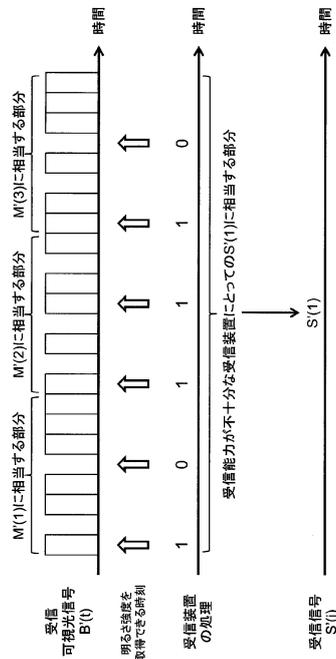


図4

【図5】

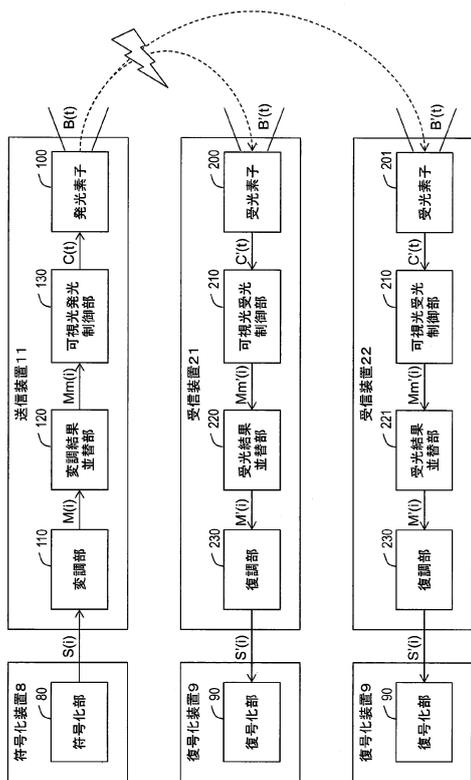


図5

【図6】

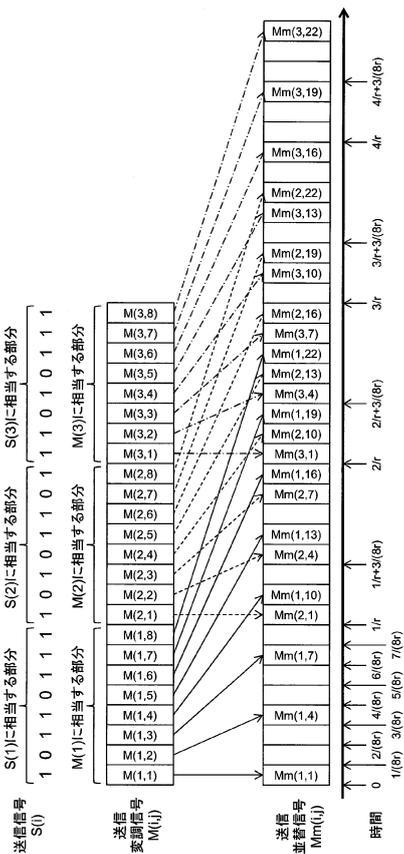


図6

【図7】

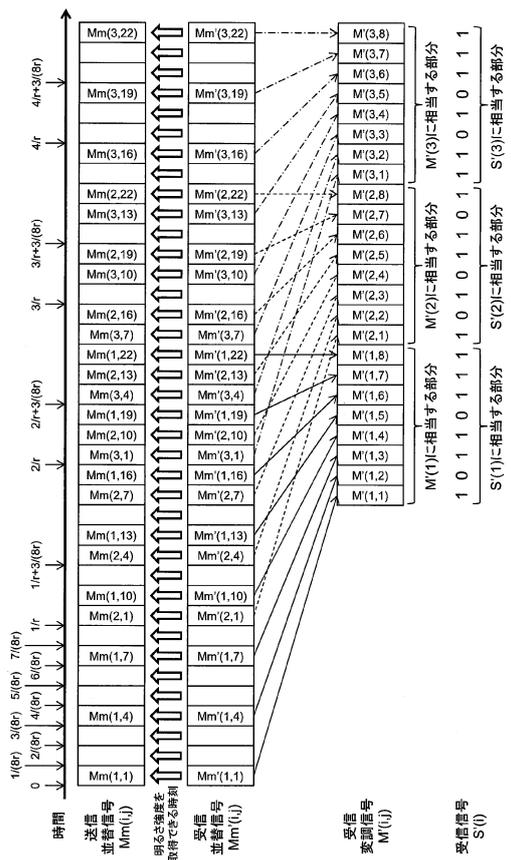


図7

【図8】

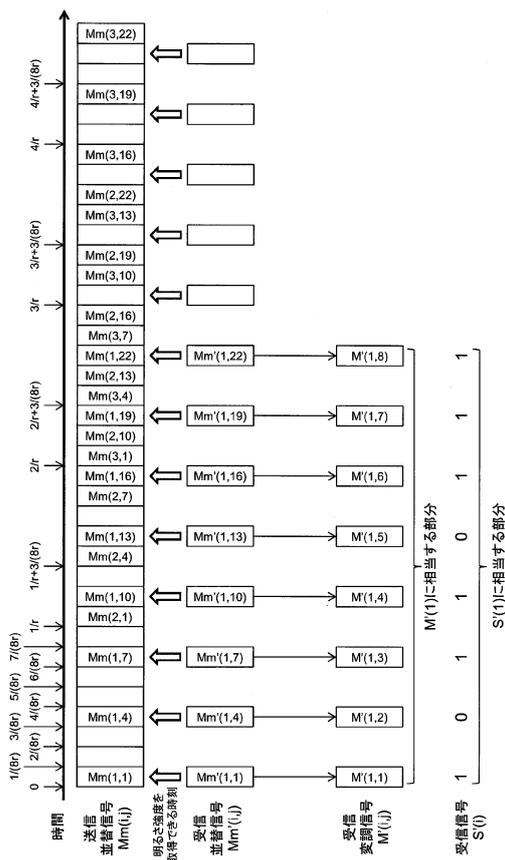


図8

【図9】

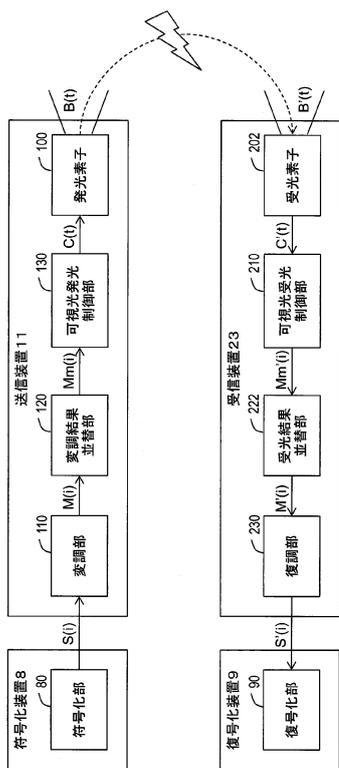


図9

【図10】

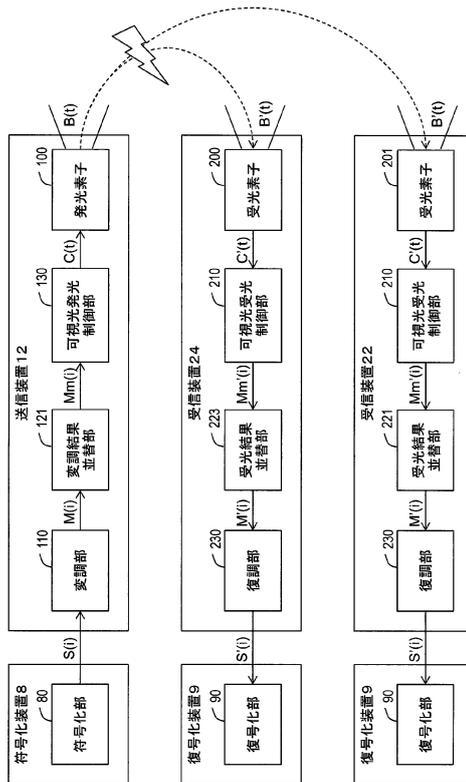


図10

【図11】

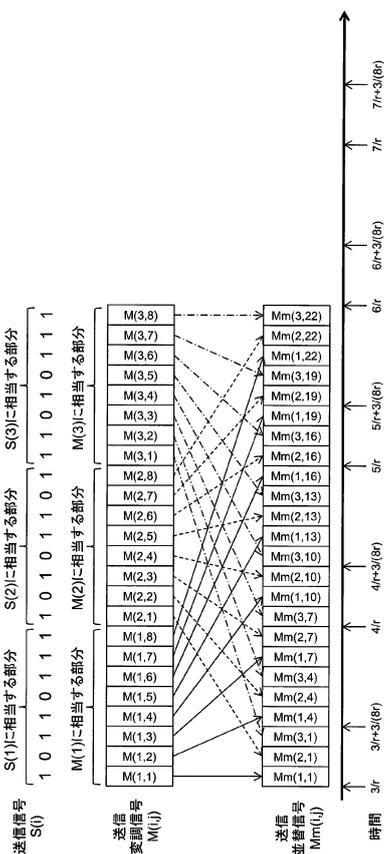


図11

【図12】

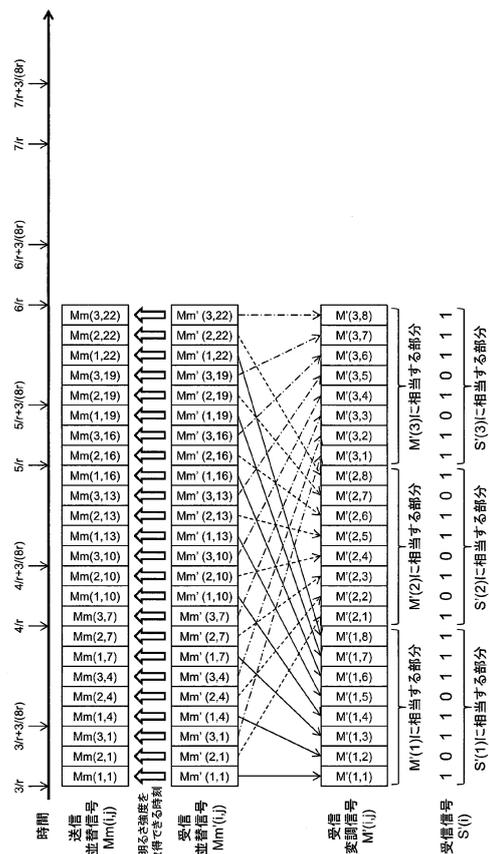


図12

【図13】

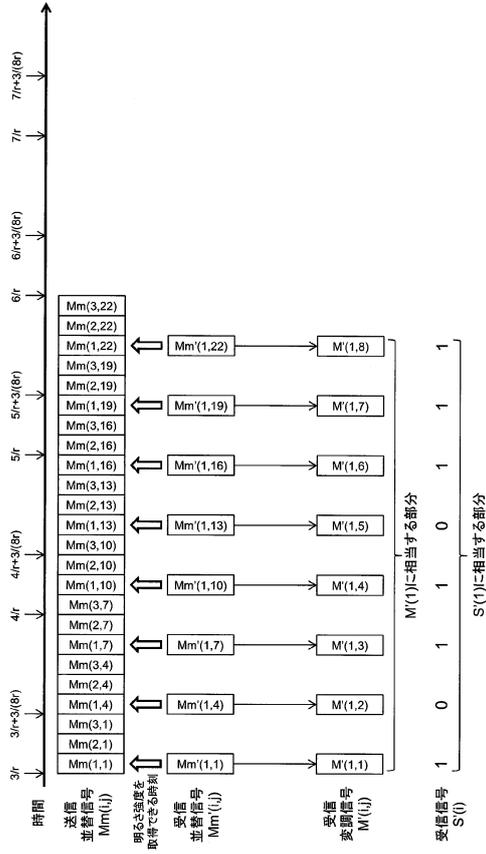


図13

【図14】

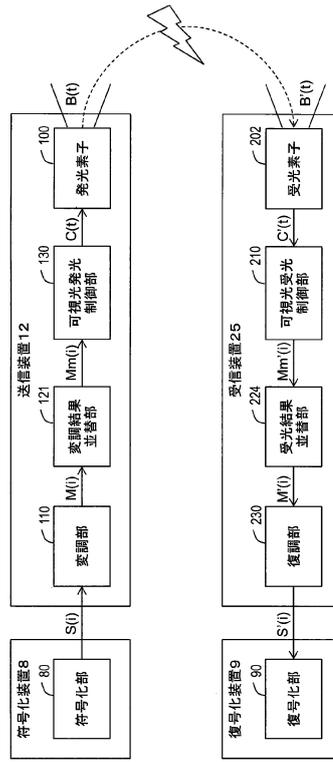


図14

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 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

審査官 川口 貴裕

- (56)参考文献 特開2011-109185(JP,A)
特開2007-184785(JP,A)
特開2007-028682(JP,A)
特開2009-182419(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|-------|---|-------|
| H04B | 10/00 | - | 10/90 |
| H04J | 14/00 | - | 14/08 |