

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6353349号
(P6353349)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 B 10/116 (2013.01) HO 4 B 10/116
HO 4 J 3/00 (2006.01) HO 4 J 3/00 Q

請求項の数 14 (全 22 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-243903 (P2014-243903) | (73) 特許権者 | 000004226 |
| (22) 出願日 | 平成26年12月2日 (2014.12.2) | | 日本電信電話株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2016-111385 (P2016-111385A) | | 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 |
| (43) 公開日 | 平成28年6月20日 (2016.6.20) | (74) 代理人 | 100121706 |
| 審査請求日 | 平成28年12月5日 (2016.12.5) | | 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 | 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 |
| | | (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】 送信装置、受信装置、可視光通信システム、それらの方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可視光通信において用いられる送信装置であって、
 可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし

、
 伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得部と、

サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出部と、

前記所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化部とを含み、

m及びxをそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記符号化部は、前記所定のイベントを検出した後にx番目に生成する伝送フレームflame(T)を用いて、x個前の伝送フレームflame(T-x)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように前記送信信号を生成し、前記所定のイベントを検出した後に生成するm個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレームflame(T-x)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する、

送信装置。

【請求項2】

請求項1の送信装置であって、

1つの伝送フレームの時間間隔の中に含まれるサンプル数をaとし、

前記符号化部は、 m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ に含まれる a 個のサンプルの中の何番目のサンプルにおいて、イベントを検出したかを示すように送信信号を生成する、

送信装置。

【請求項 3】

請求項 1 の送信装置であって、

$a=1, 2, \dots, m$ とし、前記符号化部は、 m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ を 2^a 個に等分割したときに、 2^{a-1} 個に等分割した時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する、

送信装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 の送信装置であって、

イベントとイベントの時間間隔の中に含まれると想定される最大のサンプル数を a とし、最小のサンプル数を b とし、 0 以上 b 以下の何れかの整数を c とし、 $\log_2(a-c)$ m とし、

前記符号化部は、前記伝送フレーム $\text{flame}(T)$ の後の m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ で検出したイベントを、その 1 つ前に検出したイベントから何番目のサンプルにおいて、検出したかを示すように送信信号を生成する、

送信装置。

【請求項 5】

可視光通信において用いられる受信装置であって、

送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光部と、

受光部で受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号部とを含み、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置は伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、サンプリングした情報に基づき所定のイベントを検出するものとし、 m 及び x をそれぞれ 1 以上の何れかの整数とし、前記復号部は、伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $\text{flame}(T)$ を復号し、さらに、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する

受信装置。

【請求項 6】

請求項 5 の受信装置であって、

1 つの伝送フレームの時間間隔の中に含まれるサンプル数を a とし、

前記復号部は、 m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ に含まれる a 個のサンプルの中の何番目のサンプルにおいて、イベントを検出したかを示すイベント情報を復号する、

受信装置。

【請求項 7】

請求項 5 の受信装置であって、

$a=1, 2, \dots, m$ とし、前記復号部は、 m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $\text{flame}(T-x)$ を 2^a 個に等分割したときに、 2^{a-1} 個に等分割した時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すイベント情報を復号する、

受信装置。

【請求項 8】

請求項 5 の受信装置であって、

イベントとイベントの時間間隔の中に含まれると想定される最大のサンプル数を a とし、最小のサンプル数を b とし、 0 以上 b 以下の何れかの整数を c とし、 $\log_2(a-c)$ m とし、

前記復号部は、前記伝送フレーム $\text{flame}(T)$ の後の m 個の伝送フレームを用いて、前記伝

50

送フレーム flame(T-x)で検出したイベントを、その1つ前に検出したイベントから何番目のサンプルにおいて、検出したかを示すイベント情報を復号する、

受信装置。

【請求項9】

送信装置と受信装置とを含み、送信装置と受信装置との間で可視光通信を行う可視光通信システムであって、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし

、
前記送信装置は、

伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得部と、

サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出部と、

前記所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化部とを含み、

m及びxをそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記符号化部は、前記所定のイベントを検出した後にx番目に生成する伝送フレーム flame(T)を用いて、x個前の伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように前記送信信号を生成し、前記所定のイベントを検出した後に生成するm個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成し、

前記受信装置は、

送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光部と、

受光部で受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号部とを含み、

前記復号部は、伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム flame(T)を復号し、さらに、前記伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すm個の伝送フレームを復号し、

前記送信装置の前記符号化部は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、前記光信号が点灯状態になるように、送信信号を生成し、

前記受信装置の前記復号部は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、前記光信号が点灯状態になるように生成された送信信号を、タイミング情報を復号する際に利用しない、

可視光通信システム。

【請求項10】

可視光通信における送信装置を用いる送信方法であって、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし

、
送信装置が、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得ステップと、

送信装置が、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出ステップと、

送信装置が、前記所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化ステップとを含み、

m及びxをそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記符号化ステップは、前記所定のイベントを検出した後にx番目に生成する伝送フレーム flame(T)を用いて、x個前の伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように前記送信信号を生成し、前記所定のイベントを検出した後に生成するm個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する、

送信方法。

【請求項 1 1】

可視光通信における受信装置を用いる受信方法であって、

受信装置が、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光ステップと、

受信装置が、受光ステップで受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号ステップとを含み、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置は伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、サンプリングした情報に基づき所定のイベントを検出するものとし、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記復号ステップは、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、前記伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する、

10

受信方法。

【請求項 1 2】

送信装置と受信装置とを用いて、可視光通信を行う可視光通信方法であって、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、

前記送信装置が、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得ステップと、

20

前記送信装置が、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出ステップと、

前記送信装置が、前記所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化ステップとを含み、

m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記符号化ステップは、前記所定のイベントを検出した後に x 番目に生成する伝送フレーム $flame(T)$ を用いて、 x 個前の伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように前記送信信号を生成し、前記所定のイベントを検出した後に生成する m 個の伝送フレームを用いて、前記伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成し、

30

前記受信装置が、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光ステップと、

前記受信装置が、受光ステップで受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号ステップとを含み、

前記復号ステップは、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、前記伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号し、

前記符号化ステップは、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、前記光信号が点灯状態になるように、送信信号を生成し、

40

前記復号ステップは、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、前記光信号が点灯状態になるように生成された送信信号を、タイミング情報を復号する際に利用しない、

可視光通信方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 から請求項 4 の何れかの送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。

【請求項 1 4】

可視光通信において用いられ、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光部の出力信号を入力とし、

50

前記出力信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号部を含み、

可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置は伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、サンプリングした情報に基づき所定のイベントを検出するものとし、m及びxをそれぞれ1以上の何れかの整数とし、前記復号部は、伝送フレームflame(T-x)の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレームflame(T)を復号し、さらに、前記伝送フレームflame(T-x)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すm個の伝送フレームを復号する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】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、可視光通信において用いられる送信装置及び受信装置、送信装置と受信装置との間で可視光通信を行う可視光通信システム、それらの方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、LEDの発展に伴い可視光通信技術が目覚ましい発展を遂げている。特に、カメラを用いた可視光通信の利点は、(1)大量に存在する計測点(LEDの設置位置)からのデータを一箇所に簡単に収集できること、(2)収集と同時に計測点の位置も比較的容易に復元できることなどがあげられる。カメラを用いる場合、市販ベースでは30fps~120fps (fps:frames per second)が最もコストが安く、画像解像度も高い。

20

【0003】

通常、可視光通信においては、人間は見ないことを前提として発光パターンを決めるか、または、人間の視覚には気づかれないように発光パターンを決める(非特許文献1参照)。

【0004】

一方で、コンサートホールやスポーツの現場などでは、おおよそのタイミング情報を人間がその場で即座に知覚できることの重要性が唱えられている。人間がおおよそのタイミング情報を知覚できれば、例えば、観衆の心拍数の上昇から興奮度合いを推定したり、スポーツの腕の細かい振りのタイミングから運動の巧拙を判断する材料としたりすることができる。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】小峰敏彦、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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

40

しかし、人間の視覚に認知される情報を送りつつ、かつ工学的に十分な情報を30fps~120fpsのカメラを用いて伝送することは従来技術では考慮されていない。つまり、人間におおよそのタイミング情報を与えつつ、可視光通信上の受信装置にはさらに詳細なタイミング情報を与える符号化方式が必要とされている。

【0007】

上記の状況を鑑みて、特に心拍や細かい腕の振りなどのタイミング情報を伝送する方法に関する発案を行った。本発明は、これらのタイミング情報を低フレームレート(30fps~120fps)のカメラを用いても十分な精度で復元できるように、かつ、その場で人間がおおよそのタイミング情報を認知できる、可視光通信で送信する送信装置、受信装置、可視光通信システム、その方法及びプログラムを提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様によれば、送信装置は、可視光通信において用いられる。送信装置は、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得部と、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出部と、所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化部とを含み、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、符号化部は、所定のイベントを検出した後に x 番目に生成する伝送フレーム $flame(T)$ を用いて、 x 個前の伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成し、所定のイベントを検出した後に生成する m 個の伝送フレームを用いて、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。

10

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明の他の態様によれば、受信装置は、可視光通信において用いられる。受信装置は、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光部と、受光部で受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号部とを含み、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置は伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、サンプリングした情報に基づき所定のイベントを検出するものとし、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、復号部は、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する。

20

【0010】

上記の課題を解決するために、本発明の他の態様によれば、可視光通信システムは、送信装置と受信装置とを含み、送信装置と受信装置との間で可視光通信を行う。可視光通信システムは、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとする。送信装置は、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得部と、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出部と、所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化部とを含み、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、符号化部は、所定のイベントを検出した後に x 番目に生成する伝送フレーム $flame(T)$ を用いて、 x 個前の伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成し、所定のイベントを検出した後に生成する m 個の伝送フレームを用いて、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。受信装置は、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光部と、受光部で受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号部とを含み、復号部は、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する。送信装置の符号化部は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように、送信信号を生成し、受信装置の復号部は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように生成された送信信号をタイミング情報を、復号する際に利用しない。

30

40

【0012】

上記の課題を解決するために、本発明の他の態様によれば、送信方法は、可視光通信における送信装置を用いる。送信方法は、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置が、伝送レートよりも時間間隔が小さい

50

サンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得ステップと、送信装置が、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出ステップと、送信装置が、所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化ステップとを含み、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、符号化ステップは、所定のイベントを検出した後に x 番目に生成する伝送フレーム $flame(T)$ を用いて、 x 個前の伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成し、所定のイベントを検出した後に生成する m 個の伝送フレームを用いて、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。

【0013】

上記の課題を解決するために、本発明の他の態様によれば、受信方法は、可視光通信における受信装置を用いる。受信方法は、受信装置が、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光ステップと、受信装置が、受光ステップで受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号ステップとを含み、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置は伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、サンプリングした情報に基づき所定のイベントを検出するものとし、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、復号ステップは、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する。

【0014】

上記の課題を解決するために、本発明の他の態様によれば、可視光通信方法送信装置と受信装置とを用いて、可視光通信を行う。可視光通信方法は、可視光通信の伝送レートは、受信装置の受光部のフレームレートにより定まるものとし、送信装置が、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングする情報取得ステップと、送信装置が、サンプリングした情報から所定のイベントを検出するイベント検出ステップと、送信装置が、所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を符号化し、送信信号を生成する符号化ステップとを含み、 m 及び x をそれぞれ1以上の何れかの整数とし、符号化ステップは、所定のイベントを検出した後に x 番目に生成する伝送フレーム $flame(T)$ を用いて、 x 個前の伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成し、所定のイベントを検出した後に生成する m 個の伝送フレームを用いて、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。受信装置が、送信装置が生成した送信信号に基づき点滅する光信号を所定のフレームレートで受信する受光ステップと、受信装置が、受光ステップで受信した光信号を用いて、送信装置で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号する復号ステップとを含み、復号ステップは、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム $flame(T)$ を復号し、さらに、伝送フレーム $flame(T-x)$ の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す m 個の伝送フレームを復号する。符号化ステップは、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように、送信信号を生成し、復号ステップは、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように生成された送信信号を、タイミング情報を復号する際に利用しない。

【発明の効果】**【0016】**

本発明によれば、人間におおよそのタイミング情報を与えつつ、可視光通信上の送信装置と受信装置との間では詳細なタイミング情報を伝送可能とすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の概要を説明するための図。

【図2】第一実施形態に係る可視光通信システムの機能ブロック図。

【図3】第一実施形態に係る可視光通信システムの処理フローの例を示す図。

【図4】第一実施形態に係る可視光通信システムの符号化部の出力を説明するための図。

【図5】第二実施形態に係る可視光通信システムの符号化部の出力を説明するための図。

【図6】第三実施形態に係る可視光通信システムの符号化部の出力を説明するための図。

【図7】第三実施形態または第五実施形態に係る符号化部の処理フローの例を示す図。

【図8】第三実施形態または第五実施形態に係る復号部の処理フローの例を示す図。

【図9】第四実施形態に係る可視光通信システムの符号化部の出力を説明するための図。

【図10】第五実施形態に係る可視光通信システムの符号化部の出力を説明するための図

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

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。

【0019】

<第一実施形態>

例えば、図1のように対象者に心電図等のセンサを装着し、心臓が動いたタイミングでLED等を点灯させ、人間に対しては図中のAとBのタイミングで心臓が動いたことをおおまかに知らせるとともに、LEDの点滅を撮影するカメラには伝送レートと同等の精度で心臓が動いたタイミングを知らせる。

20

【0020】

まず、以下の用語を定義する。

フレームレート：映像（動画）において、単位時間あたりに処理させるフレーム数（静止画像数、コマ数）である。本実施形態では、1秒あたりの数値で表し、fpsという単位で表す。

伝送レート：受光部に用いるカメラの性能（フレームレート）によって決まる、送信装置と受信装置の間で点滅情報が伝送できる1秒あたりの頻度であり、 f とする。本実施形態では受光部にカメラを想定し、伝送レートをカメラのフレームレートの半分としている。なお、伝送レートはフレームレートと同等以下であればよい。

30

伝送フレーム：点滅情報を一回送るのに使う時間区間であり、 $(1/f)$ 秒の長さを持つ。サンプリングレート：単位時間あたりにサンプルを採る頻度であり、 f_s とする。本実施形態では1秒あたりの頻度を表し、Hzで表す。

【0021】

<第一実施形態に係る可視光通信システム>

図2は本実施形態に係る可視光通信システム100の機能ブロック図を、図3はその処理フローを示す。

【0022】

可視光通信システム100は、送信装置110と受信装置120とを含む。

40

【0023】

<送信装置110>

送信装置110は、情報取得部111とイベント検出部112と符号化部113と発光部114とを含む。例えば、送信装置110は、各部が一体化されたユニットからなる。例えば、送信装置110は、心拍計からなる情報取得部111と、マイコンからなるイベント検出部112及び符号化部113と、LEDからなる発光部114とが一体化された装置である。

【0024】

<情報取得部111>

50

情報取得部 1 1 1 は、伝送レートよりも時間間隔が小さいサンプリングレートで、所定の情報をサンプリングし (s 1 1 1)、出力する。ここで、伝送レートの時間間隔とは点滅情報を一回送るのに使う時間間隔 ($=1/f$) であり、サンプリングレートの時間間隔とはサンプルを 1 個取得するのに使う時間間隔 ($=1/f_s$) である。例えば、情報取得部 1 1 1 は、心電図の電氣的な波形や、腕や足につけた加速度計の波形を所定のサンプリングレート (例えば 500Hz) でサンプリングし、サンプル値をイベント検出部 1 1 2 に出力する。なお、心電図の波形や、加速度計の波形の元となる情報を測定する心電計や加速度計自体を情報取得部として用い、波形となる前のサンプル値を出力してもよい。

【 0 0 2 5 】

< イベント検出部 1 1 2 >

イベント検出部 1 1 2 は、情報取得部 1 1 1 でサンプリングした情報を受け取り、この情報から所定のイベントを検出し (s 1 1 2)、所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を出力する。

【 0 0 2 6 】

例えば、心電図計測の場合、心臓の拍動タイミングとして R 波の発生イベントを検出し、その発生時刻を符号化部 1 1 3 に送る。R の発生タイミングは、例えば心電図波形のピークを検出することによって行われる (参考文献 1 参照)。同様に、「腕が振られた」、あるいは、「歩く」といったイベントを腕、足、腰などにつけられた加速度計の加速度の方向の変化点として検出し、そのタイミング情報を符号化部 1 1 3 に送る。

(参考文献 1) B.-U. Kohler, C. Hennig, and R. Orlgmeister, "The principles of software QRS detection", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2002, vol. 21, no. 1, pp. 42-57.

【 0 0 2 7 】

< 符号化部 1 1 3 >

符号化部 1 1 3 は、タイミング情報を受け取り、タイミング情報を符号化し (s 1 1 3)、送信信号を生成し、出力する。

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、符号化部 1 1 3 は、タイミング情報を LED の点滅パターン信号に変換し、発光部 1 1 4 に送る。本実施形態ではタイミング情報を受け取ってから、人間が視覚的に認知可能で、かつ、次のイベントと十分な間隔をあけられるような時間の長さだけ LED を点灯させる信号を出力する。例えば、拍動イベント発生のタイミングは 300ms ~ 1100ms 程度の間隔を持っている。このとき、50ms の間点灯する信号を発光部 1 1 4 に送る。そうすると、発光部 1 1 4 は、点灯状態と点灯状態との間に 250ms ~ 1050ms 程度の消灯状態を持つこととなる。人間の目の時間分解能は約 50ms ~ 100ms 程度であり、この時間よりも短い光の点滅は、連続点灯しているように知覚される。そのため、あるイベントの発生を示す点灯状態とその次のイベントの発生を示す点灯状態との間に、人間が視覚的に二つの点灯状態を区別することができる程度の消灯状態 (例えば、100ms 以上の消灯状態) を設けて、点滅パターン信号を生成すればよい。例えば、あるイベントの発生を知らせる信号と少なくとも 1/4 以上の間隔をあけることにより、視覚的に次のイベントの発生を区別できるようにする。拍動イベント発生のタイミングは、短くとも 300ms 程度の間隔を持っているので、1/4 以上の間隔をあける場合には、 $300/4=75\text{ms}$ 以上の消灯時間を設ければいいため、50ms の間点灯する信号であれば、少なくとも 250ms の消灯時間を持つ点滅パターン信号を生成することができるため十分である。

【 0 0 2 9 】

< 発光部 1 1 4 >

発光部 1 1 4 は、送信信号を受け取り、この信号に基づき点滅する (s 1 1 4)。なお、送信装置 1 1 0 は、発光部 1 1 4 の点滅により光信号を送信する。例えば、発光部 1 1 4 は、一個の LED からなり、点滅パターン信号に基づき点滅する。また、例えば、発光部 1 1 4 は、情報取得部 1 1 1 のサンプリングの対象となるものに取り付けてもよい。例えば、心電図の波形をサンプリングする場合には、心電計を取り付けられた人間に発光部 1

10

20

30

40

50

14を取り付ける。このような構成とすることで、発光部114の示す点滅パターン信号が何に対する情報かを視覚的に分かりやすく表現することができる。

【0030】

<受信装置120>

受信装置120は、受光部121と復号部122とを含む。なお、可視光通信の伝送レートは、受信装置120の受光部121のフレームレートにより定まる。受信装置120は、光信号を受信し、タイミング情報を出力する。

【0031】

<受光部121>

受光部121は、光信号を所定のフレームレートで受信し(s121)、電気信号に変換して出力する。受光部121は、例えば、カメラからなり、発光部114の点滅を撮影し、その位置情報と点滅の01に戻した情報とを復号部122に送る。例えば、伝送レートの倍のフレームレートで撮影し、その画像情報から発光部114(例えばLED)が写っている領域を抜き出してその位置情報を保持し、発光部114が光っていたか否かを示す信号(例えば、点灯状態を1とし、消灯状態を0とする信号)を復元する。

10

【0032】

<復号部122>

復号部122は、受光部121で受信し、電気信号に変換された光信号を受け取り、この信号を用いて、送信装置110で所定のイベントを検出したタイミングを示すタイミング情報を復号し(s122)、出力する。

20

【0033】

例えば、発光部114が光っていた箇所を心拍が生じたタイミングとする。

【0034】

<効果>

このような構成により、人間に視覚を通してタイミング情報を送ることができるとともに、送信装置110と受信装置120との間の伝送レートの精度でイベント情報を送ることができる。

【0035】

<変形例>

サンプリングの対象は、心電図の電気的な波形や加速度計の波形に限らない。信号処理において、時間的に連続する信号を一定の間隔をおいて測定することにより、離散信号として収集することができればよい。人間に視覚を通してタイミング情報を送ることができるとともに、送信装置110と受信装置120との間の伝送レートの精度でイベント情報を送ることができればよい。

30

【0036】

発光部114は必ずしも送信装置110に含まれていなくともよい。例えば、ある部屋に設置された送信装置110から送信信号を出力し、通信回線を介して、別の部屋に設置された発光部114を点滅させ、その点滅を受信装置120で受信してもよい。

【0037】

受光部121では、必要に応じて発光部114の位置情報を保持すればよい。例えば、本実施形態では位置情報を利用しないため、位置情報を必ずしも保持しなくともよい。

40

【0038】

<第二実施形態>

第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0039】

送信装置210の符号化部213及び受信装置220の復号部222の構成が、それぞれ第一実施形態の送信装置110の符号化部113及び受信装置120の復号部122と異なる。

【0040】

第一実施形態では、図4に示すように、送信装置110側ではサンプリングレートの時

50

間隔（時間単位といってもよい、例えば、サンプリングレートが500hzであれば、2msの時間単位）でイベントを検出することができるが、受信装置120側では伝送レートの時間間隔（例えば、フレームレートが60fpsで、伝送レートが30fpsであれば、33msの時間単位）でしかイベント情報を取得することができない。

【0041】

本実施形態では、視覚的にひとつのタイミング情報と認知される点滅をしつつ、受信装置120側では伝送レートより高い精度（サンプリングレートの時間間隔）でタイミング情報を復号できる手法を提案する。

【0042】

つまり、本実施形態では、可視光通信において、伝送レートよりも良い精度をもつイベント発生タイミング情報を伝送する。そして、視覚的にもイベント発生タイミング情報を認識できる発光パターンとする。

【0043】

<符号化部213>

符号化部213は、タイミング情報を受け取り、タイミング情報を符号化し、送信信号を生成し（s213）、発光部114へ出力する。例えば、所定のイベントを検出した直後の伝送フレームflame(T)を用いて（図5参照）、直前の伝送フレームflame(T-1)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成し、伝送フレームflame(T)の後のm個の伝送フレームを用いて、伝送フレームflame(T-1)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。ただし、mは、1以上の何れかの整数である。

【0044】

例えば、符号化部213は、m個の伝送フレームを用いて、伝送フレームflame(T-1)に含まれるa個のサンプルの中の何番目のサンプルにおいて、イベントを検出したかを示すように送信信号を生成する。ただし、1つの伝送フレームの時間間隔の中に含まれるサンプル数をaとし、 $\log_2 a$ mとする。

【0045】

符号化部213は、伝送レートの速さで1,0の点滅情報からなる送信信号（以下、点滅パターン信号ともいう）を発光部114に送るとする。つまり、発光部114は、伝送レートで点滅する。また、以降全ての実施形態で点滅情報を1,0で表現する場合、1は点灯、0は消灯を表すとする。本実施形態では、イベント検出の直後の伝送フレームで1を出力する。その後、イベント発生が、伝送フレームのどの位置にあったかの情報を1,0の情報としてさらに発光部114に送る。(1)どの位置をどうbit表現に割り当てるか、また、(2)情報伝送が終了していることを表すstop bitパターンは事前に復号部222と共有しているとする。

【0046】

例えばサンプリング800Hzで心拍を計測し、伝送レート30fpsで伝送している場合、1つの伝送フレームの時間間隔の中に含まれるサンプル数は $(800/30)$ 27個(a=27)である。なお、1つの伝送フレームの時間間隔の中に含まれるサンプル数aは $a = f_s / f$ により表される。伝送フレームflame(T-1)内でのイベント発生サンプリングレートでの正確な位置はおよそ $(800/30)$ 27通りであり、5bit($\log_2 27 \approx 5(m=5)$)の情報で表すことができる。イベント発生が新しい方から順に[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,1],[0,0,0,1,0]...を割り当てるとし、またstop bitパターンを[0,0,0,0,0]とし、このルールを事前に復号部222と共有していることとする。この場合、伝送フレームの中の20番目でイベントがあった場合に、符号化部213はイベント発生直後の伝送フレームから、[1,1,0,0,1,1]の情報を発光部114に伝送レートで送る。

【0047】

<復号部222>

復号部222は、受光部121で受信し、電気信号に変換された光信号を受け取り、この信号を用いて、タイミング情報を復号し（s222）、出力する。復号部222は、伝

10

20

30

40

50

送フレーム flame(T-1)の時間間隔の中で所定のイベントを検出したことを示す伝送フレーム flame(T)を復号し、さらに、伝送フレーム flame(T-1)の時間間隔の中のどの時点でイベントを検出したかを示す、伝送フレーム flame(T)の後のm個の伝送フレームを復号する。例えば、復号部 2 2 2 は、m個の伝送フレームを用いて、伝送フレーム flame(T-1)に含まれるa個のサンプルの中の何番目のサンプルにおいて、イベントを検出したかを示すイベント情報を復号する。

【 0 0 4 8 】

本実施形態では事前に復号部 1 2 2 と共有した stop bit パターンを受け取った後に最初に立った bit の伝送フレームの時刻を ST とする。事前に共有した bit 表現からこのとき、伝送フレーム内のイベント発生位置が新しいほうから n 時刻のところにあったと復元できる。このとき、イベント発生時刻は T-n で求まる。

10

【 0 0 4 9 】

例えば、[0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1]を受け取った場合、6伝送フレーム以上0が続いた後に来た7個目の伝送フレーム flame(t) (イベント発生)を受け取った時刻が 10s だとする。このとき n は $20/(30 \times 27)$ s であり、イベント発生時刻は $10 - 20/(30 \times 27)$ s と復元される。

【 0 0 5 0 】

< 効果 >

このような構成とすることで、第一実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、人間におおよその伝送レートの精度でタイミング情報を与えつつ、可視光通信上の送信装置と受信装置との間では詳細なサンプリングレートの精度でタイミング情報を伝送可能とすることができる。なお、本実施形態と他の実施形態またはその変形例とを組合せてもよい。

20

【 0 0 5 1 】

< 変形例 >

本実施形態のポイントは、伝送レートの時間間隔よりも小さい時間間隔でタイミング情報を伝えることである。よって、必ずしもイベントを検出した直後の伝送フレーム flame(T)において、flame(T-1)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成しなくともよい。例えば、イベントを検出した後の伝送フレームであれば、x個前の伝送フレーム flame(T-x)の時間間隔の中でイベントを検出したことを示すように送信信号を生成すればよく、その符号化のルールを受信装置 2 2 0 と共有すればよい。ただし、人間は、発光部 1 1 4 の点滅を見て、所定のイベントが発生したタイミングを知覚するため、知覚のズレが大きくなり過ぎないように x を設定する必要がある。また、必ずしも、伝送フレーム flame(T)の後の連続した m 個の伝送フレーム flame(T+1), flame(T+2), ..., flame(T+m)を用いなくともよく、連続していない m 個の伝送フレームを用いてもよい。

30

【 0 0 5 2 】

また、必ずしも、伝送フレーム flame(T-1)に含まれる a 個のサンプルの中の「何番目のサンプル」において、イベントを検出したかを示すように送信信号を生成しなくともよい。例えば、伝送フレーム flame(T-1)に含まれる a 個のサンプルの中の「(yz+1) ~ y(z+1) 番目のサンプル」において、イベントを検出したかを示すように送信信号を生成してもよい。なお、y は 1 つの伝送フレームで示すサンプルの範囲を、z は 0 以上商 (サンプル数 a を範囲 y で割ったときの商) 以下の整数を表す。y=2 として、27 個のサンプルの中の、「1 ~ 2 番目のサンプル」、「3 ~ 4 番目のサンプル」、...、「25 ~ 26 番目のサンプル」、「27 番目のサンプル」において、イベントを検出したかを示すように送信信号を生成してもよい。このような構成としても、第二実施形態よりもその精度は落ちるが、伝送する情報量を小さくしつつ、伝送レートの時間間隔よりも小さい時間間隔でタイミング情報を伝えることができる。要は、人間に視覚を通してタイミング情報を送ることができるとともに、送信装置 2 1 0 と受信装置 2 2 0 との間で符号化のルールを共有し、伝送レートの時間間隔よりも小さい時間間隔でイベント情報を送ることができればよい。

40

【 0 0 5 3 】

50

サンプリングの対象は、心電図の電氣的な波形や加速度計の波形に限らない。人間に視覚を通してタイミング情報を送ることができるとともに、送信装置 2 1 0 と受信装置 2 2 0 との間の伝送レートの時間間隔よりも小さい時間間隔でイベント情報を送ることができればよく、サンプリングレートが伝送レートよりも小さいものであれば、サンプリングの対象はどのようなものであってもよい。

【 0 0 5 4 】

また、stop bitパターンを調節することにより、人間の視覚にはひとつのタイミング情報と認知される発光パターンに調節してもよい。

【 0 0 5 5 】

< 第三実施形態 >

第二実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 5 6 】

送信装置 3 1 0 の符号化部 3 1 3 及び受信装置 3 2 0 の復号部 3 2 2 の構成が、それぞれ第二実施形態の送信装置 2 1 0 の符号化部 2 1 3 及び受信装置 2 2 0 の復号部 2 2 2 と異なる。

【 0 0 5 7 】

< 符号化部 3 1 3 >

符号化部 3 1 3 は、タイミング情報を受け取り、伝送フレーム flame(T) の後の m 個の伝送フレーム flame(T+1), flame(T+2), ..., flame(T+m) を用いて、伝送フレーム flame(T-1) を 2^a 個に等分割したときに、 2^{a-1} 個に等分割した時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すように送信信号を生成し (s 3 1 3)、出力する (図 6 参照)。言い換えると、伝送フレーム flame(T-1) を 2^{a-1} 個に等分割したときに、その時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すように伝送フレーム flame(T+a) を設定し、送信信号を生成する。ただし、 $a=1, 2, \dots, m$ とする。

【 0 0 5 8 】

本実施形態ではイベント発生 of the 信号を受けた直後の伝送フレーム flame(T) で 1 を出力し、引き続いてイベント発生 of the タイミングが判断フレーム内の前半にあるか後半にあるかを発光部 1 1 4 に伝送レートで出力する。判断フレームの初期値は伝送フレームと一致しており、伝送するごとに長さを半分にし、イベント発生のある側に設定する。「判断フレームの更新回数 L」(最大で (イベント知らせる出力 bit 数 - 1) 回) はあらかじめ復号部 3 2 2 と共有する。また、更新回数 L (出力の長さ) はイベント発生 of the 最小間隔よりも短い時間に伝送できる回数とする。例えば、図 7 のフローチャートに沿って送信信号を生成する。

【 0 0 5 9 】

イベント検出信号 (タイミング情報) を受け取る (s 1)。イベント検出信号を受け取るまで待機する。

【 0 0 6 0 】

タイミング情報を受け取ると、イベント検出を表す 1 を発光部 1 1 4 に出力する。さらに、タイミング情報からイベント発生位置が一つ前の伝送フレームのどの位置にあるかを取得する。さらに、最初の判断フレームの長さをイベント発生があった伝送フレームの長さと同じ長さに設定する (s 2)。ループ回数 $i = 1$ とする。

【 0 0 6 1 】

イベント発生位置が判断フレームの後半 (新しい側) にある場合 (s 3)、イベント検出を送信した次の伝送フレームで 0 を発光部 1 1 4 に出力する (s 4)。前半 (古い側) にある場合 (s 3)、1 を出力する (s 5)。

【 0 0 6 2 】

ループ回数を更新し (s 6)、 $i = i + 1$ とする。

【 0 0 6 3 】

ループ回数 i が、予め設定された判断フレームの更新回数 L 以下か否かを判定し (s 7)、更新回数 L 以下の場合、次の判断フレームを先の判断フレームの半分の長さとし (判断

10

20

30

40

50

フレームの更新、s 8)、s 3 ~ s 7の処理を繰り返す。

【0064】

更新回数Lを超えた場合(s 7)、処理を終了する。

【0065】

例えば、サンプリングレート500Hz、伝送レート30fpsであり、イベント発生 の最小間隔が0.3sだとする。すると(0.3*30=)9個の伝送フレーム(更新回数8回)を最大使うことができる。視覚的にもイベント発生が分離して知覚されることを考慮して更新回数Lを3回と設定したとする。イベント発生がフレームの新しい側から6/8の位置に発生しているとき、符号化部は[1,0,1,0]の信号を出力する。

【0066】

<復号部322>

復号部322は、光信号を受け取り、伝送フレームflame(T)の後のm個の伝送フレームflame(T+1), flame(T+2), ..., flame(T+m)を用いて、伝送フレームflame(T-1)を 2^a 個に等分割したときに、 2^{a-1} 個に等分割した時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すイベント情報を復号する(s 322)。言い換えると、伝送フレームflame(T-1)を 2^{a-1} 個に等分割したときに、その時間区間の前半、または、後半のどちらにおいてイベントを検出したかを示すイベント情報を復号する。例えば、図8に示す以下のアルゴリズムで復号する。

【0067】

受光部121から受け取った光信号が「1」か否かを判定する(s 21)。「1」でなければ次の光信号を取得する。

【0068】

光信号が「1」である伝送フレームの一つ前の伝送フレームの真ん中の時刻をSTとして記録する。ループ変数j 1とする(s 22)。

【0069】

次の伝送フレームの光信号をb(j)とし、b(j)が「1」か否かを判定する(s 23)。

【0070】

b(j)=1の場合、次式によりイベント発生時刻STを更新する(s 24)。

【0071】

【数1】

$$ST \leftarrow ST - \frac{1}{2^{j+1} f}$$

【0072】

ただし、fは伝送フレームの時間間隔を表す。

【0073】

b(j) 0の場合、次式によりイベント発生時刻STを更新する(s 25)。

【0074】

【数2】

$$ST \leftarrow ST + \frac{1}{2^{j+1} f}$$

【0075】

次に、jを更新し、j j+1とする。

【0076】

ループ回数jが、予め設定された判断フレームの更新回数L以下か否かを判定し(s 26)、更新回数L以下の場合、s 23 ~ s 26の処理を繰り返す。

【0077】

更新回数Lを超えた場合(s 27)、その時点のSTをイベント発生時刻STとして出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 8 】

< 効果 >

このような構成により、第二実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、第三実施形態によれば、任意のビット長(「判断フレームの更新回数L」)でタイミング情報を精度よく送信できる。本実施形態と他の実施形態またはその変形例とを組合せてもよい。

【 0 0 7 9 】

< 変形例 >

stop bitパターンや「判断フレームの更新回数」を調節することにより、人間の視覚にはひとつのタイミング情報と認知される発光パターンに調節してもよい。

【 0 0 8 0 】

< 第四実施形態 >

第二実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 8 1 】

送信装置 4 1 0 の符号化部 4 1 3 及び受信装置 4 2 0 の復号部 4 2 2 の構成が、それぞれ第二実施形態の送信装置 2 1 0 の符号化部 2 1 3 及び受信装置 2 2 0 の復号部 2 2 2 と異なる。

【 0 0 8 2 】

< 符号化部 4 1 3 >

イベントとイベントの時間間隔の中に含まれると想定される最大のサンプル数を a とし、最小のサンプル数を b とし、0 以上 b 以下の何れかの整数を c とし、 $\log_2(a-c)$ m とする。

【 0 0 8 3 】

符号化部 4 1 3 は、タイミング情報を受け取り、伝送フレーム flame(T) の後の m 個の伝送フレーム flame(T+1), flame(T+2), ..., flame(T+m) を用いて、伝送フレーム flame(T-1) で検出したイベントを、その 1 つ前に検出したイベントから何番目のサンプルにおいて、検出したかを示すように送信信号を生成し (s 4 1 3)、出力する (図 9 参照)。

【 0 0 8 4 】

本実施形態ではイベント発生の信号を受けた直後の伝送フレームで 1 を出力し、引き続いてひとつ前のイベント情報からのイベント間隔情報 d を発光部 1 1 4 に伝送レートで出力する。あらかじめ伝送する bit 量は復号部 4 2 2 と共有しておく。

【 0 0 8 5 】

例えばサンプリングレート 500Hz, 伝送レート 30fps であったとき、心拍が 300ms ~ 1100ms 程度の間隔で生じた場合、 $d=(500 \cdot 0.3)150 \sim (500 \cdot 1.1)550$ となるため (この例では d の単位はサンプル回数)、この情報をイベント検出の 1bit と引き続き 10bit ($2^{10}=1024$ 個の種類の情報を送信可能) を使って伝送する。

【 0 0 8 6 】

< 復号部 4 2 2 >

復号部 4 2 2 は、光信号を受け取り、伝送フレーム flame(T) の後の m 個の伝送フレーム flame(T+1), flame(T+2), ..., flame(T+m) を用いて、伝送フレーム flame(T-1) で検出したイベントを、その 1 つ前に検出したイベントから何番目のサンプルにおいて、検出したかを示すイベント情報を復号する (s 4 2 2)。

【 0 0 8 7 】

復号部 4 2 2 は、イベント検出の 1bit を受け取った後、引き続き送られる情報からイベント間隔情報 d を得る。尚、オプションとして、d の想定レンジを表す量のみを送ることで伝送量を減らしても良い。例えば、先の例ならば心拍ならば 300ms 以内に生じることはないとして d から $c=150$ の値を引いたもの $d' (=0 \sim 400)$ を 9bit ($2^9=512$ 個の種類の情報を送信可能) を使って伝送しても良い。

【 0 0 8 8 】

< 効果 >

このような構成により、第二実施形態と同様の効果を得ることができる。なお、本実施形態と他の実施形態またはその変形例とを組合せてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

< 第五実施形態 >

第三実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 9 0 】

前述の通り、人間の目の時間分解能は約50ms～100ms程度である。例えば、伝送レートが30fpsであれば、周期は33msであり、第三実施形態において、1つのイベント検出を示す点滅パターン信号の中に、4つ以上の伝送フレームで「0」が続くと、消灯状態が132ms以上続き、1つのイベントに対する点灯状態を表すのか、2つのイベントに対するイベント状態を表すのかの区別がつきにくい場合がある。また、連続する2つのイベント検出を示す点滅パターン信号において、先のイベント検出を示す点滅パターン信号と後のイベント検出を示す点滅パターン信号との区別がつきにくい場合がある。つまり、イベントと点灯状態との対応関係が把握しづらくなる場合がある。

10

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、1つのイベント検出を示す点滅パターン信号が、人間の視覚を通してひとまとまりの点灯状態として知覚されるように送信信号を生成し、イベントと点灯状態との対応関係が把握できるようにする。

【 0 0 9 2 】

送信装置 5 1 0 の符号化部 5 1 3 及び受信装置 5 2 0 の復号部 5 2 2 の構成が、それぞれ第三実施形態の送信装置 3 1 0 の符号化部 3 1 3 及び受信装置 3 2 0 の復号部 3 2 2 と異なる。

20

【 0 0 9 3 】

< 符号化部 5 1 3 >

符号化部 5 1 3 は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように、送信信号を生成する（図 1 0 参照）。

【 0 0 9 4 】

本実施形態では視覚的にひとつのイベント情報と認識されやすいように、伝送フレームの2つに1つは必ず発光部 1 1 4 が光るように符号化部 5 1 3 の出力を変更する。本実施形態では第三実施形態の符号化部 3 1 3 に変更を加えた場合を図 7 を用いて示す。

【 0 0 9 5 】

イベント検出信号(タイミング情報)を受け取る (s 1)。

30

【 0 0 9 6 】

タイミング情報を受け取ると、イベント検出を表す 1 を発光部 1 1 4 に出力する。さらに、タイミング情報からイベント発生位置が一つ前の伝送フレームのどの位置にあるかを取得する。さらに、最初の判断フレームの長さをイベント発生があった伝送フレームの長さと同じ長さに設定する (s 2)。ループ回数 $i = 1$ とする。イベント検出信号を受け取るまで待機する。

【 0 0 9 7 】

ループ回数 i が偶数の場合 (s 2 - 2)、次の伝送フレームで 1 を発光部 1 1 4 に出力する (s 2 - 3)。

【 0 0 9 8 】

イベント発生位置が判断フレームの後半(新しい側)にある場合 (s 3)、イベント検出を送信した次の伝送フレームで 0 を発光部 1 1 4 に出力する (s 4)。前半(古い側)にある場合 (s 3)、1 を出力する (s 5)。

40

【 0 0 9 9 】

ループ回数を更新し (s 6)、 $i = i + 1$ とする。

【 0 1 0 0 】

ループ回数 i が、予め設定された判断フレームの更新回数以下か否かを判定し (s 7)、更新回数以下の場合、次の判断フレームを先の判断フレームの半分の長さとし (判断フレームの更新、 s 8)、s 2 - 2 ~ s 7 の処理を繰り返す。

【 0 1 0 1 】

50

更新回数を超えた場合 (s 7)、処理を終了する。

【 0 1 0 2 】

< 復号部 5 2 2 >

復号部 5 2 2 は、人間が見たときに消灯していることに気付かない時間間隔で、光信号が点灯状態になるように生成された送信信号を、タイミング情報を復号する際に利用しない。本実施形態では第三実施形態の復号部 3 2 2 に変更を加えた場合を図 8 を用いて示す。

【 0 1 0 3 】

受光部 1 2 1 から受け取った光信号が「 1 」か否かを判定する (s 2 1)。

【 0 1 0 4 】

光信号が「 1 」である伝送フレームの一つ前の伝送フレームの真ん中の時刻をSTとして記録する。ループ変数 j 1 とする (s 2 2)。「 1 」でなければ次の光信号を取得する。

【 0 1 0 5 】

ループ変数 j が偶数の場合 (s 2 2 - 2)、次の伝送フレームの出力 b(j) を無視する (必ず「 1 」のはずである)。例えば、 j j+1 とする (s 2 2 - 3)。

【 0 1 0 6 】

次の伝送フレームの光信号を b(j) とし、 b(j) が「 1 」か否かを判定する (s 2 3)。

【 0 1 0 7 】

b(j)=1 の場合、ループ変数 j を 2 で割った商を k とする。例えば、 k (j-j%2)/2 である。 j%2 は j を 2 で割ったときの余りを表す。次式によりイベント発生時刻 ST を更新する (s 2 4、ただし、図 8 の s 2 4 の「 j + 1 」を「 k + 2 」に置き換える)。

【 0 1 0 8 】

【数 3】

$$ST \leftarrow ST - \frac{1}{2^{k+2} f}$$

【 0 1 0 9 】

ただし、 f は伝送フレームの時間間隔を表す。

【 0 1 1 0 】

b(j) 0 の場合、次式によりイベント発生時刻 ST を更新する (s 2 5、ただし、図 8 の s 2 5 の「 j + 1 」を「 k + 2 」に置き換える)。

【 0 1 1 1 】

【数 4】

$$ST \leftarrow ST + \frac{1}{2^{k+2} f}$$

【 0 1 1 2 】

次に、 j を更新し、 j j+1 とする。

【 0 1 1 3 】

ループ回数 j が、予め設定された判断フレームの更新回数 L 以下か否かを判定し (s 2 6)、更新回数以下の場合、 s 2 2 - 2 ~ s 2 6 の処理を繰り返す。

【 0 1 1 4 】

更新回数を超えた場合 (s 2 7)、その時点の ST をイベント発生時刻 ST として出力する。

【 0 1 1 5 】

< 効果 >

このような構成により、第三実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、人間の視覚にはひとつのタイミング情報と認知される情報を送りつつ、かつ伝送レートより高い精度のタイミング情報を送信できる。例えば、第二～第四実施形態の発光部 1 1 4 の明滅スピードでは、(1)1回のイベントで2回光った場合と、(2)2回のイベントでそれぞれ1回

10

20

30

40

50

ずつ光った場合、の区別がつきにくい場合がある。これに対し、第五実施形態では、1回のイベント中に関する点滅を視認しづらくしてイベント中は発光部114がずっと光っているように見せかける。このような構成とすることで(1)と(2)の場合を区別可能とし、イベントと点灯状態との対応関係が把握できるようになる。なお、本実施形態と他の実施形態またはその変形例とを組合せてもよい。

【0116】

<変形例>

本実施形態では、発光部114が、2回分の伝送フレームの時間間隔のうち、1回分の伝送フレームに対応する時間間隔で必ず発光するパターンを想定したが、3回に1回でも、4回に1回でも良い。人間の目の時間分解能と伝送フレームの時間間隔の長さから、イベントと点灯状態との対応関係が把握できるように送信信号を生成すれば、何回分の伝送フレームに一度、必ず発光するようにしてもよい。

10

【0130】

<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。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に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。

【0131】

<プログラム及び記録媒体>

また、上記の実施形態及び変形例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してもよい。その場合、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。

20

【0132】

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、半導体メモリ等どのようなものでもよい。

【0133】

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てもよい。

30

【0134】

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、自己の記憶部に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶部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施形態として、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い。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、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。

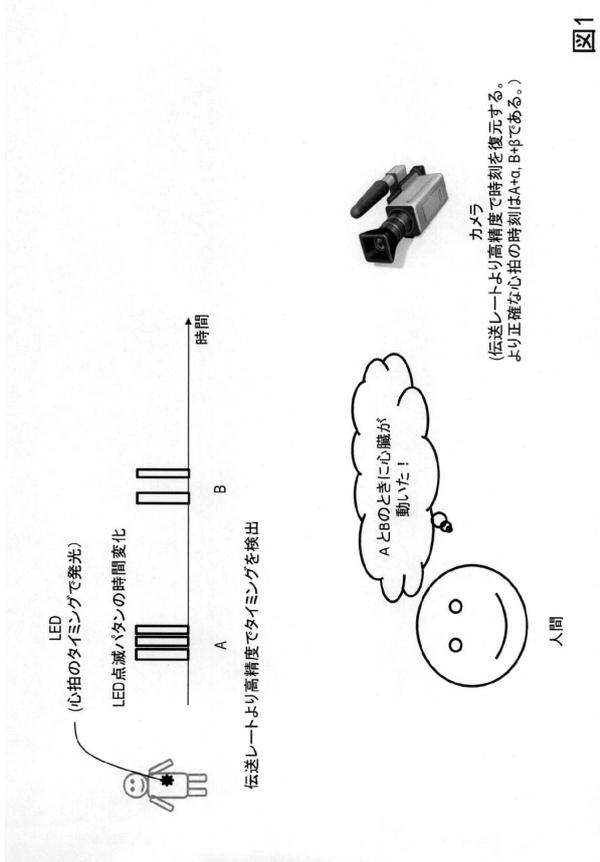
40

【0135】

50

また、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、各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。

【 図 1 】



【 図 2 】

図1

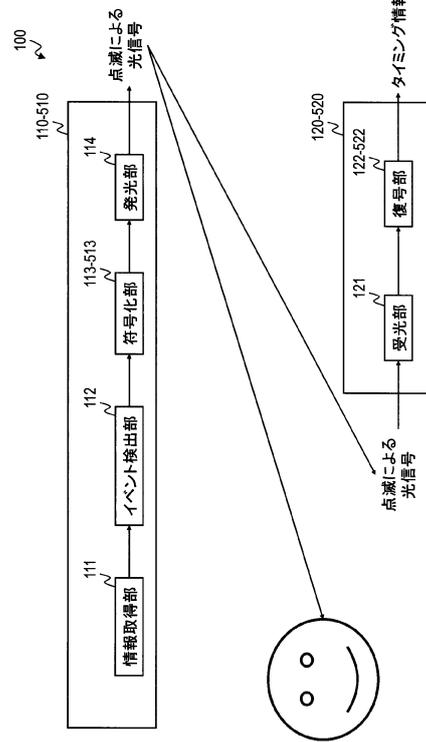


図2

【 図 3 】

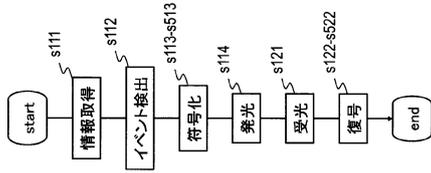


図3

【 図 4 】

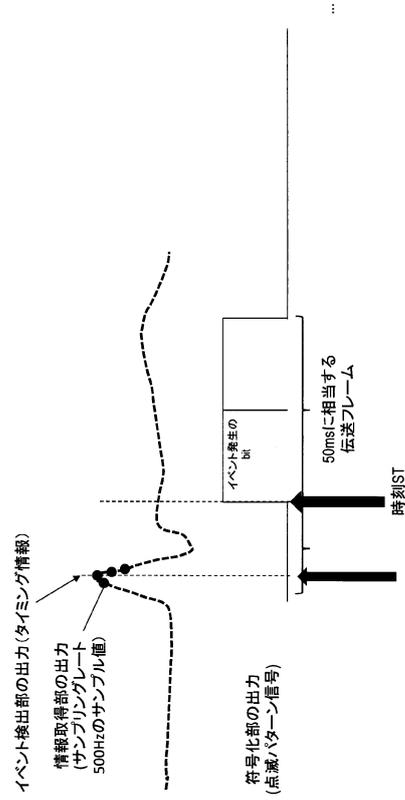


図4

【 図 5 】

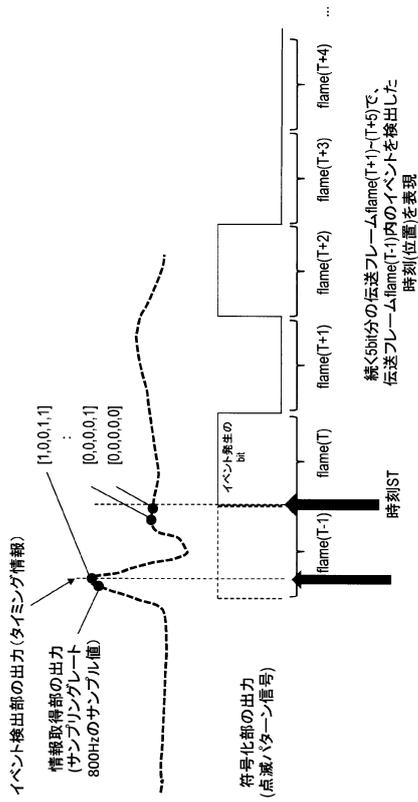


図5

【 図 6 】

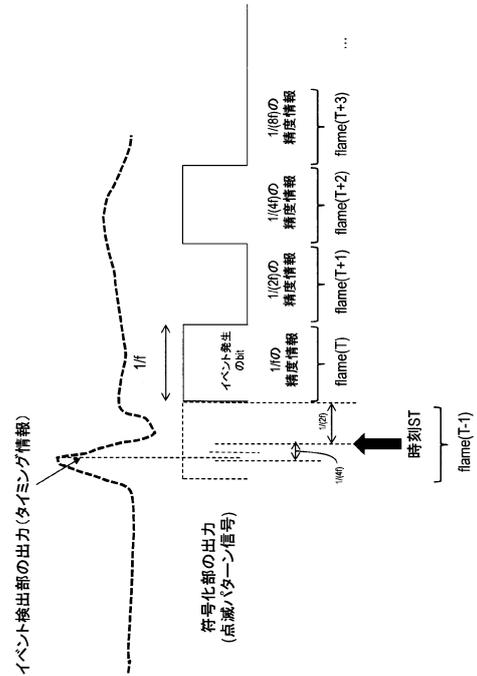


図6

【 図 7 】

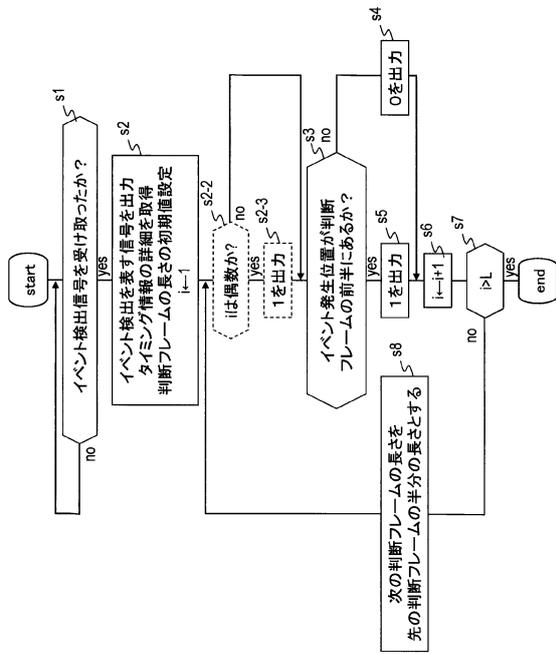


図7

【 図 8 】

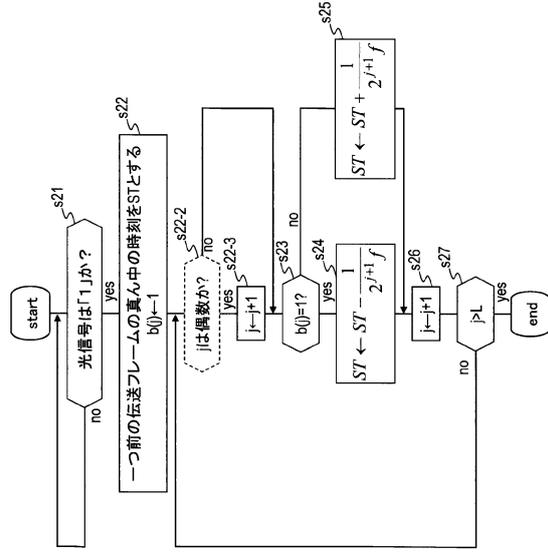


図8

【 図 9 】

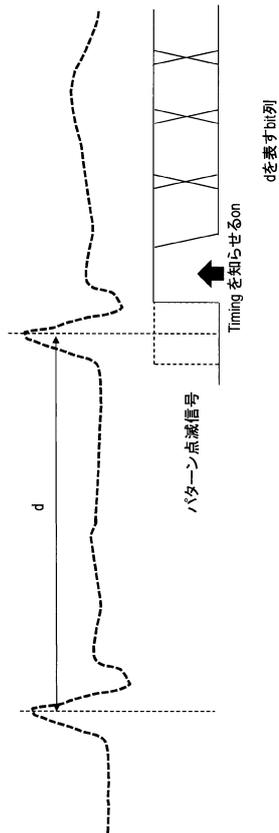


図9

【 図 10 】

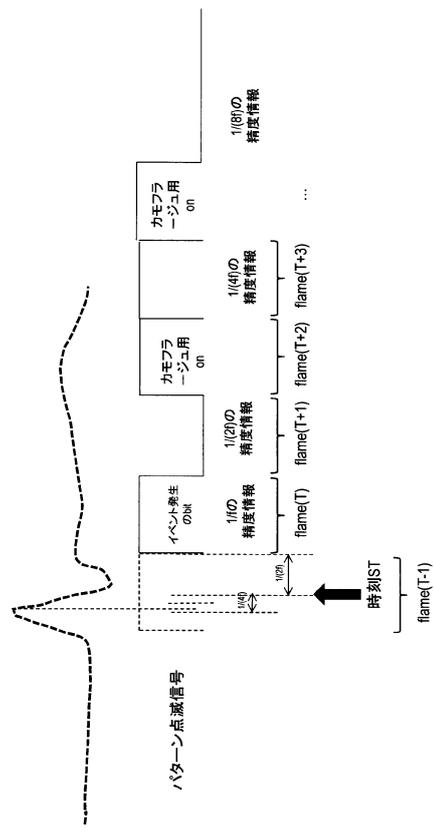


図10

フロントページの続き

- (72)発明者 ガブリエル パブロ ナバ
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 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 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 塚田 信吾
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 住友 弘二
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 河西 奈保子
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2007-274052(JP,A)
特開2014-124345(JP,A)
特開2009-015449(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90
H04J14/00-14/08
H04J 3/00