

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5698764号
(P5698764)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月20日(2015.2.20)

(51) Int.Cl.

F I

H O 5 B 37/02 (2006.01)

H O 5 B 37/02 J

H O 4 Q 9/00 (2006.01)

H O 4 Q 9/00 3 O 1 D

請求項の数 15 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-548521 (P2012-548521)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成23年1月13日 (2011.1.13)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2013-517598 (P2013-517598A)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(43) 公表日	平成25年5月16日 (2013.5.16)	(74) 代理人	110001690
(86) 国際出願番号	PCT/IB2011/050151		特許業務法人M&Sパートナーズ
(87) 国際公開番号	W02011/086517	(74) 代理人	100114753
(87) 国際公開日	平成23年7月21日 (2011.7.21)		弁理士 宮崎 昭彦
審査請求日	平成26年1月9日 (2014.1.9)	(72) 発明者	シェンク ティム コーネール ウィルヘルムス
(31) 優先権主張番号	10150854.7		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング 4 4
(32) 優先日	平成22年1月15日 (2010.1.15)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 従来のカメラセンサを使用した可視光通信のためのデータ検出

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明システムの第1の光源の光出力に埋め込まれる第1のコードに含まれる繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するための検出システムであって、前記検出システムは、シーンの一連の画像を取得するためのカメラと、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するために、取得した一連の画像を処理する処理ユニットとを有し、各取得した画像は複数のピクセルを含み、各ピクセルはシーン内の異なる物理的位置で前記照明システムの全光出力の強度を表し、前記照明システムの全光出力がシーン内の少なくとも一つの物理的位置に第1の光源の照明寄与を有し、一連の画像は少なくともN個の異なる画像を有し、少なくともN個の異なる画像の各画像は、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンス内の異なる時間的位置で一つ以上の露出時間を有する露光時間で取得され、各画像に対して、前記露光時間は前記カメラのフレーム時間より短い、検出システム。

【請求項 2】

繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するために取得した一連の画像を処理するために、前記処理ユニットは、第1の光源の光出力に第1のコードを埋め込むために用いられる変調のタイプを決定し、決定された変調のタイプに基づいて、第1のコードの異なるシンボルを区別している一つ以上の閾値を決定し、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスの各ピクセルを、一つ以上の決定された閾値の少なくとも一つと比較することに

より、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定する、請求項1に記載の検出システム。

【請求項3】

前記処理ユニットは、更に、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置が第1の光源の光出力だけを有すると決定する、請求項2に記載の検出システム。

【請求項4】

N個のシンボルの少なくとも一つの第1のシーケンスは、シンボルの中間のシーケンスによりN個のシンボルの他の第1のシーケンスから分けられる、請求項2又は3に記載の検出システム。

10

【請求項5】

繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するために取得した一連の画像を処理するため、処理ユニットは、更に、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスをシンボルの中間のシーケンスと相関させ、当該相関に基づいて、N個のシンボルの少なくとも一つの第1のシーケンスの始まりを決定し、N個のシンボルの他の第1のシーケンスの始まりを決定し、及び/又は、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置が第1の光源の光出力だけを有すると決定する、請求項4に記載の検出システム。

【請求項6】

シンボルの中間のシーケンスは、第1の光源の光出力に第1のコードを埋め込むために用いられる変調のタイプを示す、請求項4又は5に記載の検出システム。

20

【請求項7】

一つ以上の露出時間の各々の期間がN個のシンボルの第1のシーケンスの一つのシンボルの期間に等しい、請求項1乃至6の何れか一項に記載の検出システム。

【請求項8】

一つ以上の露出時間が2つ以上の連続的な露出時間の単一の露出を有する、請求項1乃至7の何れか一項に記載の検出システム。

【請求項9】

一つ以上の露出時間が2つ以上の非連続的な露出時間を有する、請求項1乃至7の何れか一項に記載の検出システム。

30

【請求項10】

前記処理ユニットは、更に、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスに、露光時間内の一つより多い露出時間を持つことを可能にする変換を適用する、請求項8又は9に記載の検出システム。

【請求項11】

カメラのフレームレートが、第1の光源の光出力に第1のコードを埋め込むために使用される変調の周波数より低い、請求項1乃至10の何れか一項に記載の検出システム。

【請求項12】

第1のコードに含まれる繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するための方法であって、前記方法は、シーンの一連の画像を取得する取得ステップであって、各取得した画像は複数のピクセルを含み、各ピクセルはシーン内の異なる物理的位置での照明システムの全光出力の強度を表し、前記照明システムの全光出力がシーン内の少なくとも一つの物理的位置に第1の光源の光出力を有し、一連の画像は少なくともN個の異なる画像を有し、少なくともN個の異なる画像の各画像は、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンス内の異なる時間的位置で一つ以上の露出時間を有する露光時間で取得される前記取得ステップと、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するため取得した一連の画像を処理するステップとを有し、各画像に対して、前記露光時間はカメラのフレーム時間より短い、方法。

40

【請求項13】

50

繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するために取得した一連の画像を処理するステップは、第1の光源の光出力に第1のコードを埋め込むために用いられる変調のタイプを決定するステップと、決定された変調のタイプに基づいて、第1のコードの異なるシンボルを区別する一つ以上の閾値を決定するステップと、決定された一つ以上の閾値の少なくとも一つと、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスの各ピクセルとを比較することにより、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するステップとを有する、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

一つ以上の露出時間が2つ以上の露出時間を有し、繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するために取得した一連の画像を処理するステップは、更に、露出時間内の複数の露出時間を持たせることを可能にする変換を、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスに適用するステップを有する、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

請求項2に記載の検出システムで実行されるとき、第1の光源の光出力に第1のコードを埋めるために用いられる変調のタイプを決定するステップと、決定された変調のタイプに基づいて、第1のコードの異なるシンボルを区別する一つ以上の閾値を決定するステップと、決定された一つ以上の閾値の少なくとも一つと、第1の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスの各ピクセルとを比較することにより繰り返しのN個のシンボルの第1のシーケンスを決定するステップとを有するステップを実施するためのソフトウェアコード部分を有する、コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施例は、概して、照明システム及び光受信器の分野に関し、より詳しくは、斯様な照明システムの光出力に埋められたデータを検出するためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

可視光通信は、光源により作られる光出力を介してデータを通信することを指す。斯様な通信は、広い無免許周波数バンドがこのために利用でき、ルーム又はスペースを照明するために用いられる発光ダイオード(LED)が通信を提供するために適用できるので、将来の局所的な無線データ交換を可能にする有望な方法である。おそらく、将来のあらゆる光源は、通信源となることができる。

【0003】

一つの可視光通信技術は、繰り返しデータ信号に応じて照明装置の光出力を変調することにより照明装置の光出力にデータを埋めることに基づく(斯様な光出力は、時々「符号化照明」と呼ばれ、「CL」と略記される)。好ましくは、光出力は、変調が消費者に見えないように高周波で変調される。

【0004】

CLが適用できる一つのシナリオは、点灯時間、調光スキーム、機能、制御ネットワークアドレス、ランプ温度、調光スケジュール、故障等のようなメンテナンス情報に関するデータをランプの光出力に埋め込んでいるランプを含む。他のシナリオは、ローカルの天気、方向、近くの店/レストランのためのローカルコマーシャル、交通情報、音楽等を供給するデータを埋め込んでいる、公的な場所のランプを含む。

【0005】

埋め込みデータは、例えば、ランプを制御するための遠隔制御で実行される光受信器が、又はスイッチ若しくはセンサ装置のような他のユニットに含まれる光受信器により検出

10

20

30

40

50

される。ＣＬを検出するための一つの既知の技術は、特定のランプに光受信器を向けて、ランプの光出力に埋められているデータを読み出すことを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

この検出技術の一つの欠点は、単一の位置にある埋め込みデータだけが検出できるということである。対照的に、同時にシーン内の異なる位置で通信されるデータを取り出すことが望ましい。そのために、他の検出技術は、カメラを使用し、カメラをシーンに向け、平行にシーン内の様々な位置のデータストリームを並行に処理し記録することにより示された。この種のカメラベースの検出は、ランプの光出力にデータを埋めるために用いられる変調周波数に少なくとも等しいフレームレートを持つカメラを必要とする。例えば携帯電話、ウェブカメラで使用される従来の民生カメラは、５０～１００Ｈｚのフレームレートを持ち、これは消費者に見えない態様でデータを埋めるために必要な変調周波数よりかなり低い。これらのカメラがＣＬを検出するために使用できると共に、ＣＬは、低い変調周波数を用いて、又は色変調を用いて埋め込まなければならない。これらの埋め込み方法の両方とも、消費者に気付かれるランプの光出力の変化に結果的になってしまう。

10

【０００７】

前述で示されるように、従来技術で必要とされることは、上述の課題の少なくとも幾つかに対処する、光源の光出力に埋め込まれたデータを検出するための技術である。

【０００８】

20

本発明の目的は、従来技術で使用されるものとして従来の民生カメラを使用すると共に、見えない「高周波」変調で光源の光出力に埋められるデータを決定するために適している検出システム及び方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の一つの実施例は、第１のコードに含まれる繰り返しのＮ個のシンボルの第１のシーケンスを決定するための検出システムを説明する。第１のコードは、照明システムの第１の光源の光出力に埋め込まれる。前記検出システムは、少なくともカメラと処理ユニットとを有する。カメラは、シーンの一連の画像を取得するように構成される。各取得した画像は複数のピクセルを含み、各ピクセルはシーン内の異なる物理的位置での前記照明システムの全光出力の強度を表わす。前記照明システムの全光出力が、シーン内の少なくとも一つの物理的位置に第１の光源の光出力を含む。一連の画像は、少なくともＮ個の異なる画像を有する。少なくともＮ個の異なる画像の各画像は、繰り返しのＮ個のシンボルの第１のシーケンス内の異なる時間的位置で一つ以上の露出時間を有する全体の露光時間で取得される。処理ユニットは、繰り返しのＮ個のシンボルの第１のシーケンスを決定するために、取得した一連の画像を処理するように構成される。

30

【００１０】

斯様な検出システムは、例えば、照明システムを制御するための遠隔制御で実行されるか、又はスイッチ若しくはセンサ装置のような他のユニットに含まれる。処理ユニットは、ハードウェア、ソフトウェア、又は、ハードウェア及びソフトウェアコンポーネントを持つ複合型ソリューションとして実行される。

40

【００１１】

その上、照明システムの第１の光源の光出力に埋め込まれている第１のコードに含まれるＮ個のシンボルの繰り返しの第１のシーケンスを決定するための対応する方法及びコンピュータプログラムが提供される。コンピュータプログラムは、例えば、既存の検出システム（例えば既存の光受信器又は携帯電話）にダウンロードされるか、又は検出システムの製造の際に格納されている。

【００１２】

ここで使用される（画像の）「ピクセル」という用語は、シーン内の特定のポイントに対応する画像データのユニット単位を指す。画像データは、シーン内の異なるポイントで

50

の照明システムの全光出力の強度（又はそのパラメータ）を有する。画像データをピクセルの行及び列に配置することは、2D画像で3次元（3D）シーンを表す1つの態様である。

【0013】

埋め込みコードの繰り返しシーケンスの期間（又は、代わりに、シーケンスを有するバイナリ値の数で測定される埋め込みコードの繰り返しシーケンスの長さ）は、ここで、「コード期間」と呼ばれる。特定のコードは、従来から知られているように、パルス幅変調、パルス密度変調又は振幅変調を使用するバイナリ変調又は多値変調を介して、光源に付与される駆動信号を変調することにより、光源の光出力に埋め込まれる。ここで使用されているように、用語「駆動信号」は、光源に付与されるとき、光源に光出力を生成させる電氣的信号を指す。好ましくは、コードは、埋め込みコードを含む光出力と埋め込みコードを含まない光出力とを人間の目が区別できないような態様で光出力に埋め込まれる。これは、第1の光源に付与される駆動信号を例えば高周波で変調することにより達成される。

10

【0014】

本発明は、各画像が繰り返しシーケンス内で取得されるときにの相対時間（斯様な時間は、ここでは「露出時間」と呼ばれる）だけが異なる同じシーンの一連の画像を捕捉し、コード化された光の特定のコードビットに対応しているカメラのフレーム時間内の露出時間の期間及び時間的位置を選択することにより、光源の光出力に埋められるコードビットの特定のシーケンスが決定される（その光源の光出力がシーン内に存在する）と認識したことに基づく。フレーム内の全ての露出時間の期間の和は、カメラの露光時間と呼ばれる。特定の露出時間の所望の露光時間は、カメラのシャッタを開閉することにより実行され、ここで、シャッタはカメラの外部又は内部の何れかにある。シャッタがフレーム時間内で開いている時を変化させる一方（すなわち、繰り返しのシーケンス内で露出時間の時間的位置を変化させる一方）、露光時間は、画像の全てに対して同じままである。例えば、20ミリ秒（ms）にセットされるカメラのフレーム時間及び5msにセットされる露光時間に対して、シャッタがフレームの最初の5msだけ開く（すなわち、シャッタは、フレームの最後の15ms閉じる）とき、1つの画像が得られ、シャッタがフレームの最後の5msだけ開く（すなわち、シャッタは、フレームの最初の15ms閉じる）とき、他の画像が得られ、シャッタがフレームの最初の1ms開いて、その後1ms閉じて、その後1ms開いて、その後1ms再び閉じて、その後3ms再び開いて、その後フレーム時間の残りの間閉じるとき、更に他の画像が得られる。処理ユニットは、コード化されたシーケンスのコードビットの全てを決定するために、あるコードビットと他のコードビットとを区別する閾値と、取得した一連の画像の選択されたピクセルとを比較するように構成される。

20

30

【0015】

このように一連の画像を取得して処理することは、2Dシーン内の光源の照明寄与に埋められたデータを決定可能にする。カメラのシャッタがカメラの各フレーム時間内にコード化された光の異なるコードビットを捕捉するために開いているときに、注意深くトリガーすることにより、比較的長いフレーム時間を持つ従来のカメラが、使用される。従って、ここで提示される技術は、従来技術で 사용되는ものよりは高価でないカメラを使用する一方で、見えない「高周波」CLを検出するために適している。

40

【0016】

ここで説明される光源は、高圧/低圧ガス放電源、無機/有機発光ダイオード、レーザダイオード、白熱源又はハロゲンの光源を有する。照明システムの光出力に埋められるデータは、光源の局所的な識別、光源の機能及び現在の設定、又は光源に関係する他のタイプの情報を有する。しかしながら、照明システムは、空間又は領域を照明するために必ずしも付与されるというわけではなく、このようなデータ通信のためにも適用されるという点に留意されたい。一例として、照明システムは、ネットワークへのアクセスポイントを構成してもよい。斯様なアプリケーションのために、照明システムにより作られる光出力

50

の少なくとも一部は、可視スペクトル外にあってもよい（すなわち、システムの光源のうちの１つの光源の光出力は、可視スペクトル外にあってもよい）。

【 0 0 1 7 】

請求項 2 及び 1 3 の実施例は、取得した一連の画像の処理が、第 1 の光源の光出力に第 1 のコードを埋め込むために用いられる変調のタイプを決定し、決定された変調のタイプに基づいて、第 1 のコードの異なるシンボルを区別している一つ以上の閾値を決定し、第 1 の光源の光出力を有するシーン内の少なくとも一つの物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスの各ピクセルを、一つ以上の決定された閾値の少なくとも一つと比較することにより、繰り返しの N 個のシンボルの第 1 のシーケンスを決定することを好適にも有することを特定する。

10

【 0 0 1 8 】

請求項 3 の実施例は、繰り返しの N 個のシンボルの第 1 のシーケンスが、第 1 の光源の光出力だけを含むシーン内の物理的位置に対応するピクセルを有することを提供する。この態様では、単一の光源の光出力に埋め込まれた単一のデータストリームだけを含むピクセルのシーケンスが、シンボルを決定するために使用される。

【 0 0 1 9 】

請求項 4 の実施例は、第 1 のコード内に中間のシーケンスを含むことを提供する。中間のシーケンスは、例えば、繰り返しの N 個のシンボルの第 1 のシーケンスと受信器との間の同期を供給し（請求項 5 ）、繰り返しの N 個のシンボルの第 1 のシーケンスが第 1 の光源の光出力だけを含むシーン内の物理的位置に対応するピクセルを有することを決定し（請求項 5 ）、及び / 又は第 1 の光源の光出力に繰り返しの第 1 のシーケンスを埋め込むために用いられる変調のタイプを決定する（請求項 6 ）ことを提供するために、好適にも用いられる。

20

【 0 0 2 0 】

請求項 7 の実施例は、露出時間の期間を説明する。斯様な期間を選択することは、埋められたコードの個々のシンボルを処理ユニットが解くことが可能になるので有利である。

【 0 0 2 1 】

請求項 8 及び 9 の実施例は、一つ以上の露出時間が 2 つ以上の露出時間を有するとき、露出時間は、連続的（すなわち、単一の露出）又は非連続的（すなわち、カメラのフレーム内の露光が別々の露出時間に分けられる）である。カメラのフレーム内の全ての露出時間が連続的であるとき、通常全てのカメラの内部にあるシャッタが、全露光時間内の正しい露出時間を設定する（すなわち、カメラのフレーム時間内の所望の時間的位置での露出時間を設定する）ために用いられる。代わりに、通常全てのカメラの内部にあるシャッタが、各フレームの全フレーム時間に対して開いているように設定されてもよく、カメラの外部にあるシャッタが全露光時間内の正しい露出時間を設定するために用いられてもよい。電子シャッタがこの目的のために用いられる。

30

【 0 0 2 2 】

請求項 1 0 及び 1 4 の実施例は、一つ以上の露出時間が二つ以上の露出時間を有するとき、カメラのフレーム当たりの多値ビット露光の修正を可能にする。フレーム当たり多値ビットの露光を持つ各画像を取得することは、検出システムでのノイズの影響を低減することにより、特に光が弱い状況で光効率がより良くなる。

40

【 0 0 2 3 】

請求項 1 1 の実施例は、一連の画像を取得するために第 1 の光源の光出力に第 1 のコードを埋め込むために用いられる変調の周波数より低いフレームレートを持つカメラを使用することを好適に明確にしている。

【 0 0 2 4 】

これ以降、本発明の実施例は、より詳細に説明されるだろう。しかしながら、この実施例が本発明の保護の範囲を限定するものとして解釈されないことは理解されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

50

【 0 0 2 5 】

【図 1】図 1 は、本発明の一つの実施例による構成にインストールされる照明システムの模式図である。

【図 2】図 2 は、本発明の一つの実施例による照明システムの模式図である。

【図 3】図 3 は、本発明の一つの実施例による N 個のシンボルの繰り返しシーケンスを有するコードの模式図である。

【図 4】図 4 は、本発明の一つの実施例による検出システムの模式図である。

【図 5】図 5 は、本発明の一つの実施例による、斯様なコードに適当なカメラのフレーム内の例示的な単一のビット露出時間と、4つのシンボルの繰り返しシーケンスとを有する、例示的なコードの模式図を供給する。

10

【図 6 a】図 6 a は、本発明の一つの実施例による、1つの光源だけがシーンへの照明寄与を供給するとき、撮られた一連の画像の第 1 の画像の模式図である。

【図 6 b】図 6 b は、本発明の一つの実施例による、1つの光源だけがシーンへの照明寄与を供給するとき、撮られた一連の画像の第 2 の画像の模式図である。

【図 6 c】図 6 c は、本発明の一つの実施例による、1つの光源だけがシーンへの照明寄与を供給するとき、撮られた一連の画像の模式図である。

【図 7】図 7 は、本発明の一つの実施例による N 個のシンボルの繰り返しシーケンスを決定するための方法のステップの流れ図である。

【図 8】図 8 は、本発明の一つの実施例による一つの第 1 の光源の光出力を有するシーン内の一つの選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスの模式図である。

20

【図 9】図 9 は、本発明の一つの実施例による、斯様なコードに適当なカメラのフレーム内の例示的な多値ビット露出時間と、4つのシンボルの繰り返しシーケンスとを有する、例示的なコードの模式図を供給する。

【図 10】図 10 は、本発明の一つの実施例による、カメラの外部のシャッタを操作するために使用される例示的な切換信号及び N 個のシンボルの繰り返しシーケンスを有する、例示的なコードの模式図を供給する。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

以下の説明では、多数の具体的な詳細が、本発明のより完全な理解を提供するために、説明される。しかしながら、本発明が一つ以上のこれらの具体的な詳細なしでも実践されることは、当業者に明らかであろう。他の例では、よく知られた特徴は、本発明をばやかすことを回避するために説明されていない。

30

【 0 0 2 7 】

図 1 は、インストールされた照明システム 1 1 0 を備える構成 1 0 0、この場合部屋を示す。照明システム 1 1 0 は、一つ以上の光源 1 2 0 と、光源 1 2 0 を制御している一つ以上のコントローラ（図 1 に示されていない）とを有する。電氣的信号で駆動されるとき、光源 1 2 0 は、構成 1 0 0 の一部を照明し、様々な光源 1 2 0 からの照明寄与がフットプリント 1 2 5 a 1 2 5 d として示される。光源 1 2 0 は、高圧 / 低圧ガス放電源、無機 / 有機発光ダイオード、レーザダイオード、白熱光源、又はハロゲンの光源を有する。照明システム 1 1 0 は、ユーザが光源 1 2 0 を制御可能にする遠隔制御 1 3 0 を更に有する。

40

【 0 0 2 8 】

図 2 は、本発明の一つの実施例による照明システム 2 0 0 の模式図である。照明システム 2 0 0 は、図 1 に例示される構成 1 0 0 の照明システム 1 1 0 として用いられてもよい。示されているように、照明システム 2 0 0 は、少なくともシステムコントローラ 2 1 0 及び第 1 の光源 2 2 0 1 を含み、照明設定に従って光出力 2 0 5 を生成するように構成される。他の実施例では、照明システムは、付加的な光源、及びオプションで個別に付加的な光源を各々制御する追加コントローラを含む。代わりに、単一のコントローラが複数の光源を制御するように構成されてもよい。

50

【 0 0 2 9 】

照明システム 2 0 0 は、以下の通りに動作するように構成されている。図 2 に示されるように、照明システム 2 0 0 に対する照明設定は、駆動信号発生器 2 3 0 (オプションで、照明システム 2 0 0 内に含まれてもよい) に供給されている。照明設定は、平均光出力 2 0 5 が、例えばルーメンで規定される光パワー及び色についてあるべきことを、例えば示す。照明設定は、遠隔制御装置 1 3 0 を介してユーザにより供給されるか、又は予めプログラムされて、シーン設定を制御する外部ユニットから供給される。代わりに、照明設定は、予めプログラムされて、駆動信号発生器 2 3 0 又は照明システム 2 0 0 内のメモリに保存される。駆動信号発生器 2 3 0 は、照明システム 2 0 0 内の異なる光源に対する異なる電氣的駆動信号に照明設定を翻訳し、駆動信号をシステムコントローラ 2 1 0 に供給する。図 2 に例示される実施例では、駆動信号発生器 2 3 0 は、照明設定を第 1 の光源 2 2 0 1 のための第 1 の駆動信号に翻訳する。システムコントローラ 2 1 0 は、次に、光出力 2 0 5 を作るために、異なる光源を光源のそれぞれの駆動信号で駆動する。図 2 に例示される実施例では、システムコントローラ 2 1 0 は、光出力 2 2 5 1 を作るために第 1 の駆動信号で光源 2 2 0 1 を駆動するように構成される。この実施例では、照明システム 2 0 0 の光出力 2 0 5 は、光出力 2 2 5 1 を有する。

10

【 0 0 3 0 】

説明されるように、照明設定は、照明システム 2 0 0 の光出力 2 0 5 が、例えば、光の色に関してあるべきことを示す。光出力 2 0 5 の色変化は、駆動信号発生器 2 3 0 からシステムコントローラ 2 1 0 へ供給される駆動信号を制御することを介して、照明システム 2 0 0 内の異なる光源 (図 2 に示されていない付加的な任意の光源) を異なって調光することにより達成される。光源当たりの一定の調光レベルのために、駆動信号発生器 2 3 0 からシステムコントローラ 2 1 0 へ供給される駆動信号は、パルスの繰り返しパターンを有する。繰り返しパターンは、ここでは、「駆動パターン」と呼ばれる。

20

【 0 0 3 1 】

光源を調光する様々な方法は、当業者に知られていて、従って、ここで詳細に説明されない。これらの方法は、例えばパルス幅変調、パルス密度変調又は振幅変調を含む。

【 0 0 3 2 】

システムコントローラ 2 1 0 は、更に、データソース 2 4 0 からの信号 2 4 5 を受信するように構成される。信号 2 4 5 は、光源 2 2 0 1 の光出力 2 2 5 1 に埋め込まれるべきコードを (少なくとも) 含む。システムコントローラ 2 1 0 は、繰り返しシーケンス内にデータビットを設けることにより、光出力 2 2 5 1 に埋め込まれるべきコードを生成するように構成される。斯様なコードの一つの例が図 3 に例示される。示されるように、コード 3 1 0 は、「シーケンス 1」として示される、N 個のシンボル (例えば、ビット) の第 1 の繰り返しシーケンスを有する。以下の説明では、シンボルは、ビットと呼ばれるだろう。しかしながら、「ビット」という語が本願で使われるときはいつでも、単一のシンボルにより表される複数のビットを有してもよい「シンボル」というより広い定義が当てはまることは、認識されなければならない。1 つの例は、0 及び 1 がデータに埋め込まれて存在するだけでなく、複数の離散的レベルを埋め込んで存在する多値レベルシンボルである。

30

40

【 0 0 3 3 】

コード 3 1 0 の各ビットは、期間 T_{bit} を持つ。よって、コード期間は、 $N * T_{bit}$ に等しい。シーケンスは、例えば、光源 2 2 0 1 の局所的な識別、光源の機能及び現在の照明設定、又は光源 2 2 0 1 若しくは照明システム 2 0 0 に関係するか若しくは関係しない他のタイプの情報を表す。

【 0 0 3 4 】

ある実施例では、「シーケンス 1」は、光出力 2 2 5 1 に埋め込まれるデータビットの全てを有する。他の実施例では、システムコントローラ 2 1 0 は、埋め込まれるべきデータビットを、より短い長さのセット (すなわち、複数のパケット) に分ける。斯様な実施例では、光出力 2 2 5 1 へ埋め込まれる第 1 のコードは、一つのセットの繰り返しシ

50

ーケンス（例えば、第１の packets の繰り返し）を含み、次のコードは、他のセットの繰り返しシーケンス（例えば、第２の packets の繰り返し）を含む等である。

【 0 0 3 5 】

オプションでは、光出力 2 2 5 1 に埋め込まれるデータビットは、チャンネル符号化を使用して（例えば、畳み込み又はブロック符号化を使用して）、又は巡回冗長検査（CRC）コードを使用してコード化される。これは、ビット検出におけるエラーを修正するため及び／又は検出データが有効かどうかを認証するために、伝達されたデータシーケンスの冗長性を増大するようになされる。代わりに、この符号化は、例えば、光出力 2 2 5 1 に埋められるデータの可視性を減少させるように、伝達された光信号のスペクトルを形づくるために用いられる。後者のアプローチのために、ある実施例では、マンチェスタ符号化が使用される。この符号化方法の利点は、光信号内の可視フリッカを生じさせる低周波成分を抑えることである。

10

【 0 0 3 6 】

ある実施例では、コード 3 1 0 は、少なくとも幾つかの「シーケンス 1」（図 3 に示されていない）の発生の際に挿入される中間のシーケンスを有する。例えば、中間のシーケンスは、「シーケンス 1」の各発生の際に含まれる。データビットが packets に分けられる実施例では、斯様な中間のシーケンスは、例えば、光源 2 2 0 1 の識別、及び／又は送信側で使用される変調及び／又は符号化のタイプのような packets に関する情報を含む packets のヘッダに類似している。代わりに、中間のシーケンスは、「シーケンス 1」の各 2 つ又は 3 つ発生の際に含まれる。更に他の実施例では、中間のシーケンスは、随時の非周期的な態様で含まれる。

20

【 0 0 3 7 】

後述されるように、中間のシーケンスは、検出システムの処理ユニットにより、光源 2 2 0 1 と検出システムとの同期を導出し、及び／又は処理ユニットが N ビットの第 1 のシーケンスのコードビットを決定可能にする付加的情報を処理ユニットに供給するために用いられる。

【 0 0 3 8 】

システムコントローラ 2 1 0 は、コード 3 1 0 に応答して光源 2 2 0 1 に付与される駆動信号を変調することにより、光源 2 2 0 1 の光出力 2 2 5 1 に、コード 3 1 0 を埋め込むことができる。光源の光出力にコードを埋め込むための様々な技術は、当業者に知られているので、従って、ここで詳細に説明されない。信号 2 4 5 は、更に、他の光源の光出力に埋め込まれる他の同様のコードを含んでもよい。コードの各々は、N ビットの異なる繰り返しシーケンスを含む。

30

【 0 0 3 9 】

図 4 は、本発明のある実施例による検出システム 4 0 0 の模式図である。示されるように、検出システム 4 0 0 は、少なくともカメラ 4 1 0、シャッタ 4 2 0 及び処理ユニット 4 3 0 を含む。オプションでは、検出システム 4 0 0 は、また、メモリ 4 4 0 を含む。カメラ 4 1 0 は、シーンの一連の画像を得るよう構成される。シャッタ 4 2 0 は、慎重に、画像がカメラ 4 1 0 により得られる時点を注意深く決定するよう構成される（シャッタ 4 2 0 が開くとき、画像は得られ、シャッタ 4 2 0 が閉じるとき、画像は得られない）。様々な実施例では、シャッタ 4 2 0 は、カメラのフレーム時間の間、一回だけ開いて閉じる（すなわち、フレーム内の所定の期間の単一の露光）カメラ 4 1 0 内部に従来のシャッタを有するか、又は、単一のフレームの間、複数回開閉できるカメラの前に配置された電子回路シャッタを有する。

40

【 0 0 4 0 】

シナリオ 1：フレーム当たり 1 ビット露光

最初に、二つの光源が特定のシーンへの照明寄与を供給できるような照明システム 2 0 0 の例示的なシナリオを考える。シーンが図 1 に例示される構成 1 0 0 のフロアの部分であり、第 1 の光源は、シーン内にフットプリント 1 2 5 b を持つ図 1 に例示される光源 1 2 0 の一つであり、第 2 の光源は、シーン内にフットプリント 1 2 5 c を持つ図 1 に例示

50

される光源 120 の一つであると考える。第 1 及び第 2 の光源の光出力に埋め込まれるそれぞれのコードは、N ビットの異なる繰り返しシーケンスを含む。

【0041】

説明を簡単にするため、第 1 の光源の光出力に埋め込まれるデータが 4 ビットだけを含むと考える。これら 4 ビットの繰り返しシーケンスを有するコードは、コード 510 として図 5 に示される（すなわち、N ビットの第 1 の繰り返しシーケンスは 4 ビットのシーケンスを有する）。示されるように、ビットの各々は、期間 T_{bit} を持つ。従って、コード期間は、 $4 * T_{bit}$ に等しい。更に、シーケンスの個々のビット c_{11} 、 c_{12} 、 c_{13} 及び c_{14} が、信号 520 で図 5 に例示される 0、1、0、及び 0 を有すると考える。信号 520 は、図 2 で説明されたように、信号 245 に含まれる。

10

【0042】

上述のように、データは、コード 510 に応じて変調された駆動信号で第 1 の光源を駆動することにより、第 1 の光源の光出力に埋められる。様々な実施例では、システムコントローラ 210 は、例えばパルス幅変調（PWM）、パルス位置変調、パルス密度変調、又は振幅変調を使用して、バイナリ又は多値変調を介して駆動信号を変調することにより、変調駆動信号を生成する。例えば、PWM を使用して信号 520 から 0 のバイナリ値を埋め込むために、システムコントローラ 210 は、駆動信号内の駆動パターンを、信号 520 からバイナリ値「0」を埋め込むための量 a だけ狭くし、システムコントローラ 210 は、駆動信号内の他の駆動パターンを信号 520 から「1」のバイナリ値を埋め込むための量 b だけより広くする。量 a と量 b との間の比率を信号 520 の 1 の数と 0 の数との間の比率に等しくさせることにより、照明システムの光出力にデータを埋め込みことは、変調駆動信号の時間平均が元の駆動信号の時間平均と同じままであるので、人間の目には見えない。当業者は、照明システムの光出力にデータを埋めるために信号 520 に依存して、駆動信号を変調するための他の方法を認識するだろう。

20

【0043】

同様に、第 2 の光源の光出力に埋め込まれるデータが、 c_{21} 、 c_{22} 、 c_{23} 、 c_{24} の 4 ビットを含むと考える。また、ビットの各々は期間 T_{bit} を持ち、従って、コード期間は $4 * T_{bit}$ に等しい。データのビットがどのように第 2 の光源の光出力に埋められるかという上述の議論が適用できるので、従って、簡潔さのために、繰り返されない。

30

【0044】

検出システム 400 は、第 1 の光源の光出力に埋められるデータのビットを決定するために、以下の態様で動作するように構成される。

【0045】

最初に、カメラ 410 は、シーンの少なくとも一部が第 1 の光源の光出力を含むように選択される当該シーンの一連の画像を得るように構成される。そのために、カメラのフレーム時間は、コード期間より 1 ビット長い、すなわち $5 * T_{bit}$ であるように設定され、カメラの露出は 1 ビットのコード期間、すなわち T_{bit} の期間に等しい期間を持つ単一の露出時間を有するように設定される。更に、カメラ 410 は、各フレームの第 1 の期間 T_{bit} の間で画像を得るように構成される。このように構成されるカメラ 410 の露出は、ライン 530 で図 5 に例示される。

40

【0046】

画像が撮られるとき、カメラはシーン内の位置の全てで照明システムの全光出力の強度を得る。本願において、用語（光出力の）「強度」が使われるときはいつでも、例えば光の色、色温度、照明スペクトル及び光強度の変化のような「強度のパラメータ」が同様に含まれると理解されたい。画像は、各ピクセルがシーン内の異なる物理的位置での照明システムの全光出力の強度を表す、複数のピクセルに一般に分けられる。現在のシナリオにおいて、照明システムの全光出力は、第 1 の光源からの照明寄与及び第 2 の光源からの照明寄与を有する。

【0047】

50

各画像は、 x 方向に10ピクセル及び y 方向に15ピクセルを持つ150ピクセルの2Dグリッドに、分割されることを考える。カメラ410の露光時間がコードの単一のコードビットに等しいように設定されるので、画像の特定ピクセルの強度は、画像が撮られるとき、第1の光源の光出力にコード化されるコードのビットの値と、第2の光源の光出力にコード化されるコードのビットの値とにより影響を受ける。斯様な第1の画像は、図6aに示される(この画像は、図5に例示されるフレーム1に対応する)。シーン内の第1の光源のフットプリントは円610として示され、第2の光源のフットプリントは円620として示される。第1の光源の光出力がコードビット c_{11} で変調され、第2の光源の光出力がコードビット c_{21} で変調されるとき、第1の画像600-1が撮られるので、各ピクセル(x, y)の強度 $I_{x, y}$ は以下の通りに計算される。

$$I_{x, y} = A_{x, y} \cdot c_{11} + B_{x, y} \cdot c_{21}$$

ここで、 $A_{x, y}$ 及び $B_{x, y}$ は、第1及び第2の光源に付与される駆動信号が特定のコードビットで変調されない場合の第1及び第2の光源の光出力の強度であるそれぞれの値である。よって、図6aに示されるように、例えばピクセル(7, 6)の強度は、($A_{7, 6} \cdot c_{11} + B_{7, 6} \cdot c_{21}$)に等しい。更に、図6aに示されるように、例えばピクセル(4, 5)の強度は $A_{4, 5} \cdot c_{11}$ に等しく、ピクセル(5, 5)の強度は $A_{5, 5} \cdot c_{11}$ に等しい。なぜならば、第2の光源がこれらのピクセルにより表されるシーンの部分に全く照明寄与を供給しない(これらのピクセルは、フットプリント620の外にある)、すなわち、 $B_{4, 5} = B_{5, 5} = 0$ だからである。同様に、例えばピクセル(7, 9)の強度は $B_{7, 9} \cdot c_{21}$ に等しく、ピクセル(8, 12)の強度は $B_{8, 12} \cdot c_{21}$ に等しい。なぜならば、第1の光源がこれらのピクセルにより表されるシーンの部分に全く照明寄与を供給しない(これらのピクセルは、フットプリント610の外にある)、すなわち、 $A_{7, 9} = A_{8, 12} = 0$ だからである。例えばピクセル(9, 2)の強度はゼロに等しいことが示される。なぜならば、第1の光源も第2の光源もこのピクセルにより表されるシーンの部分への照明寄与に供給しないからである(このピクセルは、フットプリント610及び620外にある)。

【0048】

露出530から見られるように、シーンの一連の画像の第2の画像は、カメラ410のフレーム2の間に得られる。第2の画像は、画像600-2として図6bに示される。画像が同じシーンで撮られるので、フットプリント610及び620は第1の画像におけるのと同じく残る。第1の光源の光出力がコードビット c_{12} で変調され、第2の光源の光出力がコードビット c_{22} で変調されるとき、画像600-2が撮られるので、各ピクセル(x, y)の強度は、以下の通りに計算される。

$$I_{x, y} = A_{x, y} \cdot c_{12} + B_{x, y} \cdot c_{22}$$

【0049】

よって、図6bに示されるように、例えばピクセル(7, 6)の強度は、($A_{7, 6} \cdot c_{12} + B_{7, 6} \cdot c_{22}$)に等しい。更に、図6aに示されるように、例えばピクセル(4, 5)の強度は $A_{4, 5} \cdot c_{12}$ に等しく、ピクセル(5, 5)の強度は $A_{5, 5} \cdot c_{12}$ に等しく、ピクセル(7, 9)の強度は $B_{7, 9} \cdot c_{22}$ に等しく、ピクセル(8, 12)の強度は $B_{8, 12} \cdot c_{22}$ に等しい。また、例えばピクセル(9, 2)の強度はゼロに等しいように示される。なぜならば、第1の光源も第2の光源もこのピクセルにより表されるシーンの部分への照明寄与を供給しないからである。

【0050】

同様の態様で、フレーム3及び4において、カメラ410は、一連の画像のそれぞれ第3の画像(600-3)及び第4の画像(600-4)を得る。また、カメラ410のフレーム時間及び露光時間が埋め込まれたコードに関して構成されるので、第1の光源及び第2の光源の光出力がコードビット c_{13} 及び c_{23} でそれぞれ変調されるとき、第3の画像が撮られ、第1の光源及び第2の光源の光出力がコードビット c_{14} 及び c_{24} でそれぞれ変調されるとき、第4の画像が撮られる。一連の画像600-1、600-2、600-3及び600-4は、 t 方向(「 t 」は「時間」を表わす)に拡張する異なる画像

が示される図 6 c に示され、同じシーンの画像が異なる時間で撮られることを表している。

【 0 0 5 1 】

一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 を取得して、処理ユニット 4 3 0 は、第 1 の光源の光出力に埋め込まれる N ビットの第 1 の繰り返しシーケンスを決定するために、一連の画像を処理できる。図 7 は、本発明の一つの実施例による N ビットの第 1 の繰り返しシーケンスを決定するための方法 7 0 0 の流れ図を例示する。方法のステップが図 4 と関連して説明される一方、当業者は、方法のステップを任意の順番で実施するように構成される任意のシステムも本発明の範囲内であると認識するだろう。

【 0 0 5 2 】

方法 7 0 0 は、ステップ 7 1 0 で始まる。処理ユニット 4 3 0 は、第 1 の光源の光出力だけを含むシーン内の物理的位置に対応する一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 内のピクセルのシーケンスを選択するように構成される。

【 0 0 5 3 】

シーン内の特定の物理的位置に対応する一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 内のピクセルのシーケンスを例示するために、シーン内の選択された物理的位置が画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 上のピクセル (4 , 5) に対応する位置であると考えられる。その時、その位置に対応する取得した一連のピクセルのシーケンスは、画像の各々からピクセル (4 , 5) を有する。このシーケンスは、図 8 にシーケンス 8 1 0 として示される。シーケンス 8 1 0 は、第 1 の画像 6 0 0 1 からのピクセル (4 , 5) (ピクセル 8 2 0 1 として示される)、第 2 の画像 6 0 0 2 からのピクセル (4 , 5) (ピクセル 8 2 0 2 として示される)、第 3 の画像 6 0 0 3 からのピクセル (4 , 5) (ピクセル 8 2 0 3 として示される)、及び第 4 の画像 6 0 0 4 からのピクセル (4 , 5) (ピクセル 8 2 0 4 として示される) を含む。図 8 に示されるように、ピクセル 8 2 0 1 乃至 8 2 0 4 での強度は、 $A_{4,5} \cdot c_1$ 、 $A_{4,5} \cdot c_2$ 、 $A_{4,5} \cdot c_3$ 、及び $A_{4,5} \cdot c_4$ にそれぞれ等しい。

【 0 0 5 4 】

ある実施例では、シーン内の特定の物理的位置に対応するピクセルのシーケンスが、単一の (第 1 の) 光源の光出力だけを含むという決定は、以下の態様でなされる。

【 0 0 5 5 】

システムコントローラ 2 1 0 は、時々第 1 の光源の光出力に埋め込まれるコード内へ一つの中間のシーケンスを含み、第 2 の光源の光出力に埋め込まれるコード内へ他の中間のシーケンスを含み、ここで、処理ユニット 4 3 0 は中間のシーケンス両方へのアクセスを持つ。

【 0 0 5 6 】

中間のシーケンスの各々は、例えば特定の光源の識別子のような或る種の識別子を有する。上述の態様で識別される異なる光源の数は中間のシーケンスの長さに依存する。例えば、M 個のバイナリの値の繰り返しシーケンスを有する同期型ウォルシュ アダマールコードに対して、M 個の異なる光源が識別され、これは、処理ユニット 4 3 0 が M 個の異なる光源の任意の一つの照明寄与がシーン内の特定位置に存在するかどうかを決定でき、オプションで、斯様な照明寄与の大きさを決定できることを意味する。各フレームで単一のビット長の露出時間を持つように構成される従来の 5 0 H z のカメラ (すなわち、カメラは、1 秒につき 5 0 枚の画像を撮ることができる) を使用して、埋め込みコードの 5 0 ビットの中間のシーケンスを解像するために必要な一連の画像は、1 秒で得られる。

【 0 0 5 7 】

ある実施例では、照明システム 2 0 0 は、中間のシーケンスを処理ユニット 4 3 0 に直接提供する。他の実施例では、検出システム 4 0 0 は、中間のシーケンスを保存するメモリ 4 4 0 を含む。更に他の実施例では、検出システム 4 0 0 は、(無線で) 受信された光信号から中間のシーケンスを得るように構成される。代わりに、処理ユニット 4 3 0 は、上述の任意の手段により、埋め込みコード自体の各々に含まれる中間のシーケンスではな

10

20

30

40

50

く、そのパラメータ（すなわち、中間のシーケンスが得られるパラメータ）を得てもよい。例えば、処理ユニット430は、特定の既知のシーケンスの長さ、又は可能性があるシーケンスのセットから1つのシーケンスを指す指標番号を得る。中間のシーケンスは、その後、処理ユニット430により再現され、検出システム400に供給される通信の量を潜在的に減らす。他の実施例では、中間のシーケンスを記述するパラメータが、受信された光信号から取り出されてもよい。

【0058】

中間のシーケンスへのアクセスを持って、処理ユニット430は、シーン内の選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスを中間のシーケンスの各々と関連させるように構成される。コード510が、更に、シーケンス1の各発生 10
の前後に例えば含まれるMビットの中間のシーケンスを含む実施例において、カメラ410により取得される画像の数は、上述のように、ちょうど4つ（ $N = 4$ なので）の画像の代わりに、少なくとも（ $4 + M$ ）個の画像であることに、ここで留意されるべきである。コード510が、更に、シーケンス1の各2回目の発生の前後に例えば含まれるMビットの中間のシーケンスを含む実施例において、カメラ410により得られる画像の数は、少なくとも（ $2 * N + M$ ）個の画像である。当業者は、埋め込みコードのビットの全てを解決するために、カメラ410で取得するのに必要な画像の最小数についての同様のバリエーションを理解できる。中間のシーケンスを持つ斯様な実施例では、取得した一連の画像のピクセルのシーケンスは、このときシーケンスが4つより多い値を含むので、図8に例示 20
されるシーケンス810とは異なる。特に、シーケンスは、各取得した画像から一つの値、例えば、上述の第1実施例に対して（ $4 + M$ ）個の値、上述の第2実施例に対して（ $8 + M$ ）個の値を含む。同様に、カメラ410のフレーム時間は、このとき、異なる最小数の画像を取得するために適当に設定され、フレーム時間は、例えば上述の第1実施例に対して（ $4 + 1 + M$ ） * T_{bit} 及び上述の第2実施例に対して（ $8 + 1 + M$ ） * T_{bit} に設定できる。

【0059】

第1の光源の光出力に埋め込まれる中間のシーケンス（ここで、「第1の中間のシーケンス」と呼ばれる）と、シーン内の選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスとの関連の結果として、少なくとも一つのピークを持つ相関出力が生成される。相関出力は、通常は、幾つかのピークが他より小さくて、相関プロセスの 30
偽信号を表す多くの「ピーク」を含む。斯様な小さなピークは、ここで「サブピーク」と呼ばれ、用語「ピーク」は、シーン内の選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンス内の特定の中間のシーケンスの存在を示す相関出力内のピークを記述するために、ここでは使われる。このピークは、相関出力のサブピークより明らかに高く、当業者は斯様なピークを容易に識別できる。従って、第1の中間のシーケンスと、シーン内の選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスとの相関に基づいて、処理ユニット430は、相関出力がピークを含む場合、第1の光源の照明寄与がシーン内の選択された物理的位置に存在することを決定可能である。同様の相関は、第1の中間のシーケンスと、シーン内の選択された位置に対応する取得した 40
画像からの一連のピクセルと関連させることにより、シーン内の他の任意の選択される物理的位置に対しても実施される。

【0060】

他方では、第2の光源の光出力に埋め込まれる中間のシーケンス（ここでは、「第2の中間のシーケンス」と呼ばれる）と、シーン内の選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスとの関連の結果として、例えば図6aに示されるように、第2の光源は、ピクセル（4, 5）に対する照明寄与を全く供給しないか、又は少なくとも無視できるほどしか供給しないので、ピークを持たない相関出力が生成される。よって、処理ユニット430は、取得した一連の画像からのピクセル（4, 5）のシーケンスが、単一の（第1の）光源の光出力だけを含む、又は主に含むと決定する。

【0061】

10

20

30

40

50

例えば、処理ユニット430は、例えば取得した一連の画像内のピクセル(7, 6)のシーケンスが、第1及び第2の中間のシーケンスの各々と、ピクセル(7, 6)のシーケンスとを相関させることにより単一の(第1の)光源の光出力だけを含むかどうかを決定することで開始する場合、このとき、相関出力の両方ともピークを含むだろう。これらの相関出力の各々のピークは、ピクセル(7, 6)に対応するシーン内の物理的位置の光源両方の光出力の存在を示す。その後、処理ユニット430は、第1の光源だけの光出力を有する取得した一連の画像のピクセルの少なくとも一つのシーケンスが見つけれられるまで、ピクセルの他のシーケンスを分析する。

【0062】

シーン内の特定の物理的位置に対応する一連のピクセルが単一の(第1の)光源の光出力だけを含むと決定する斯様な実施例に対して、中間のシーケンスは、良好な自己相関特性を持つシーケンスを有する。各光源が固有の中間のシーケンスを割り当てられるシステムで使われるとき、これらのシーケンスは、好ましくは相互に直交している。この例は、ウォルシュアダマールシーケンスであり、ここで、中間のシーケンスの長さが中間のシーケンスを割り当てられる光源の数に等しい。しかしながら、通常は、これらのシーケンスは、同期動作を必要とし、これは、追加の複雑さのため必ずしも所望されない。従って、中間のシーケンスの他の望ましい特性は、良好な相互相関特性、すなわちシーケンス間の高い自己相関及び低い相互相関を持つことである。斯様なシーケンスの例は、擬似乱数、線形フィードバックシフトレジスタにより生成されるシーケンス、又はCDMA通信システムのために使われる他のシーケンスを含む。

【0063】

更に他の実施例では、全ての光源は固有のスイッチング周波数を割り当てられ、これは識別コードとして役に立つ。また、これらは、低い相互相関及び高い自己相関を生じる。

【0064】

当業者は、ここで説明されるシナリオ全てに対して、特定の光源の照明寄与がシーン内の選択された物理的位置に存在するかどうかを決定するために一連の画像を処理するための他の方法が処理ユニット430により実施されてもよいことを認識するだろう。例えば、処理ユニット430は、ピクセルの様々なシーケンス、例えば異なる中間のシーケンスに対応するシーケンスを生成し、これらのシーケンスのどのシーケンスが、選択された物理的位置に対応する取得した一連の画像のピクセルのシーケンスと合うかを決定する。これは、例えば最大尤度検索でなされることが出来る。他の方法も、同様に考察される。

【0065】

他の実施例では、シーン内の特定の物理的位置に対応するピクセルのシーケンスが単一の(第1の)光源の光出力を主に含むという決定が、ビットのシーケンスに埋められるCRCを使用してなされ、これはピクセルのシーケンスが、第1の光源の照明寄与だけ又は主に第1の光源の照明寄与を有するかどうかを決定するために用いられる。これを決定するために、更に説明されるように、図7のプロセスが適用される。CRCは、このとき、データが正しく検出されるかどうかを照合するために用いられる。これは、第1の光源の照明寄与があまりに弱いとき、第1の光源の照明寄与がそのピクセルに存在しないとき、又は、複数の光源からの強い照明寄与がそのピクセルに存在するときの場合ではおそれくない。

【0066】

シーン内の様々な特定の物理的位置に対応するピクセルのシーケンスが、第1の光源の光出力だけを含むか又は第1の光源の光出力を主に含むかどうかを決定する間、同じデータストリーム(第1の光源の光出力に対応する)が複数のピクセルで検出されそうである。ある実施例では、これらのピクセルからの信号は、第1の光源の光出力に埋められるデータの個々のビットの連続的決定の間に結合される。代わりに、第1の光源の光出力に埋められるデータの第1のパケットの成功した検出を得る少しだけのピクセルの選択が、次のパケットの検出のために使われてもよい。第1の光源の光出力だけを含まないピクセルは、以降のステップで無視される。

【 0 0 6 7 】

異なる光源が異なる波長の光出力を生成する更に他の実施例では、検出システム 4 0 0 は、シーン内の特定の物理的位置に対応するピクセルのシーケンスが、一連の画像を得るとき特定の波長（又は波長の範囲）の光だけを通しての適しているカラーフィルタを用いて、単一の（第 1 の）光源の光出力だけを含むことを確実にする。

【 0 0 6 8 】

当該方法は、その後、処理ユニット 4 3 0 が第 1 の繰り返しシーケンスで検出システム 4 0 0 と同期する（すなわち、処理ユニット 4 3 0 は、第 1 の繰り返しシーケンスがどこで開始するかを決定する）任意のステップ 7 2 0 へ進む。

【 0 0 6 9 】

このような実施例では、中間のシーケンスは同期シーケンスを含み、ここで、処理ユニット 4 3 0 は同期シーケンスにアクセスする。同期シーケンスへのアクセスは、上述のように、中間のシーケンスにアクセスのと同じ態様になされる。

【 0 0 7 0 】

同期シーケンスへアクセスして、処理ユニット 4 3 0 は、第 1 の光源の光出力だけを含むシーン内の物理的位置に対応する一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 内のピクセルの少なくとも一つの選択されたシーケンスを同期シーケンスと相関させるように構成される。相関出力の最大は、このとき、同期シーケンスの始まりに関係し、コード 5 1 0 の（少なくとも幾つかの）第 1 の繰り返しシーケンスの始まりを決定するために用いられる。同期のために実際に有効なシーケンスは、バーカーシーケンスのような良好な自己相関特性を持つシーケンスであり、これはフルアライメントに対しては高い相関を持つが、位置がずれたバージョンに対しては低い相関を持つ。

【 0 0 7 1 】

方法 7 0 0 は、その後、処理ユニット 4 3 0 は N ビットの第 1 のシーケンスを第 1 の光源の光出力に埋め込むために用いられる変調のタイプを決定するステップ 7 3 0 へ進む。ある実施例では、これは、再び中間のシーケンスを用いてできる。中間のシーケンス内の通常は 2、3 ビットから成るフィールドは、どの変調が N ビットの第 1 のシーケンスを第 1 の光源の光出力に埋め込むために用いられたかを示すことができる。このために、処理ユニット 4 3 0 は、また、中間のシーケンスのために使用される変調のタイプへのアクセスを必要とする。中間のシーケンスのために使用される変調のタイプは、例えば中間のデータに特定の識別子を含ませることにより識別され、異なる光源の識別子のために又は光源の同期シーケンスのために、上述されたように処理ユニット 4 3 0 へ供給される。

【 0 0 7 2 】

代わりに、中間のシーケンス及び / 又は N ビットの第 1 のシーケンスの変調は、一定の変調フォーマットで常に実施されてもよい。ステップ 7 3 0 は、その時、例えばメモリ 4 4 0 から一定の変調フォーマットを読み出すか、又はシステム 2 0 0 から一定の変調フォーマットを受信することにより処理ユニット 4 3 0 が一定の変調フォーマットを得ることに単純化される。

【 0 0 7 3 】

更に他の態様では、処理ユニット 4 3 0 は、第 1 の光源の光出力だけを含むシーン内の物理的位置に対応する一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 内のピクセルの選択されたシーケンス（例えば、シーケンス 8 1 0）から N ビットの第 1 のシーケンスを第 1 の光源の光出力に埋め込むために用いられる変調方法を学習してもよい。例えば、処理ユニット 4 3 0 は、シーケンス 8 1 0 の振幅レベルの番号に等しい番号として、振幅変調のレベルの番号を決定する。

【 0 0 7 4 】

N ビットの第 1 のシーケンスを第 1 の光源の光出力に埋め込むために用いられる変調のタイプが知られると、ステップ 7 4 0 で、処理ユニット 4 3 0 は、N ビットの第 1 のシーケンスの異なるビットを区別している一つ以上の閾値を決定する。換言すれば、処理ユニット 4 3 0 は、変調のアルファベットを決定する。例えば、バイナリの振幅変調に対して

10

20

30

40

50

、特定のレベル（すなわち、閾値）を越えるシーケンス 8 1 0 の特定ピクセルの強度は、第 1 の光源の光出力に埋め込まれるデータビット「1」を表わすものとしてみなされる一方、その特定のレベルより低いシーケンス 8 1 0 の特定ピクセルの強度は、第 1 の光源の光出力に埋め込まれるデータビット「0」を表わすものとしてみなされる。同様に、多値振幅変調では、複数の閾値が決定される。当業者は、処理ユニット 4 3 0 が例えば中間のシーケンスの相関値、ピクセルの受信シーケンスの振幅、及び / 又は受信した強度レベルの分布に依存する閾値をどのように決定するかのような様々な方法を構想できる。

【0075】

方法 7 0 0 は、その後、処理ユニット 4 3 0 が、決定された閾値（すなわち、ステップ 7 4 0 で得られた変調のアルファベットを用いることによる）の少なくとも 1 つとシーケンス 8 1 0 の各ピクセルとを比較することにより N ビットの第 1 のシーケンスを決定するステップ 7 5 0 へ進む。

10

【0076】

オプションでは、ステップ 7 5 0 に続いて第 1 の光源の光出力に埋められるデータが複数のパケットに埋められる実施例では、ステップ 7 5 0 で決定されたデータビットは、単一のデータパケットへ集められてもよい。そのとき、ステップ 7 1 0 7 5 0 は、第 1 の光源の光出力に埋められる第 2 のデータパケットのために繰り返される。データパケットの全てのデータビットが決定されると、データビットはオリジナルデータを形成するために再結合される。

20

【0077】

取得した一連の画像 6 0 0 1 乃至 6 0 0 4 の同様の処理が、第 2 の光源の光出力に埋められるビットの繰り返しシーケンスを決定するために実施される。

【0078】

現在のシナリオが $5 * T_{bit}$ に等しいカメラのフレーム時間を考えてきたが、他の実施例では、フレーム時間がコード期間の整数倍又は整数の逆数倍（この場合、各画像が同じコードビットの値を含む）でない限り、カメラのフレーム時間は、 T_{bit} の任意の整数倍に等しく設定されてもよい。例えば、コード期間が $7 * T_{bit}$ に等しい場合、カメラのフレーム時間はコード期間より 2 ビット大きい又は 2 ビット少ない、すなわち $9 * T_{bit}$ 又は $5 * T_{bit}$ に設定される。更に、カメラ 4 1 0 は、必ずしも各フレームの第 1 の時間 T_{bit} の間ではなく、各フレームの任意の T_{bit} の間に画像を取得するように構成されてもよい。

30

【0079】

ある実施例では、露出時間は、埋め込みデータの全体のビットと実質的に一致してもよい（すなわち、各露出時間は、新規なコードビットが光源に付与される駆動信号を変調するために適用されるとき実質的に始まり、新規なコードビットの付与が終わるとき終わる）。他の実施例では、露出時間は、全体のビットと一致するのではなく、埋め込みデータの全体のビットの注意深く選ばれた一部と（例えば、ビットの真ん中 5 0 % と）一致する。

【0080】

更に、N ビットの繰り返しシーケンスを取扱う他の実施例では、N 個より多い画像が、処理ユニット 4 3 0 により得られて処理されてもよい。これは、例えば信号 5 2 0 が M ビットの中間のシーケンスを含む実施例でなされる。このような実施例では、処理ユニット 4 3 0 により取得され処理される画像の最小量は、 $(N + M)$ 個の画像である。他の実施例では、これは、光源の検出の確率を向上させ、光源の光出力に埋め込まれるデータビットの検出を改善するために使用できる。例えば、 $2N$ 個の画像が取得されるとき、検出上のノイズの影響を更に抑制するために N 個の画像 2 セットを平均できる。これは、提案された方法では、露出時間が露光時間と比較して通常小さいので、暗い状況で特に有利である。

40

【0081】

シナリオ 2：フレーム当たり多値の露光

50

次に、第1のシナリオと同様に、図1に例示されるように構成100のフロアの一部である特定のシーンへ2つの光源が照明寄与を供給でき、第1の光源がシーン内（すなわち、床上）にフットプリント125bを持つ図1に例示される光源120の一つであり、第2の光源がシーン内にフットプリント125cを持つ図1に例示される光源120の一つである照明システム200を考える。また、2つの光源の光出力に埋め込まれるそれぞれのコードは、Nビットの異なる繰り返しシーケンスを含む。

【0082】

また、第1の光源の光出力に埋め込まれるコードの繰り返しシーケンスが4ビット c_{11} 、 c_{12} 、 c_{13} 、 c_{14} を含み、第2の光源の光出力に埋め込まれるコードの繰り返しシーケンスが4ビット c_{21} 、 c_{22} 、 c_{23} 、 c_{24} を含むことを考える。また、ビットの各々は期間 T_{bit} を持ち、従って、コード期間は $4 * T_{bit}$ に等しい。第1の光源の光出力に埋め込まれるコードは、コード910として図9に示され、図2で説明された信号245に含まれる。

【0083】

コードのビットが光源の光出力にどのように埋められるかに関する第1のシナリオの議論が、ここでも適用でき、従って、簡潔さのために、ここで繰り返されない。しかしながら、説明を簡単にするため、Nビットの繰り返しシーケンスの決定が他の光源と独立して各光源に対して実施され、処理ユニット430が基本的に単一の光源の光出力だけが存在する取得した一連の画像のピクセルを選択することで開始するので、現在のシナリオは、ここで、単一の光源だけがシーンへの照明寄与を供給する例に焦点を当てるだろう。もちろん、当業者は、ここで示される例示が単一の（第1の）光源の光出力だけを含む取得した画像のピクセルのシーケンスがどのように選択されるかに関する第1のシナリオの教示（上述の方法700のステップ710）を組み込むことにより、複数の光源まで容易に広げられることを認識するだろう。

【0084】

また、カメラ410は、シーンの一連の画像を得るように構成される。そのために、カメラの露光は、多重露出時間を有するように設定され、各露出時間が1ビットのコード期間、すなわち T_{bit} の長さ に等しい期間を持つ。この場合、カメラ410の全体の露出時間 T_{exp} は、多重露出時間の全ての期間の和である。斯様なシナリオでは、コード910に含まれるN個のシンボルの繰り返しの第1のシーケンスを決定するために、検出システム400は、第1のシナリオで説明されたのと異なる態様で動作するように構成される。

【0085】

最初に、多重露出時間が連続的であり、カメラ410が各フレームの第1の時間 T_{exp} の間に画像を取得するように構成されたと考える。各フレームの3つの露出時間を持つ態様で構成されるカメラ410の露光は、ライン930で図9に例示される。

【0086】

画像が撮られるとき、カメラはシーン内の全ての位置での照明システムの全光出力の強度を得る。現在のシナリオの例示的例では、照明システムの全光出力は、第1の光源からだけの照明寄与を有する。

【0087】

カメラの露光時間がコード910の3つの連続的なコードビットに等しく設定されるので、画像の特定のピクセルでの強度は、画像が撮られる時間での光源220の光出力にコード化されるコードのビットの全て値により影響を受ける。各ピクセルは、シーン内の異なる物理的位置での照明システムの全光出力の強度を表す。第1の光源の光出力がコードビット c_{11} 、 c_{12} 及び c_{13} で変調されるとき第1の画像が撮られるので（図9において、露出930のフレーム1のカメラ露光がコード910でどれくらい重なるかを参照されたい）、各ピクセル (x, y) の強度 $d_{x, y(1)}$ は、以下の通りに決定される。

$$d_{x, y(1)} = A_{x, y} \cdot c_{11} + A_{x, y} \cdot c_{12} + A_{x, y} \cdot c_{13} \quad (1)$$

10

20

30

40

50

ここで、 $A_{x,y}$ は、第 1 の光源に付与される駆動信号がコードビット c_{11} 、 c_{12} 及び c_{13} で変調されない場合の強度の値であり、 $d_{x,y(1)}$ の添え字 (1) は、これがフレーム 1 で得られた強度であることを示す。

【0088】

露出 930 から見られるように、シーンの一連の画像の第 2 の画像は、カメラ 410 のフレーム 2 の間に得られる。光源 220-1 の光出力がコードビット c_{12} 、 c_{13} 及び c_{14} で変調されるとき第 2 の画像が撮られるので (図 5 において、露出 930 のフレーム 2 のカメラ露光がコード 910 でどれくらい重なるかを参照されたい)、各ピクセル (x, y) の強度 $d_{x,y(2)}$ は、以下の通りに決定される。

$$d_{x,y(2)} = A_{x,y} \cdot c_{12} + A_{x,y} \cdot c_{13} + A_{x,y} \cdot c_{14} \quad (2) \quad 10$$

【0089】

同様に、第 3 の画像に対して、各ピクセル (x, y) の強度 $d_{x,y(3)}$ は、以下の通りに決定される。

$$d_{x,y(3)} = A_{x,y} \cdot c_{13} + A_{x,y} \cdot c_{14} + A_{x,y} \cdot c_{11} \quad (3)$$

【0090】

最後に、第 4 の画像に対して、各ピクセル (x, y) の強度 $d_{x,y(4)}$ は、以下の通りに決定される。

$$d_{x,y(4)} = A_{x,y} \cdot c_{14} + A_{x,y} \cdot c_{11} + A_{x,y} \cdot c_{12} \quad (4)$$

【0091】

4 つの取得した画像の特定ピクセル (x, y) に対する上記強度 (1) (4) は、マトリックス強度

$$\underline{d_{x,y}}$$

として書かれてもよい。

$$\underline{d_{x,y}} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = A_{x,y} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \\ c_{14} \end{bmatrix} \quad 30$$

(5)

表記

$$\underline{H} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 40$$

及び

$$\underline{c} = \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \\ c_{14} \end{bmatrix}$$

を使用して、式（５）は式（６）のように書き直される。

10

$$\underline{d}_{x,y} = A_{x,y} \underline{H} \cdot \underline{c}$$

（６）

【００９２】

式（６）において、処理ユニット４３０は、取得した一連の画像から強度

$$\underline{d}_{x,y}$$

と、カメラ４１０が画像を撮るために構成される態様から

20

$$\underline{H}$$

とを所有している。よって、式（６）は、一つの未知の

$$A_{x,y} \underline{c}$$

を持つ式である。再び、マトリックス表記で書くと、処理ユニット４３０は、未知の

$$A_{x,y} \underline{c}$$

30

を式（７）により決定する。

$$A_{x,y} \underline{c} = \underline{H}^{-1} \cdot \underline{d}$$

（７）

ここで、共通のマトリックス表記によると、

$$\underline{H}^{-1}$$

40

はマトリックス

$$\underline{H}$$

の逆行列を示すか又は非正方行列

$$\underline{H}$$

に対する擬似逆行列を示す。式（７）に従って計算を実施することは、カメラの各フレー

50

ム時間内に多値ビット露出時間を持たせることを可能にする変換を、強度

$$\underline{d_{x,y}}$$

の受信したシーケンスへ適用することで考え得る。この変換はフレーム当たりの多値ビット露出を修正し、結果的に

$$A_{x,y} \underline{H} \cdot \underline{c}$$

の形式の（すなわち、フレーム当たりの多値ビット露出を修正しない）データよりはむしろ、

$$A_{x,y} \underline{c}$$

の形式の（第１のシナリオで説明されたシーケンス８１０と同様の）データを含む取得した画像のピクセル（ x, y ）のシーケンスとなる。その後、第１のシナリオ（方法７００）で説明されたのと同様の処理が

$$A_{x,y} \underline{c}$$

に適用される。様々な実施例では、変換は、上述のステップ７１０ ７５０の一部又は全ての前にピクセルのシーケンスに適用される。

【００９３】

このシナリオの説明は、これまで連続的なカメラ４１０のフレーム時間内の多重露出時間の場合を扱っている一方、類似したアプローチが、連続していない多重露出時間に適用できる。式（６）及び（７）が依然満たされるのに対し、画像を取得するため異なる露出時間を選択する違いが、異なるマトリックス

$$\underline{H}$$

に反映されるだろう。式（７）に従って計算を実施することがマトリックス

$$\underline{H}$$

の逆行列を決定することを必要とするので、一連の画像に対する多重露出時間は、マトリックス

$$\underline{H}$$

が逆変換可能であるように、選択されなければならない。

【００９４】

カメラ４１０のフレーム時間内に複数の連続ビットを持つ画像を取得することと複数の非連続ビットを持つ画像を取得することとの間の１つの更なる違いは、どれくらい斯様な露出が実行できるかである。全てのカメラに対して内部にあるシャッタ４２０が、フレーム内で一回だけ開閉するので、斯様なシャッタは、通常は、カメラ４１０のフレーム時間内で複数の連続ビットを持つ画像を取得するためにだけ用いられる。

【００９５】

これに対して、カメラ４１０の外部にあるシャッタ４２０は、各フレーム内で複数の連続ビット及び複数の非連続ビット両方を持つ画像を取得するために用いられる。斯様なシャッタは、カメラの前に配置された電子シャッタとして実行され、単一のフレームの間に

シャッタの複数回の開／閉を可能にする。ある実施例では、斯様なシャッタは、デジタルコードにより切換えられる。カメラ410に対する外部シャッタの使用により可能になった開／閉パターンの1つの例は、図10の切換信号1030として例示される。図10は、また、例示的なコード1010を例示する。

【0096】

そのとき、ある実施例では、検出システム400は、以下の通りに動作するだろう。複合光信号は、カメラ410の前に配置されるシャッタ420に向けられる。シャッタ420は、シャッタの開閉状態を決定する切換信号1030により動作される。シャッタ420のスイッチング周波数が符号化された光の周波数と同じである、すなわち両方とも同じ T_{bit} を使用すると考える。そのとき、カメラ410は、フレーム時間 T_{frame} にわたって入って来る光を集積する（これは、また、本願で説明されている他の実施例全てに対して保つ）。シャッタ420を切換えることにより、開いたシャッタ時間の間のコード1010のビットは受信され、それ以外では受信されない。よって、シャッタ420からカメラ410への結果として生じる出力信号は、シャッタが開いていた間のビットについての和である。

【0097】

フレームごとに、 $T_{frame} = T_{bit} * N_{shut}$ である長さ T_{frame} の異なるシャッタコードが付与される。シャッタ420がカメラ410に対する外部シャッタとして実行される実施例では、 N_{shut} は、好ましくは N_{code} の整数倍又は整数の逆数倍である。シャッタ420がカメラ410内部のシャッタとして実行される実施例において、 N_{shut} は、好ましくは N_{code} の整数倍又は整数の逆数倍に等しくない。切換信号1030に含む連続的なコードの正しいセットを選択することにより、すなわち、コードマトリックス

H

が逆変換可能であるように選択することにより、信号 $d(t)$ は、カメラ410の信号出力の電氣的処理の後、回復できる。処理ユニット430は、その後、上述の態様で N 個のサンプルのシーケンスを決定する処理を行う。

【0098】

ある実施例では、シャッタ420がより長く開いているほど、光がカメラ410のセンサにより受信されるので、切換信号1030は、好ましくは、できるだけ多くの1を含む。この目的のための適切なコードは、 S 個の行列であり、これは、第1の行及び列を取り除いた後のアダマール行列から成る。

【0099】

以前のシナリオの説明の全ては、ここで適用でき、従って、コード期間のものと関連するフレーム時間の期間に関するものを除いて繰り返されない。各画像が多重露出時間で取得され、シャッタ420がカメラ410の外部シャッタとして実行されるシナリオでは、カメラのフレーム時間は、好ましくは、コード期間の整数倍又は整数の逆数倍に設定される。例えば、コード期間が $7 * T_{bit}$ に等しい場合、カメラのフレーム時間はコード期間の2倍、すなわち $14 * T_{bit}$ に設定される。各画像が多重露出時間で取得され、シャッタ420がカメラ410の内部シャッタとして実行されるシナリオでは、第1のシナリオにて例示されたように、カメラのフレーム時間は、好ましくは、コード期間の整数倍又は整数の逆数倍に設定されない。

【0100】

このシナリオの1つの利点は、フレーム当たりの複数のビット露出を持つ各画像を取得することが、特に低い光の状況で、より光効率的であるということである。従って、検出プロセスでのノイズの影響は、低減される。

【0101】

本発明の一つの利点は、カメラのシャッタの特定の開／閉パターンを選択することによ

り取得される一連の画像に基づいて、高周波で変調され、よって人間の目に見えない符号化された光が、従来の低レートのカメラを使用して検出されることである。例えば、従来の50Hzのカメラは、人間の可視閾値より遥かに高い1kHz以上で変調される符号化された光を決定するために用いられる。

【0102】

ここで例示される実施例は、同期照明システム（すなわち、様々な光源の埋め込みコードが同時に始まるシステム）に対して提供される一方、当業者は、本発明の教示を非同期照明システム（すなわち、様々な光源の埋め込みコードが異なる時間で始まるシステム）まで拡張可能である。

【0103】

本発明の一つの実施例は、コンピュータシステムでの使用のためのプログラムプロダクトとして実行される。プログラムプロダクトのプログラムは、実施例の機能（ここで説明されている方法を含む）を規定し、様々なコンピュータ可読の記憶媒体に含まれ得る。例示的コンピュータ可読の記憶媒体は、限定されるものではないが、（i）情報が永久に格納される書き換えできない記憶媒体（例えば、CD-ROMドライブにより読み込み可能なCD-ROMディスクのようなコンピュータ内の読出し専用メモリ装置、フラッシュメモリ、ROMチップ又はソリッドステート不揮発性半導体メモリの任意のタイプ）、及び、（ii）変更可能な情報が格納される書き換え可能な記憶媒体（例えば、ディスクドライブ若しくはハードディスクドライブ内のフロッピー（登録商標）ディスク又はソリッドステートランダムアクセス半導体メモリの任意のタイプ）を含む。

【0104】

前述の説明は本発明の実施例に向けられる一方、本発明の他の実施例及び更なる実施例は、本発明の基本的な範囲を逸脱しない範囲で考案されてもよい。例えば、本発明の態様は、ハードウェア、ソフトウェア、又はハードウェア及びソフトウェアの組合せで実行されてもよい。更に、実施例が可視光の通信の状況で説明されてきたが、本発明は、可視の範囲外の波長範囲にも適用できる。従って、本発明の範囲は、以下の請求項により決定される。

10

20

【図 1】

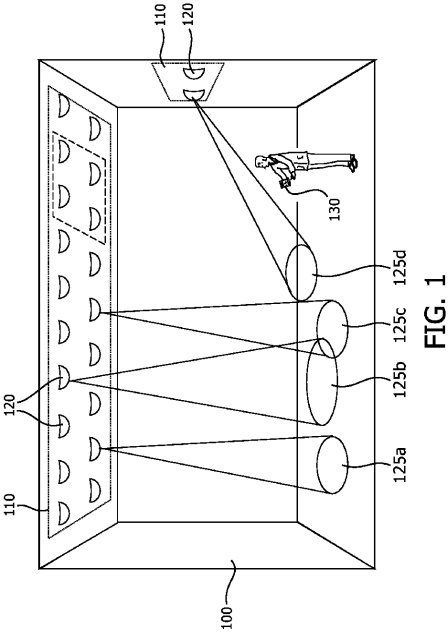
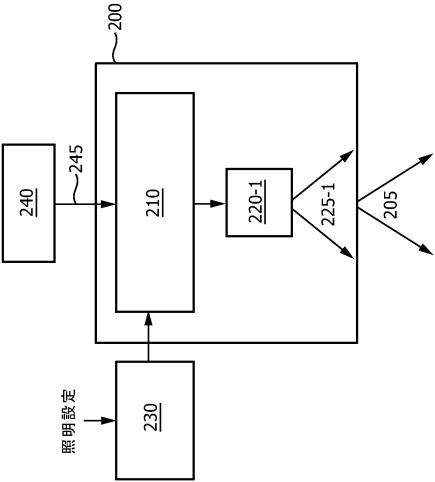
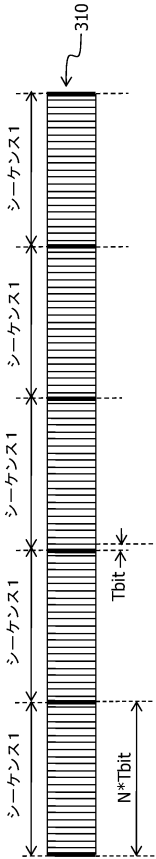


FIG. 1

【図 2】



【図 3】



【図 4】

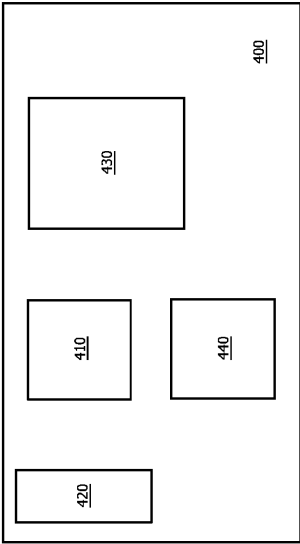
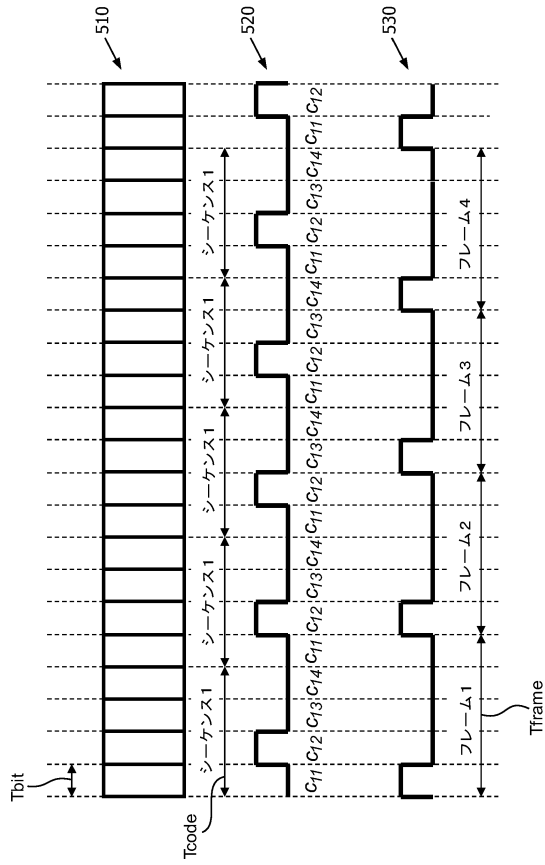


FIG. 4

【図 5】



【図 6 A】

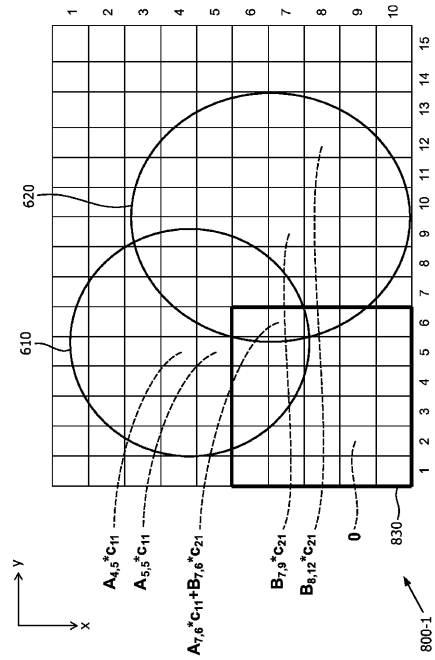


FIG. 6A

【図 6 B】

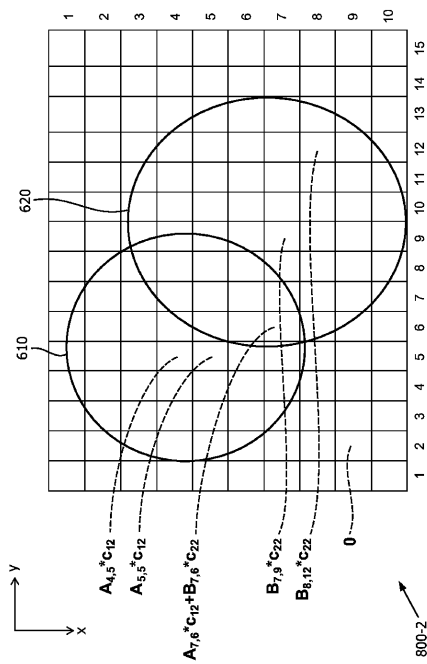


FIG. 6B

【図 6 C】

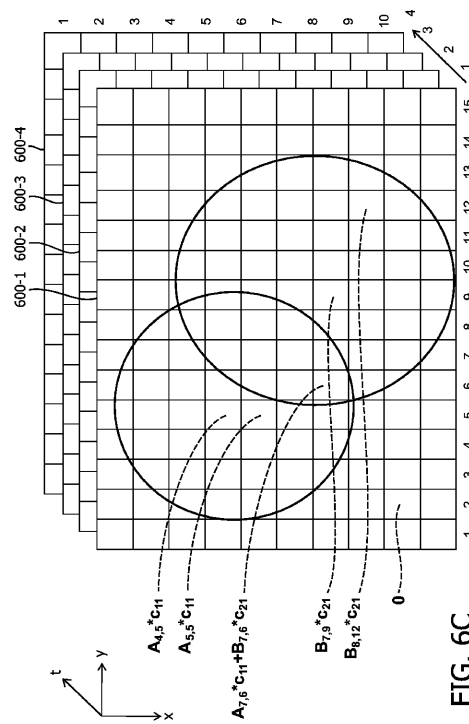
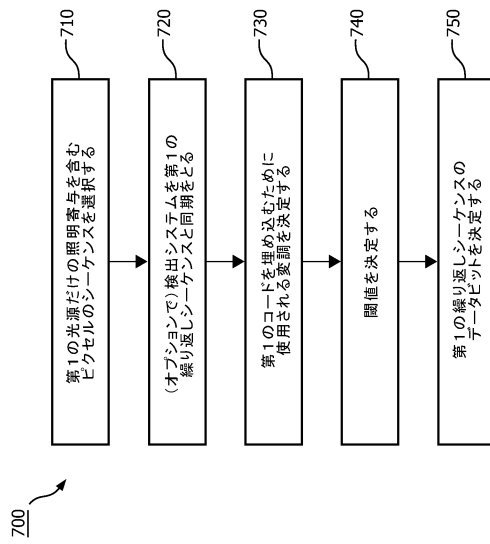
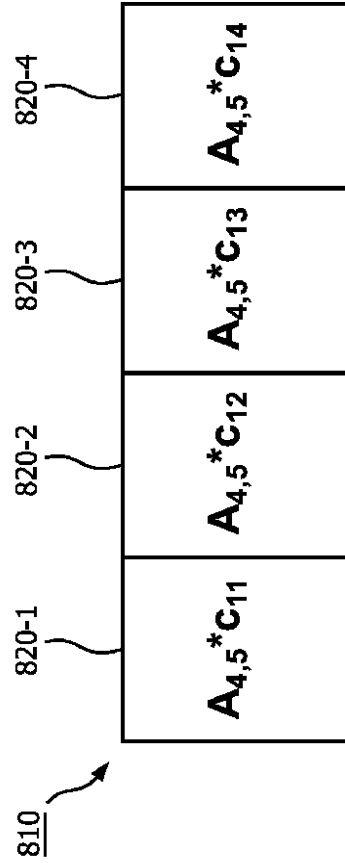


FIG. 6C

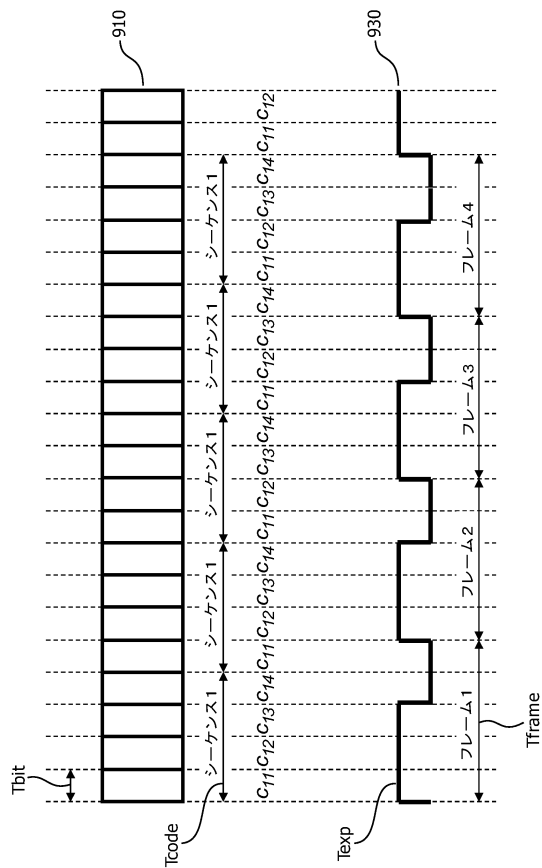
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】

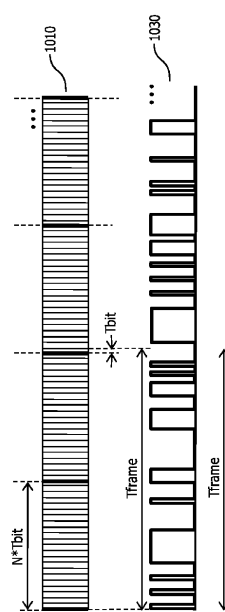


FIG. 10

フロントページの続き

- (72)発明者 デ ブルアイン フレデリック ジャン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4
- (72)発明者 ブルタース ルード
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4
- (72)発明者 フェリ ローレンゾ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

審査官 宮崎 光治

- (56)参考文献 特開2008-015970(JP,A)
特開2009-124533(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B37/00-39/10
H04B10/00-10/69