

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4000316号
(P4000316)

(45) 発行日 平成19年10月31日(2007.10.31)

(24) 登録日 平成19年8月17日(2007.8.17)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4N	1/387	(2006.01)	HO4N	1/387	
HO4N	1/405	(2006.01)	HO4N	1/40	B
HO4N	1/40	(2006.01)	HO4N	1/40	Z

請求項の数 12 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-555429 (P2003-555429)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成14年12月6日(2002.12.6)</p> <p>(65) 公表番号 特表2005-514810 (P2005-514810A)</p> <p>(43) 公表日 平成17年5月19日(2005.5.19)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2002/039088</p> <p>(87) 国際公開番号 W02003/054786</p> <p>(87) 国際公開日 平成15年7月3日(2003.7.3)</p> <p>審査請求日 平成16年8月12日(2004.8.12)</p> <p>(31) 優先権主張番号 10/027,523</p> <p>(32) 優先日 平成13年12月19日(2001.12.19)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国(US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 398038580 ヒューレット・パカード・カンパニー HEWLETT-PACKARD COMPANY アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ハノーバー・ストリート 3000</p> <p>(74) 代理人 110000039 特許業務法人アイ・ピー・エス</p> <p>(72) 発明者 ニランジャン・ダメラ-ヴェンカタ アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーベール エービーティーシー コスタメサテラス473</p> <p>(72) 発明者 ジョナサン・イェン アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼ パイングローブウェイ1431 最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 埋め込み型図形符号化を用いたハーフトーン化による図形コードの生成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハーフトーン化により図形バーコードを生成する方法であって、
原画像の領域間に拡散された誤差であって、図形符号化されたメッセージに対応した前記図形バーコードに基づいて計算された誤差を組み込んだ該原画像の領域をハーフトーン化すること

を含み、

前記ハーフトーン化することは、

前記図形バーコードのそれぞれの領域の量子化誤差を計算すること

を含み、

前記計算された量子化誤差は、前記図形符号化メッセージに対して不変であり、

平均ブロック誤差が、前記原画像の領域間に拡散される

図形バーコードを生成する方法。

【請求項2】

前記ハーフトーン化は、

前記原画像の領域を前記拡散された誤差で変更することであって、変更された原画像の対応する領域を生成すること

を含む

請求項1に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項3】

10

20

行列値誤差フィルタを適用することであって、拡散される量子化誤差を計算する、行列値誤差フィルタを適用すること

をさらに含む請求項 2 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 4】

前記量子化誤差は、前記変更された原画像の領域と、前記図形バーコードの対応する領域との比較に基づいて計算される

請求項 2 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 5】

前記変更された原画像の領域を量子化することであって、図形バーコードの 1 つまたは複数の固有の特徴を計測すること、および、固有の特徴の計測に基づいて、原画像の領域を表すことを可能にされ、事前に選択された 1 組のハーフトーン領域からハーフトーン領域列を選択することによって生成されるベース画像の対応する領域を生成すること、

をさらに含む請求項 2 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 6】

前記量子化することは、
前記変更された原画像の領域を閾値処理すること
を含む

請求項 5 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 7】

前記変更された原画像の領域は、中間グレーレベルで閾値処理される

請求項 6 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 8】

前記ベース画像の領域は、前記メッセージを図形符号化したもので変調され、前記図形バーコードの対応する領域が生成される

請求項 5 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 9】

図形符号化された前記メッセージに対応し、情報を符号化して得られる図形コードワード列を生成すること

をさらに含む請求項 1 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 10】

前記ハーフトーン化は、

前記原画像の対応する領域への誤差の伝搬に基づいて、図形バーコードの 1 つまたは複数の固有の特徴を計測すること、および、固有の特徴の計測に基づいて、原画像の領域を表すことを可能にされ、事前に選択された 1 組のハーフトーン領域からハーフトーン領域列を選択することによって生成されるベース画像の領域を生成すること

を含み、

前記図形コードワード列に基づいて前記ベース画像の領域を変調することであって、前記図形バーコードの対応する領域を生成すること

をさらに含む、

請求項 9 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 11】

前記ベース画像の領域を変調することは、

前記ベース画像の領域と前記図形コードワードとの間に可逆的な図形操作を適用すること

を含む

請求項 10 に記載の図形バーコードを生成する方法。

【請求項 12】

ハーフトーン化により図形バーコードを生成するプログラムであって、

原画像の領域間に拡散された誤差であって、図形符号化されたメッセージに対応した前記図形バーコードのに基づいて計算された誤差を組み込んだ該原画像の領域をハーフト

10

20

30

40

50

ン化すること

をコンピュータに実行させ、

前記ハーフトーン化することは、

前記図形バーコードのそれぞれの領域の量子化誤差を計算すること

を含み、

前記計算された量子化誤差は、前記図形符号化メッセージに対して不変であり、

平均ブロック誤差は、前記原画像の領域間に拡散される

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

この発明は、埋め込み型図形符号化 (embedded graphical encoding) を用いたハーフトーン化によって図形バーコードを生成するシステムおよび方法に関する。

【0002】

[関連出願の相互参照]

この出願は、以下の同時係属中の出願に関連している。

これらの出願のそれぞれは、参照により本明細書に援用される。

・Doron Shaked他によって2000年5月25日に出願された「A Method and Apparatus for Generating and Decoding a Visually Significant Bar Code」という発明の名称の米国特許出願第09/579,010号、

20

・Renato Kresch他によって1999年10月28日に出願された「System and Method for Counterfeit Protection」という発明の名称の米国特許出願第09/429,515号、

・Jonathan Yen他によって2000年12月1日に出願された「Authenticable Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/728,292号、

・Doron Shaked他によって2000年5月25日に出願された「Geometric Deformation Correction Method and System for Dot Pattern Images」という発明の名称の米国特許出願第09/578,843号、

・Doron Shaked他によって2001年6月7日に出願された「Generating and Decoding Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,516号、

30

・Jonathan Yen他によって2001年6月7日に出願された「Automatically Extracting Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,581号、

・Doron Shaked他によって2001年6月7日に出願された「Fiducial Mark Patterns for Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,517号、

・Doron Shaked他によって2001年10月10日に出願された「Graphically Demodulating Graphical Bar Codes Without Foreknowledge of the Original Unmodulated Base Image」という発明の名称の米国特許出願第09/975,278号、および

・Niranjan Damera-Venkaraによって2001年8月23日に出願された「System and Method for Embedding Information within a Printed Image Using Block Error Diffusion Halftoning」という発明の名称の米国特許出願第09/935,457号。

40

【背景技術】

【0003】

デジタルハーフトーン化 (または空間的ディザリング) は、2値絵素の配列で連続トーン映像のイリュージョンを描写する方法である。

インクジェットプリンタやレーザプリンタなどのデジタル出力デバイスで連続トーン画像を描写する場合に、デジタルハーフトーン化には、ドットの群またはドットのセルで連続トーン画像をシミュレートすることが必要となる。

【0004】

一般に、ハーフトーン化には、連続トーン画像、すなわちコントーン画像またはグレースケール画像から2値画像、すなわちツートーン画像を生成することが必要となる。

50

グレースケール画像は、連続トーンの黒（または他のある単一カラー）および白の画像であるのに対して、コントーン画像は、フルカラー画像またはモノクロ画像のいずれであってもよい。

いずれの場合も、ハーフトーン画像は、さまざまなハーフトーン化技法のいずれか1つを使用して、コントーン（フルカラーまたはグレースケール）画像から生成される。

さまざまなハーフトーン化技法には、閾値配列またはディザリング（例えば、クラスタ化ドット、分散ドット、および確率的スクリーン（stochastic screen））、適応型プロセス（例えば誤差拡散）、ならびに対話型プロセス（例えば、最小2乗および直接2分探索）が含まれる。

【0005】

画像に情報を埋め込むための多くの異なる方法が提案されてきた。

【0006】

例えば、バーコードは、符号化された情報を人間の観察者に見える方法を考慮せずに、小さな画像空間にデジタル情報を高密度に符号化するための文書または画像のマーキング技法の既知のカテゴリーである。

バーコードシンボルは、データ要素または文字を表すさまざまな幅の平行なバーおよびスペースのパターンである。

バーは、2値の1の文字列を表し、スペースは、2値の0の文字列を表す。

従来の「1次元」バーコードシンボルは、単一の次元でのみ変化する一連のバーおよびスペースを含む。

1次元バーコードシンボルの情報記憶容量は、比較的小さい。

「2次元」バーコードは、1次元バーコードシンボルよりも多くの情報を含むマシン可読シンボルの必要性が増加したことに対処するために開発されたものである。

2次元バーコードシンボルの情報記憶容量は、バーコードパターンを2次元で変化させることにより1次元バーコードに比べて増加している。

共通の2次元バーコードの標準規格には、PDF417、コードワン（Code 1）、およびマキシコード（Maxicode）がある。

1次元バーコードシンボルおよび2次元バーコードシンボルは、通常、印刷されたバーコードシンボルを電気信号に変換する光学式スキャン技法によって（例えば、機械的にスキャンされるレーザビームまたは自己走査型電荷結合素子（CCD）によって）読み取られる。

この電気信号は、デジタル化されて復号され、印刷されたバーコードシンボルに符号化されたデータが復元される。

【0007】

データグリフ（data glyph）技術は、情報埋め込み技法の別のカテゴリーであり、高密度の割合の埋め込みデータを必要とする画像の用途であって、この埋め込みデータが復号に関してローバストであることを必要とする画像の用途で使用するのに特に好都合である。

データグリフ技術は、2進数の1および0の形式でデジタル情報を符号化し、次いで、これらの2進数の1および0は、非常に小さな直線マークなどの区別可能な形状のマークの形式で描写される。

一般に、それぞれの小さなマークは、バイナリデータの数字を表し、特定のマークの直線の向きは、その特定の数字がデジタルの1であるのか、それとも0であるのかを決定する。

【0008】

他の文書マーキング技法または画像マーキング技法としては、情報の信頼性ある復号を可能にしつつ、情報を人間の観察者にほぼ知覚できないように（すなわち、情報を埋め込むことにより生じる画像の歪みを同時に最小にする方法で）画像に情報を埋め込む技法が提案されている。

例えば、多くの異なるデジタルウォーターマーキング技法が提案されている。

10

20

30

40

50

一般に、デジタルウォーターマークは、不正変更を加えにくい埋め込み信号を生成しつつ、ウォーターマーキングされている画像の商品としての品質および価値を減少させないように、人間の観察者に知覚できない埋め込み信号を生成するよう設計されている。

【0009】

別の手法では、米国特許第6,141,441号が、符号化されたメッセージを運ぶ一連の小さな画像領域(「信号セル」と呼ばれる)として印刷カラー画像に符号化されているメッセージデータを復号する技法を開示している。

各信号セルは、総括して全体の平均色を有する有色の部分領域の空間パターンから構成される。

この部分領域の色は、多次元色空間における1つまたは複数の方向の平均色に対する変更(変調)として定義される。 10

復号技法は、1組の有効な信号ブロックを使用する。

これらの信号ブロックのそれぞれは、色変調された部分領域の一意のパターンである。

符号化方式で定義された有効なメッセージ値ごとに有効な信号ブロックが存在する。

復号操作は、まず、取得した画像において信号セルの位置を突き止め、次いで、各信号セルからそのセルの局所的な平均色を取り去って、受信信号ブロックを生成する。

復号操作は、この受信信号ブロックのそれぞれに対応するそれぞれの有効な信号ブロックを決定する。

この決定は、それぞれの有効な信号ブロックをそれぞれの受信信号ブロックと比較することにより行われる。 20

復号技法の一実施態様は、架空のグリッド類似構造を、信号セルのすべての最も可能性の高い位置と合わせることにより、取得した画像に配列されている信号セルを2D配列で復号する。

一実施の形態では、色変調の色空間の方向が選択される。

この方向により、異なって色付けされた信号セルの部分領域は、人間の観察者にはほぼ知覚できなくなり、したがって、メッセージを運ぶパターンは、符号化画像においてほぼ知覚できなくなる。

【特許文献1】米国特許第6,141,441号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】 30

【0010】

[概要]

本発明は、埋め込み型図形符号化を用いてハーフトーン化することにより、図形バーコードを生成するシステムおよび方法を特徴とする。

本明細書において、用語「図形バーコード」は、広く、埋め込み情報を符号化する目立たない図形変調を含んだ画像を指す。

ハーフトーン化プロセス内で図形符号化を行うことにより、本発明は、結果として生成される図形バーコードの外観を、図形バーコードの情報埋め込み容量を犠牲にすることなく改善させることができる。

【0011】 40

本発明は、図形バーコードを生成する方法を特徴とする。

この本発明の方法によれば、原画像の領域がハーフトーン化される。

原画像の領域は、原画像の領域間に拡散された誤差であって、メッセージを図形符号化したものに対応した図形バーコードの変調に少なくとも部分的に基づいて計算された誤差、を組み込んでいる。

【0012】

本発明のこの態様による実施の形態は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことができる。

【0013】

ハーフトーン化することは、図形バーコードのそれぞれの領域の量子化誤差を計算する 50

ことを含むことができる。

いくつかの実施の形態において、計算された量子化誤差は、図形符号化メッセージに対して不変である。

平均ブロック誤差は、原画像の領域間に拡散されることができる。

【0014】

いくつかの実施の形態において、ハーフトーン化は、原画像の領域を拡散された誤差で変更することであって、それによって、変更された原画像の対応する領域を生成する、原画像の領域を拡散された誤差で変更することを含む。

拡散される量子化誤差を計算するために、行列値誤差フィルタを適用することができる。

量子化誤差は、変更された原画像の領域と、図形バーコードの対応する領域との比較に少なくとも部分的に基づいて計算されることができる。

ベース画像の対応する領域を生成するために、変更された原画像の領域を量子化することができる。

量子化することは、変更された原画像の領域を閾値処理することを含むことができる。

変更された原画像の領域は、中間グレーレベルで閾値処理されることができる。

いくつかの実施の形態において、量子化することは、代表的な複数の可能なハーフトーン領域からなるサブセットから選択された、それぞれの代表的な量子化領域を、ベース画像の領域に割り当てることを含む。

代表的な複数の可能な量子化領域からなるサブセットは、すべてが黒の代表的な量子化領域およびすべてが白の代表的な量子化領域から成ることができる。

ベース画像の領域は、図形バーコードの対応する領域が生成されることができるように、メッセージを図形符号化したもので変調される。

【0015】

いくつかの実施の形態において、メッセージを図形符号化したものに対応する図形コードワード列を生成することができる。

ハーフトーン化は、原画像の対応する領域への誤差の伝搬に基づいてベース画像の領域を生成することができる。

図形バーコードの対応する領域を生成するために、図形コードワード列に基づいてベース画像の領域を変調することができる。

いくつかの実施の形態において、ベース画像の領域を変調することは、ベース画像の領域と図形コードワードとの間に可逆的な図形操作を適用することを含む。

【0016】

図形コードワードの1つまたは複数のものは、非情報を符号化したものであり、その残りの図形コードワードは、情報を符号化したものであることができる。

情報を符号化した図形コードワードおよび非情報を符号化した図形コードワードは、平均グレー値に基づいて区別することができる。

例えば、情報を符号化した図形コードワードは、選択されたグレー値の範囲内のグレー値を有することができる。

いくつかの実施の形態において、1つまたは複数の非情報を符号化した図形コードワードは、符号化中に、図形バーコードに対する変調を符号化しない。

1つまたは複数の非情報を符号化した図形コードワードは、符号化の際に、前記図形バーコードの領域を視覚的に強調することができる。

【0017】

また、本発明は、上述した符号化方法に従って図形バーコードを生成するコンピュータプログラムも特徴とする。

【0018】

別の態様において、本発明は、図形バーコードを復号する方法を特徴とする。

この本発明の方法によると、原画像を表すハーフトーン領域を有するベース画像が生成される。

10

20

30

40

50

メッセージを図形符号化したものに対応する図形コードワード列を得るために、ベース画像の領域と、1組の図形コードワードとが確率的に比較される。

図形コードワード列は、復号されたメッセージを生成するために復号される。

【0019】

本発明のこの態様による実施の形態は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことができる。

【0020】

いくつかの実施の形態において、原画像は、原画像の領域間に拡散された誤差であって、事前を選択されたメッセージを図形符号化したものに対応した図形バーコードの変調に少なくとも部分的に基づいて計算された誤差、を組み込んだ原画像の領域をハーフトーン化することにより生成される。

10

量子化誤差は、好ましくは、図形符号化メッセージに対して不変である。

【0021】

いくつかの実施の形態において、ベース画像は、原画像を予知することなく生成される。

ベース画像は、図形バーコードの1つまたは複数の固有の特徴を計測すること、および固有の特徴の計測に基づいて、原画像の領域を表すことを可能にされた、事前を選択された1組のハーフトーン領域からハーフトーン領域列を選択すること、によって生成することができる。

いくつかの実施の形態において、代表的なハーフトーン領域列を選択することは、ベース画像の対応する領域と一致する可能性のある図形バーコードの各領域について代表的なハーフトーン領域を選択することを含む。

20

【0022】

また、本発明は、上述した復号方法に従って図形バーコードを復号するコンピュータプログラムも特徴とする。

【0023】

本発明の他の特徴および利点は、図面および特許請求の範囲を含めて、以下の説明から明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

30

[詳細な説明]

以下の説明では、同じ参照符号は、同じ要素を特定するために使用される。

さらに、図面は、例示の実施の形態の主要な特徴を図的に示すためのものである。

図面は、実際の実施の形態のすべての特徴を示すためのものであるとは限らず、また、図示した要素の相対的な寸法を示すためのものでもなく、図面は、一律の縮尺で描かれていない。

【0025】

<概要>

図1を参照して、一実施の形態では、図形バーコード10は、符号化モジュール12によって生成することができ、文書ハンドリングチャンネル14を通じて処理することができ、復号モジュール16によって復号することができる。

40

【0026】

符号化モジュール12は、コードワード符号化ステージ18および図形変調 (graphic modulation) ステージ20を含む。

符号化モジュール12は、コンピュータまたは他のプログラマブルプロセッサ上で実行可能な1つまたは複数のプログラムモジュールとして実施することができる。

動作時に、符号化モジュール12は、メッセージ22を符号化メッセージ24に符号化する。

例えば、情報22は、従来の圧縮アルゴリズムに従って圧縮することができ、誤り訂正符号で符号化することができる。

50

誤り訂正符号化により、文書ハンドリングチャンネル14によって導入される劣化による誤りに対してローバスト性が提供される。

また、誤り訂正符号は、バースト誤りから保護するためにインターリーブすることもできる。

いくつかの実施の形態では、確証的書名入りメッセージ (corroborative signed message) を情報22から生成するように、符号化モジュール12をプログラムすることができる。

この確証的書名入りメッセージは、Jonathan Yen他によって2000年12月1日に出版された「Authenticable Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/728,292号に記載された符号化プロセスによるものである。

コードワード符号化ステージ18の期間中、圧縮および誤り訂正符号化メッセージが、図形コードワード(またはテンプレート)の順序列に変換される。

図形変調ステージ20の期間中、原画像26が、この図形コードワードの順序列に従って変調され、図形バーコード10が生成される。

原画像26は、ロゴ(例えば企業ロゴ)、図形、映像、テキスト、画像、または視覚的な意味を有するあらゆるパターンを含めて、いずれの図形パターンであってもよい。

メッセージ22は、ベース画像26のテキスト、映像、画像、縁飾りの図形デザインまたは背景に埋め込まれて、図形バーコード10を生成することができる。

メッセージ22は、2値画像(例えば、黒および白のドットパターン)、多値レベル画像(例えば、グレーレベル画像)、または多値レベルカラー画像の形式で図形バーコード10に埋め込むことができる。

【0027】

文書ハンドリングチャンネル14では、図形バーコード10を印刷ステージ28によって1つまたは複数のハードコピー30に変換することができる。

ハードコピー30は、スキャンステージ34によって電子スキャン画像36に変換される前に、ハンドリングステージ32を通じて処理することができる。

図形バーコード10は、従来のプリンタ(例えば、米国カリフォルニア州パロアルトのHewlett-Packard Companyから入手可能なLaserJet(登録商標)プリンタ)によって印刷することもできるし、専用のラベル印刷デバイスによって印刷することもできる。

ハードコピー30は、多種多様な印刷材のいずれか1つの形式とすることができる。

これらの多種多様な印刷材には、引き出し認証署名の図形バーコードを保持する銀行為替手形(または小切手)、認証証明書の図形バーコードを保持する株券または債権、および郵便料金印の図形バーコードを保持する封筒が含まれる。

ハードコピー30は、従来のデスクトップ光学式スキャナ(例えば、米国カリフォルニア州パロアルトのHewlett-Packard Companyから入手可能なScanJet(登録商標)スキャナ)、ポータブルスキャナ(例えば、米国カリフォルニア州パロアルトのHewlett-Packard Companyから入手可能なCapShare(登録商標)ポータブルスキャナ)、またはデジタルカメラによってスキャンすることができる。

スキャナによって取得され、復号モジュール16に取り入れられた、スキャンされた図形バーコード画像36は、原図形バーコード10の劣化したものである。

これらの劣化は、印刷ステージ28、ハンドリングステージ32(例えば、劣化、染み、しわ、ホッチキスの針、およびマーキングのコピー)、ならびにスキャンステージ34を含めて、文書ハンドリングチャンネルステージの1つまたは複数のものにおいて生成されることがある。

【0028】

一般に、復号モジュール16は、前処理ステージ40、アラインメントステージ42、幾何学補正ステージ44、光学式確率的解析ステージ46、図形復調ステージ48、およびコードワード復号ステージ50を含む。

復号モジュール16は、コンピュータまたは他のプログラマブルプロセッサ上で実行可

10

20

30

40

50

能な1つまたは複数のプログラムモジュールとして実施することができる。

前処理ステージ40の期間中、スキャンされた図形バーコード画像52をスキャン画像36において見つけることができ、スキャン画像(または入力画像)36からバーコードでない領域をクロッピングしてトリミングすることができる。

これについては、Jonathan Yen他によって2001年6月7日に出願された「Automatically Extracting Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,581号を参照されたい。

アラインメントステージ42の期間中、基準マーク(fiducial mark)が、スキャンされたバーコード画像52において検出される。

検出された基準マークの構成は、文書ハンドリングチャンネル14を通じて図形バーコード10を伝送している間に、図形バーコードに導入された可能性のある大域変形(global deformation)の種類を示す。

これらの大域変形(例えば、並進歪み、回転歪み、アフィン歪み、およびスキュー歪み)は、Doron Shaked他によって2000年5月25日に出願された「Geometric Deformation Correction Method and System for Dot Pattern Images」という発明の名称の米国特許出願第09/578,843号に記載されているように、幾何学補正ステージ44の期間中に補正することができる。

確率的解析ステージ46の期間中、一実施の形態では、アラインメントおよび幾何学補正を受けた、スキャンされたバーコード画像54から得られたピクセル値の測定値に対して、確率モデルが適用され、1組の確率パラメータ56が生成される。

これらの確率パラメータ56は、図形復調ステージ48の期間中に使用され、それによって、原画像26に最初に符号化された図形コードワード列に対応する最も可能性の高い図形コードワード列を選択することができる。

これについては、Doron Shaked他によって2001年6月7日に出願された「Generating and Decoding Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,516号を参照されたい。

選択された図形コードワード列は、符号化メッセージ58に変換される。

この符号化メッセージ58は、コードワード復号ステージ50によって復号メッセージ60に復号される。

後に詳述するように、いくつかの実施の形態では、復号モジュール16は、未変調の原画像26を予知することなく、導出されたベース画像62に基づいて、スキャンされた図形バーコード36を自動的に復号するように構成することができる。

【0029】

本明細書で説明するシステムおよび方法は、どの特定のハードウェア構成にも、どの特定のソフトウェア構成にも限定されるものではなく、逆に、デジタル電子回路部またはコンピュータのハードウェア、ファームウェア、もしくはソフトウェアを含めて、どのコンピューティング環境または処理環境でも実施することができる。

符号化モジュールおよび復号モジュールは、その一部を、マシン可読記憶デバイスに有体物として具体化されてコンピュータプロセッサによって実行されるコンピュータプログラム製品で実施することができる。

いくつかの実施の形態では、これらのモジュールは、高級手続型プログラミング言語または高級オブジェクト指向型プログラミング言語で実施されることが好ましい。

一方、アルゴリズムは、必要に応じて、アセンブリ言語またはマシン言語で実施することもできる。

いずれの場合も、プログラミング言語は、コンパイラ型言語であってもよいし、インタープリタ型言語であってもよい。

本明細書で説明する符号化方法および復号方法は、コンピュータプロセッサが実行する命令によって行われる。

これらの命令は、例えば、プログラムモジュールに編成され、入力データに対する操作および出力の生成を行うことによりこれらの方法を行う。

10

20

30

40

50

適したプロセッサには、例えば汎用マイクロプロセッサおよび専用マイクロプロセッサの双方が含まれる。

一般に、プロセッサは、読み出し専用メモリおよび/またはランダムアクセスメモリから命令およびデータを受け取る。

コンピュータプログラム命令を有体物として具体化するのに適した記憶デバイスには、すべての種類の不揮発性メモリが含まれる。

この不揮発性メモリには、例えば、EPROM、EEPROM、フラッシュメモリデバイスなどの半導体メモリデバイス、内部ハードディスクや着脱可能ディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、およびCD-ROMが含まれる。

上記技術のいずれも、特別に設計されたASIC(特定用途向け集積回路)によって補完することもできるし、このASICに組み込むこともできる。

【0030】

<図形符号化>

図2Aおよび図2Bを参照して、一実施の形態では、以下の図形符号化プロセスに従って原画像26を図形変調することによって、図形バーコード10を生成することができる。

符号化されるメッセージ22は、メッセージ前処理モジュール64によって前処理される。

このメッセージ前処理モジュールは、メッセージ22を圧縮して、誤り訂正符号で符号化するように構成することができる。

いくつかの実施の形態では、確証的書名入りメッセージをメッセージ22から生成するように、メッセージ前処理モジュール64をプログラムすることができる。

コードワード列ジェネレータ66は、所定の組の図形コードワード70に基づいて、前処理されたメッセージ68の図形符号化したものを表す図形コードワード列24を生成する。

図形コードワード列24は、図形変調モジュール20に渡され、図形変調モジュール20において、目立たない図形変調の形式で原画像26に埋め込まれる。

【0031】

図形変調モジュール18は、画像ブロック列ジェネレータ72、ハーフトーン化モジュール74、および合成画像ジェネレータ76を含む。

画像ブロック列ジェネレータ72は、原画像26を複数の部分行列(または部分画像)に区画するように動作できる。

例えば、原画像26が、 $M \times N$ ピクセルの画像である場合に、この画像は、 O 個の $K \times K$ ピクセルの部分行列の規則的な配列に区画することができる。

ここで、 $O = M \times N / (K \times K)$ である。

任意選択で、1つまたは複数の原画像の部分行列を基準マーク用に予約しておくことができる。

予約されていない部分行列78は、ハーフトーン化モジュール74に渡され、2値バーコード行列80に変換される。

これらの部分行列は、合成画像ジェネレータ76によって収集され、図形バーコード10に組み立てられる。

【0032】

ハーフトーン化モジュール74は、ハーフトーン化操作82、図形操作84、およびブロック誤り拡散操作86を行うように構成される。

ハーフトーン化操作82は、予約されていない部分行列78から、ベース画像88の対応する2値ブロックを生成することを含む。

一般に、従来のあらゆるハーフトーン化操作を使用して、予約されていない部分行列78からベース画像88を生成することができる。

この従来のあらゆるハーフトーン化操作には、従来のあらゆる誤差拡散、クラスタディザリング、または閾値処理ハーフトーン化プロセス、および複数の閾値処理プロセスを組

10

20

30

40

50

み合わせた従来のあらゆるハイブリッドハーフトーン化プロセス（例えば、Zhigang Fan 著「Dot-to-dot error diffusion」、Journal of Electronic Imaging, Vol. 2(1) (Jan. 1993)を参照されたい）が含まれる。

一実施の形態では、ハーフトーン化操作は、予約されていない部分行列 7 8 を中間グレーレベルで閾値処理することを含む。

図形操作 8 4 は、メッセージ 2 2 の図形符号化したものをベース画像 8 8 に埋め込む（または符号化する）ことを含む。

図形符号化の一実施の形態では、 2×2 ハーフトーンパターン（または行列）に基づく 2 ビット符号化プロセスにより、メッセージ 2 2 を 2 値レベルのベース画像 8 8 に符号化することができる。

10

これについては、Doron Shaked他によって 2 0 0 0 年 5 月 2 5 日に出願された「A Method and Apparatus for Generating and Decoding a Visually Significant Bar Code」という発明の名称の米国特許出願第 0 9 / 5 7 9 , 0 1 0 号を参照されたい。

図形符号化の別の実施の形態では、可逆的な図形操作（例えば、X O R 図形操作）が、図形コードワード列 2 4 とベース画像 8 8 のブロックとの間に適用される。

これについては、Doron Shaked他によって 2 0 0 1 年 6 月 7 日に出願された「Generating and Decoding Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第 0 9 / 8 7 7 , 5 1 6 号を参照されたい。

また、基準マークパターンも、1 つまたは複数の基準位置と、結果の図形バーコード全体にわたる局所変形（local deformation）とを追跡するように生成することができる。

20

これについては、Doron Shaked他によって 2 0 0 1 年 6 月 7 日に出願された「Fiducial Mark Patterns for Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第 0 9 / 8 7 7 , 5 1 7 号を参照されたい。

図形符号化操作 8 4 によって結果の図形バーコードブロック 9 0 に導入された誤りは、ハーフトーン化操作 8 2 にフィードバックされ、原画像 2 6 の未処理ブロック 7 8 の間に拡散される。

ハーフトーン化プロセス内で図形符号化を行うことにより、図形バーコード 1 0 の情報埋め込み容量を犠牲にすることなく、結果の図形バーコード 1 0 の外観を改善することができる。

【 0 0 3 3 】

30

図 3 を参照して、一実施の形態では、ハーフトーン化モジュール 7 4 を次のように実施することができる。

原画像 2 6 の未処理ブロック 7 8 ($x(m)$) は、総和ステージ 1 0 0 を通じて処理される。

この総和ステージ 1 0 0 は、拡散された誤差 $t(m)$ を原画像ブロック $x(m)$ に組み込んで、変更された画像ブロック $u(m)$ を生成する。

この変更された画像ブロック $u(m)$ は、閾値処理ステージ 1 0 2 でハーフトーン化され、ベース画像 8 8 のブロック $b(m)$ が生成される。

特に、ハーフトーン化ステージ 1 0 2 では、それぞれの変更された画像ブロック $u(m)$ に、それぞれの代表的な量子化ブロックが割り当てられる。

40

この代表的な量子化ブロックは、代表的な複数の可能なハーフトーンブロック（または領域）からなるサブセットから選択される。

例えば、一実施の形態では、それぞれの変更された画像ブロック $u(m)$ を、すべてが白のピクセルブロック 1 1 0（すなわち、すべてのピクセルが 2 5 5 に等しいブロック）またはすべてが黒のピクセルブロック 1 1 2（すなわち、すべてのピクセルが 0 に等しいブロック）のいずれかによって表すことができる。

【 0 0 3 4 】

図形変調ステージ 1 0 4 では、可逆的な図形操作（例えば、X O R 図形操作）が、図形コードワードと、ベース画像 8 8 のブロック $b(m)$ との間に適用され、図形バーコード 1 0 の対応するブロック 9 0 が生成される。

50

一般に、可逆的図形操作は、ベース画像の部分行列 (B I_i) および図形テンプレート (T_j) から図形バーコード領域 (G B C_i) へのマッピング (f) であって、これを逆 (f') にすることにより、ベース画像の部分行列 (B I_i) および図形バーコード領域 (G B C_i) から図形テンプレート (T_j) を復元できるマッピング (f) を生成すべきである。

すなわち、

$$f (B I_i , T_j) \rightarrow G B C_i \quad (1)$$

$$f' (B I_i , G B C_i) \rightarrow T_j \quad (2)$$

一実施の形態では、可逆的図形操作は、XOR 図形操作に対応する。

このXOR 図形操作は、1 対の入力ピクセル値に対して操作を行い、以下のXOR 関数 10 に従って出力ピクセル値を生成する。

【 0 0 3 5 】

【 表 1 】

第1入力ピクセル値	第2入力ピクセル値	出力ピクセル値
黒	黒	白
黒	白	黒
白	黒	黒
白	白	白

表1 XOR図形操作

20

【 0 0 3 6 】

誤差計算ステージ 1 0 6 では、変更された画像ブロック u (m) と、図形バーコード 1 0 の対応するブロック 9 0 との差に基づいて、量子化誤差 e (m) が計算される。

この量子化誤差 e (m) は、直線誤差フィルタ (linear error filter) 1 0 8 によってフィルタリングされ、拡散された誤差 t (m) が生成される。

この直線誤差フィルタ 1 0 8 は、行列値係数を有し、以下の式に従って量子化誤差列 e (m) に対する操作を行い、フィードバック信号列 t (m) を生成する。

【 0 0 3 7 】

【 数 1 】

$$t(m) = \sum_{k \in S} h(k) e(m-k) \quad (3)$$

【 0 0 3 8 】

上記式において、

【 0 0 3 9 】

【 数 2 】

$$h(\cdot)$$

【 0 0 4 0 】

は、N² × N² 行列値列であり、S はフィルタサポートである。

直線誤差フィルタ 1 0 8 は、拡散された誤差が、所与のブロックにおける特定のメッセ 50

ージコードワードのビットパターンに対して不変であるように設計されることが好ましい。

図示した実施の形態では、直線誤差フィルタ 108 は、平均誤差を拡散するように構成される。

ブロック誤差拡散プロセスに関するさらに詳細な内容は、Niranjan Damera-Venkara 他によって 2001 年 8 月 23 日に出願された「System and Method for Embedding Information within a Printed Image Using Block Error Diffusion Halftoning」という発明の名称の米国特許出願第 09 / 935,457 号、ならびに、N. Damera-Venkata および B. L. Evans 著「FM Halftoning Via Block Error Diffusion」、Proc. IEEE International Conference on Image Processing, Oct. 7-10, 2001, vol. II, pp. 1081-1084, Thessaloniki, Greece から得ることができる。

10

これらは両方とも、参照により本明細書に援用される。

【0041】

図 4 に示すように、図形符号化の一実施の形態では、1組の図形テンプレート 120（またはハーフトーンパターン）に基づいて、メッセージ 22 を図形バーコード画像に埋め込むことができる。

この実施の形態では、図形テンプレート 120 は、 2×2 パターンの黒のドットの可能な配置のサブセットに対応する 2×2 ピクセルパターンである。

他の実施の形態では、可能な図形テンプレートパターンのすべてを使用して、メッセージ 22 を符号化することができる。

20

コードワード 120 の上の 2 つの行は、 2×2 パターンの単一の黒のドットまたは単一の白のドットの可能な配置のすべてに対応する。

いくつかの実施の形態では、情報を符号化したコードワードと容易に区別できる架空の（または非情報を符号化した）コードワードを原画像 26 の一定の領域に使用して、結果の図形バーコードの画質を損なうことを回避することができる。

例えば、図 4 のコードワードの最後の行は、原画像 26 のファインエッジ領域に対応する図形バーコード 10 の領域を視覚的に強調するために符号化中に使用できるコードワードに対応する。

さらに、原画像のいくつかの領域は、すべてが黒のピクセルコードワードなど、符号化中に図形バーコードへの変調を符号化しないコードワードで符号化することができる。

30

これらの例では、情報を符号化したコードワードは、25%（上段の行）または 75%（中段の行）の平均グレー値を有するのに対して、エッジを符号化したコードワード（下段の行）は、50%の平均グレー値を有し、非変調コードワードは、100%の平均グレー値を有する。

これにより、平均グレー値に基づいて、これらの例における架空のコードワードを、情報を符号化したコードワードと区別することが可能になる。

【0042】

架空のコードワードを使用することにより、図形バーコード 10 の情報埋め込み容量を画質と交換することが可能になる。

例えば、いくつかの実施の形態では、変更された画像ブロックの平均グレー値が、事前に選択されたグレー値の範囲外になるときはつねに、架空のコードワードを使用することができる。

40

図 4 のコードワードがグレースケールの原画像に対して使用される一実施の形態では、非変調コードワード（すなわち、すべてが黒のコードワードブロック）は、以下の式が成立するときにはつねに使用される。

【0043】

【数 3】

$$\frac{1}{N^2} \left(\sum_{i=1}^{N^2} x_i(m) \right) \in \left[\frac{1}{4}, \frac{3}{4} \right] \quad \forall m \quad (4)$$

【0044】

上記式において、 x_i は、 $N \times N$ ピクセルブロックのピクセルのグレー値である。

【0045】

一般に、図4の図形符号化プロセスは、 n ビット符号化マッピングに拡張することができる。

ここで、 n は1以上の整数値を有する。

例えば、一実施の形態では、情報は、 3×3 ハーフトーンパターンに基づいて、5ビット符号化プロセスにより符号化される。

さらに、テンプレートピクセルは、規則的な方形の配列に配置されとは限らない。

これについては、Doron Shaked他によって2001年6月7日に出願された「Generating and Decoding Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,516号を参照されたい。

【0046】

<図形復号>

図5Aおよび図5Bを参照して、一実施の形態では、図形バーコード10をスキャンしたものの36を次のように復号することができる。

まず、ベース画像62が、ベース画像生成ステージ130で生成される。

このベース画像62は、原画像26が利用可能である場合には、原画像26から得ることもできるし（「ガイド復号（guided decoding）」という名称の小節を参照されたい）、スキャンされた図形バーコード36から得ることもできる（「ブラインド復号（blind decoding）」という名称の小節を参照されたい）。

次に、架空のコードワードブロックのリスト132が生成される。

後に詳述するように、架空のコードワードブロックは、原画像26（利用可能である場合）から特定することもできるし、スキャンされたバーコード画像ブロックの平均グレースケール値に基づいて特定することもできる。

導出されたベース画像62と、架空のコードワードブロックのリスト132とは、図形復調ステージ48に渡される。

図形復調ステージ48では、導出されたベース画像62の領域が、1組の可能な図形コードワードの各図形コードワードと確率的に比較され、原画像に符号化されたメッセージを図形符号化したものに対応する図形コードワード列が得られる。

このプロセス中、架空のコードワードに対応する領域は、無視されて、処理されない。

コードワードブロックを復号する確率的方法論に関するさらに詳細な内容は、Doron Shaked他によって2001年6月7日に出願された「Generating and Decoding Graphical Bar Codes」という発明の名称の米国特許出願第09/877,516号から得ることができる。

結果として得られた図形コードワード列58は、コードワード復号モジュール50によって復号され、復号メッセージ60（図1参照）を生成することができる。

【0047】

<ガイド復号>

図6Aおよび図6Bを参照して、一実施の形態では、原画像26が判明しており、利用可能である場合に、次のように、原画像を使用してベース画像62を導出することができる。

架空のコードワードが、原画像26から直接特定される（ステップ140）。

10

20

30

40

50

例えば、架空のコードワードが、式(4)に従って使用される場合に、スキャンされた図形バーコード36の架空のコードワードブロックは、許容されたコードワードのグレー値の範囲外の平均グレー値を有する、原画像26のブロックに対応することになる。

ベース画像62は、事前に選択された任意のメッセージ142と共に原画像を符号化モジュール12に通すことにより導出される(ステップ144)。

上述したように、拡散された誤差は、所与のブロックにおける特定のコードワードのビットパターンに対して不変である。

例えば、架空でないすべてのコードワードが、白ピクセルを1つだけ有する場合に、その平均誤差を拡散することにより、フィードバックは、メッセージコードワードに対して不変となる。

10

これにより、いずれの任意のメッセージ142を使用しても、ベース画像62を導出することが可能になる。

図形コードワード列58は、上述した確率的図形復号プロセスを使用して、導出されたベース画像62から生成することができる(ステップ146)。

【0048】

<ブラインド復号>

図7Aおよび図7Bを参照して、一実施の形態では、原画像26が、判明しておらず、利用可能でない場合に、次のように、スキャンされた図形バーコード36からベース画像62を導出することができる。

スキャンされた図形バーコード36の架空のコードワードが、図形バーコードブロックの平均グレー値に基づいて特定される(ステップ150)。

20

例えば、変更された画像ブロックの平均グレー値が、所定のグレー値の範囲外にあるときはつねに、架空のコードワードを使用すると仮定すると、架空のコードワードブロックは、平均グレー値がその範囲外となるブロック位置において特定することができる。

ベース画像62は、スキャンされた図形バーコード画像36内の代表的な量子化ブロック152を推定することにより生成される(ステップ154)。

許容される代表的な量子化ブロックのクラス数は、設計よって制限されるので(例えば、すべてが白のブロックまたはすべてが黒のピクセルブロックのいずれか)、確率的解析を使用して、代表的な量子化ブロックを容易に推定することができる。

例えば、デジタルグリッドを、印刷スキミンググリッドと合わせることもできる。

30

その結果、1群のスキャンされたピクセルは、符号化ハーフトーンピクセルブロックに対応し、この符号化ハーフトーンピクセルブロックから、ベース画像62の対応するピクセルブロックが推定される。

この点について、線形判別器(例えば、光学式フィッシャー判別器)が、1群となったデータに適用されて、次元が削減される。

確率モデル(例えば、ガウス混合モデル)が、従来の期待値最大化アルゴリズムを使用して、データに適合される。

最適決定境界は、例えば、最尤基準またはベイズ基準を使用して選ばれる。

これらの境界が、ベース画像62の可能なブロックをクラスに分類する。

コードワードが架空のコードワードクラスに入る場合には、そのピクセルブロックは、無視されるようにマークされる。

40

図形コードワード列58は、上述した確率的図形復号プロセスを使用して、導出されたベース画像62から生成することができる(ステップ156)。

【0049】

<他の実施の形態>

他の実施の形態も、特許請求の範囲内に含まれる。

【0050】

例えば、ブロック誤差拡散アルゴリズムのベクトル拡張を使用することによって、上記に具体化した方策をカラー画像バーコードの符号化に拡張することができる。

したがって、例えば、各ステップにおいて、XOR変調の前に、3つの画像ブロック(

50

R G Bの場合)が、8つの可能な色のブロックに量子化されることになる。

次いで、カラー量子化誤差を、プリンタの特性を考慮して、合わせてまたは個別に拡散することができる。

色ごとに1つの3つのコードワードブロック(3色の場合)の組を選ぶので、より多くの情報をカラー画像に埋め込むことができる。

これは、2×2ブロックが使用された場合に、1つの2×2カラー画像ブロックにつき多くとも12ビットを埋め込むことができることを意味する(ただし、画質およびローバスタ性のために、これを例えば6ビットに制限することもできる)。

これは、グレースケール画像に埋め込むことができる情報の3倍である。

同じ埋め込みビット率に対して画質を向上するために、例えば、イエロー平面においてより多くのコードワードの変化を可能にすることができる。 10

画像をカラースキャンしたものについては、色平面を分離して、画像平面のそれぞれに対して上述した復号プロセスを使用することにより復号することができる(パラメータは、対応する色観察の統計に適合するように変更される)。

【0051】

さらに他の実施の形態も、特許請求の範囲内に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】1つまたは複数の図形バーコードを伝送できる符号化モジュール、復号モジュールおよび文書ハンドリングチャンネルのブロック図である。 20

【図2A】メッセージを図形符号化したものに対応する、変調を含んだ図形バーコードを原画像から生成するように構成された符号化モジュールのブロック図である。

【図2B】メッセージを図形符号化したものに対応する、変調を含んだ図形バーコードを原画像から生成するように構成された符号化モジュールのブロック図である。

【図3】図2Aおよび図2Bの符号化モジュールの図形変調モジュールのブロック図である。

【図4】情報を2ビット図形コードへマッピングする表である。

【図5A】埋め込み図形コードワード列を図形バーコードから抽出するように構成された復号モジュールのブロック図である。

【図5B】埋め込み図形コードワード列を図形バーコードから抽出するように構成された復号モジュールのブロック図である。 30

【図6A】原画像からベース画像を生成するように構成された符号化モジュールのブロック図である。

【図6B】原画像からベース画像を生成する方法のフロー図である。

【図7A】図形バーコード画像からベース画像を生成するように構成されたブロック推定/計測モジュールのブロック図である。

【図7B】図形バーコード画像からベース画像を生成する方法のフロー図である。

【符号の説明】

【0053】

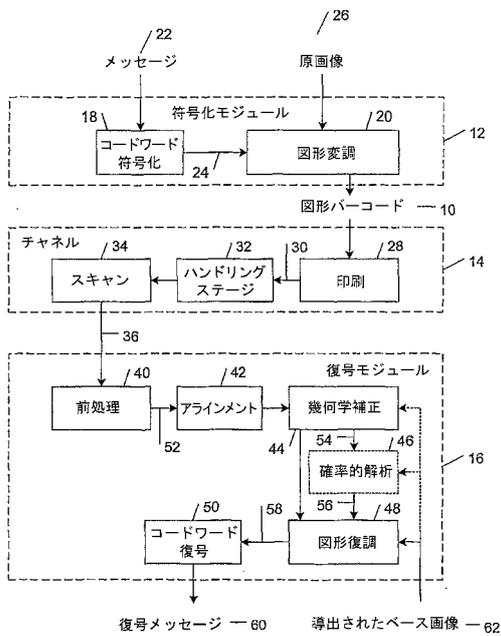
- 10・・・図形バーコード、 40
- 12・・・符号化モジュール、
- 14・・・チャンネル、
- 16・・・復号モジュール、
- 18・・・コードワード符号化モジュール、
- 20・・・図形変調、
- 22・・・メッセージ、
- 26・・・原画像、
- 28・・・印刷、
- 32・・・ハンドリングステージ、
- 34・・・スキャン、 50

- 36・・・図形バーコード画像、
- 40・・・前処理、
- 42・・・アラインメント、
- 44・・・幾何学補正、
- 46・・・確率的解析、
- 48・・・図形復調、
- 50・・・コードワード復号、
- 58・・・図形コードワード列、
- 60・・・復号メッセージ、
- 62・・・導出されたベース画像、
- 64・・・メッセージ前処理、
- 66・・・コードワード列ジェネレータ、
- 62・・・導出されたベース画像、
- 70・・・図形コードワード、
- 72・・・画像ブロック列ジェネレータ、
- 74・・・ハーフトーン化モジュール、
- 76・・・合成画像ジェネレータ、
- 82・・・ハーフトーン化操作、
- 84・・・図形操作、
- 86・・・誤差拡散、
- 130・・・ベース画像生成、
- 142・・・コードワード列、

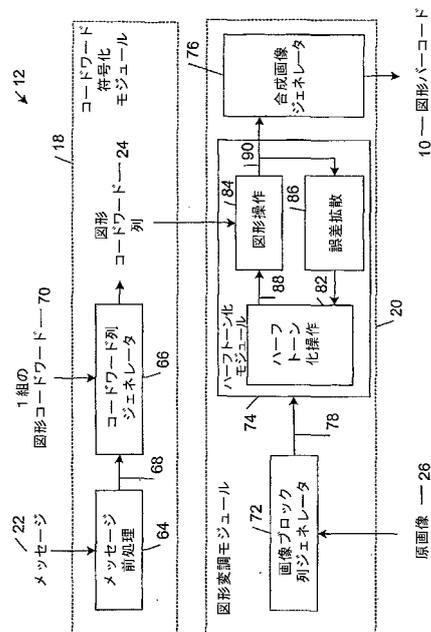
10

20

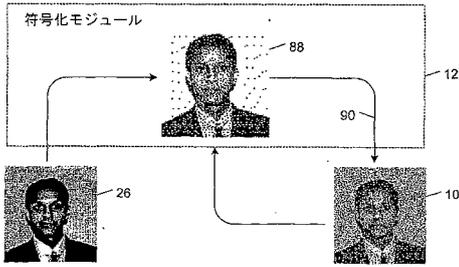
【図1】



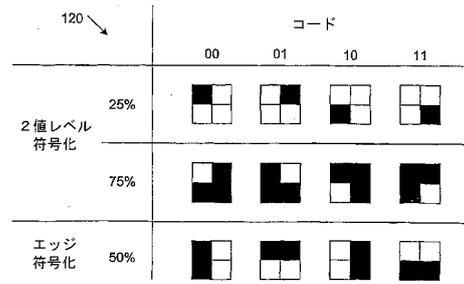
【図2A】



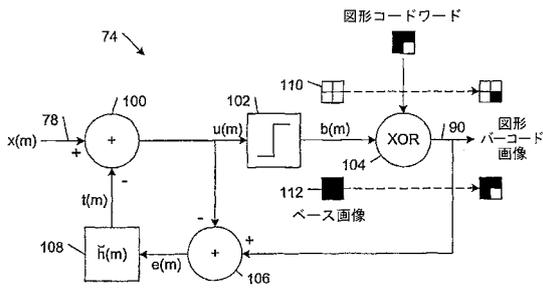
【 図 2 B 】



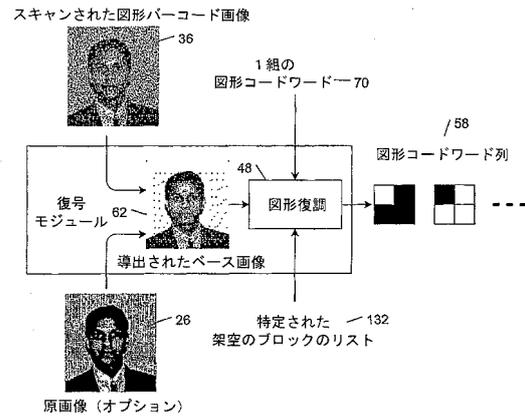
【 図 4 】



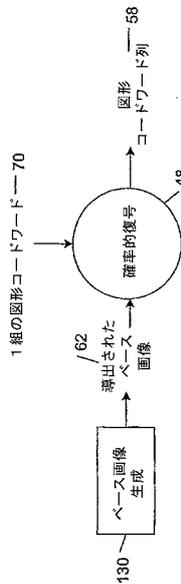
【 図 3 】



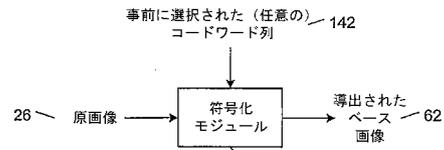
【 図 5 A 】



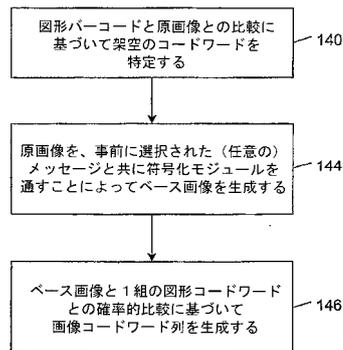
【 図 5 B 】



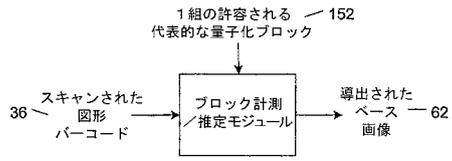
【 図 6 A 】



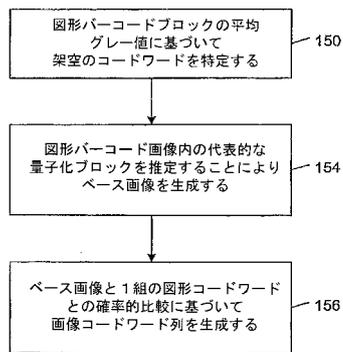
【 図 6 B 】



【 図 7 A 】



【 図 7 B 】



フロントページの続き

審査官 曾我 亮司

- (56)参考文献 特開平04 - 334266 (JP, A)
米国特許第06141441 (US, A)
特開2002 - 056352 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H04N 1/387

H04N 1/40