

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-310814

(P2008-310814A)

(43) 公開日 平成20年12月25日(2008.12.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G06T 7/00 (2006.01) G06T 7/00 530 5B043

審査請求 有 請求項の数 17 O L 外国語出願 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-150558 (P2008-150558)</p> <p>(22) 出願日 平成20年6月9日(2008.6.9)</p> <p>(31) 優先権主張番号 10-2007-0058760</p> <p>(32) 優先日 平成19年6月15日(2007.6.15)</p> <p>(33) 優先権主張国 韓国 (KR)</p>	<p>(71) 出願人 508172568 リサーチ アンド インダストリーユニ バーシティ コーポレーション ファウン デーション ハンクク ユニバーシティ オブ フォーリン スタディーズ 大韓民国, キョンギード 449-791 , チェオインング, モヒョン-ミョン, ワ ンサン-リ, 89</p> <p>(74) 代理人 100079108 弁理士 稲葉 良幸</p> <p>(74) 代理人 100093861 弁理士 大賀 眞司</p> <p>(74) 代理人 100109346 弁理士 大賀 敏史</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 指紋照合システムおよび指紋照合方法

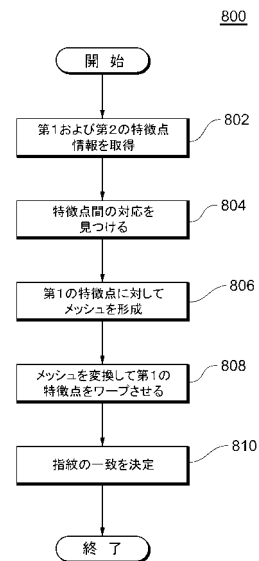
(57) 【要約】

【課題】 指紋照合において、特徴点間の外れ値や誤対応による影響を低減する。

【解決手段】

照合システムが、第1および第2の指紋の特徴点情報を取得するようにされた第1の特徴点取得ユニットおよび第2の特徴点取得ユニットを含んでいる。その第1の指紋の特徴点に対して、メッシュ形成ユニットにより、変形可能なメッシュが形成されると、メッシュ変換ユニットが用いられて、その変形可能なメッシュの状態を変換することにより、歪み補正後の第1の指紋を取得できるようになっている。その歪み補正後の第1の指紋に基づき、照合決定ユニットが、第1の指紋が第2の指紋と一致するかどうかを決定する。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の指紋に含まれる第 1 の特徴点情報を取得するようにされた第 1 の特徴点取得ユニットと、

第 2 の指紋に含まれる第 2 の特徴点情報を取得するようにされた第 2 の特徴点取得ユニットと、

前記第 1 の特徴点に基づいて、変形可能なメッシュを形成するように構成されたメッシュ形成ユニットと、

前記変形可能なメッシュの状態を変換して歪み補正後の第 1 の指紋を取得するように構成されたメッシュ変換ユニットと、

前記歪み補正後の第 1 の指紋に基づいて、前記第 1 の指紋が前記第 2 の指紋と一致するかどうかを決定するように構成された照合決定ユニットと、

を含む、指紋照合システム。

【請求項 2】

前記メッシュ変換ユニットがさらに、前記変形可能なメッシュの前記変換後の状態にしたがって前記第 1 の特徴点を歪ませるように構成されている、請求項 1 に記載の指紋照合システム。

【請求項 3】

前記第 1 の特徴点と前記第 2 の特徴点との間の対応を決定するように構成された対応決定ユニットをさらに含み、

前記メッシュ変換ユニットが、前記対応に基づいて、前記変形可能なメッシュの前記状態を変換するように構成されている、請求項 1 に記載の指紋照合システム。

【請求項 4】

前記メッシュ形成ユニットが、前記変形可能なメッシュが前記第 1 の特徴点をカバーするように、前記変形可能なメッシュ内の頂点の位置を決定するようにされた頂点位置決定ユニットを含む、請求項 1 に記載の指紋照合システム。

【請求項 5】

前記メッシュ形成ユニットがさらに、前記頂点を結ぶ辺の長さを取得するように構成された辺長さ取得ユニットを含み、

前記頂点位置決定ユニットが、前記取得された辺の長さに基づいて、前記頂点の前記位置を決定するようにされている、

請求項 4 に記載の指紋照合システム。

【請求項 6】

前記変形可能なメッシュの前記状態が、前記頂点の前記位置に基づいて画定される、請求項 4 に記載の指紋照合システム。

【請求項 7】

前記変形可能なメッシュが、六角形状に結ばれる頂点を有する三角形の 2 次元 (2 D) メッシュである、請求項 1 に記載の指紋照合システム。

【請求項 8】

前記第 1 の特徴点および前記第 2 の特徴点が、隆線端点および隆線分岐点の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の指紋照合システム。

【請求項 9】

入力された指紋の入力特徴点情報を取得するようにされた入力特徴点取得ユニットと、前記入力特徴点に対して、変形可能なメッシュを形成するように構成されたメッシュ形成ユニットと、

前記変形可能なメッシュの状態を変換して前記入力された指紋の表面歪みを補正するように構成されたメッシュ変換ユニットと、

を含む、入力された指紋の表面歪みを補正するシステム。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

指紋テンプレートのテンプレート特徴点情報を取得するように構成されたテンプレート特徴点取得ユニットと、

前記入力特徴点と前記テンプレート特徴点との間の対応を決定するように構成された対応決定ユニットと、をさらに含み、

前記メッシュ変換ユニットがさらに、前記対応に基づいて、前記変形可能なメッシュの前記状態を変換するように構成されている、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 1 1】

(a) 第 1 の指紋の特徴点および第 2 の指紋の特徴点を取得するステップと、

(b) 前記第 1 の指紋の前記特徴点と前記第 2 の指紋の前記特徴点との間の対応を見つけるステップと、

(c) 前記第 1 の指紋の前記特徴点に対して、変形可能なメッシュを形成するステップと、

(d) 前記変形可能なメッシュを変換して、前記対応に基づいて、歪み補正後の第 1 の指紋を取得するステップと、

(e) 前記歪み補正後の第 1 の指紋に基づいて、前記第 1 の指紋が前記第 2 の指紋と一致するかどうかを決定するステップと、

を含む、指紋照合方法。

【請求項 1 2】

前記ステップ (d) が、

(d 1) 前記変形可能なメッシュを変形して、前記変形可能なメッシュの変形にしたがって増加し、対応する特徴点が前記変換により近づくにつれて減少するものとして定義されるエネルギーを最小限に抑えるステップを含む、請求項 1 1 に記載の指紋照合方法。

【請求項 1 3】

前記ステップ (d 1) が、

(d 1 1) 前記エネルギーの一次微分値を解析的に計算するステップと、

(d 1 2) 前記エネルギーの二次微分値を解析的に計算するステップと、

(d 1 3) 前記一次微分値および前記二次微分値に基づいて、前記変形可能なメッシュを変換するステップと

を含む、請求項 1 2 に記載の指紋照合方法。

【請求項 1 4】

前記一次微分値が、前記変換の方向に関し、前記二次微分値が前記変換の量に関する、請求項 1 3 に記載の指紋照合方法。

【請求項 1 5】

前記エネルギーが、信頼半径を上回る距離を有する対応を無視し、

前記ステップ (d) がさらに、

(d 2) 前記信頼半径を減衰するステップと、

(d 3) 前記減衰後の信頼半径が、所定の終了条件を満たしているかどうかを決定するステップと、

(d 4) 前記減衰後の信頼半径が前記所定の終了条件を満たしていないと判断した場合、前記ステップ (d 1) から (d 3) を繰り返すステップと、

を含む、請求項 1 2 に記載の指紋照合方法。

【請求項 1 6】

前記減衰後の信頼半径が所定の閾値を下回っているとき、前記所定の終了条件が満たされる、請求項 1 5 に記載の指紋照合方法。

【請求項 1 7】

第 1 の指紋の特徴点および第 2 の指紋の特徴点を取得する手段と、

前記第 1 の指紋の前記特徴点と前記第 2 の指紋の前記特徴点との間の対応を見つける手段と、

前記第 1 の指紋の前記特徴点に対して、変形可能なメッシュを形成する手段と、

前記対応に基づいて、前記変形可能なメッシュを変換して歪み補正後の第 1 の指紋を取

10

20

30

40

50

得する手段と、

前記歪み補正後の第1の指紋に基づいて、前記第1の指紋が前記第2の指紋と一致するかどうかを決定する手段と、

を含む、指紋照合装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して、バイオメトリクス技術に関し、特に、指紋照合システムおよび指紋照合方法に関する。

【背景技術】

【0002】

指紋は、バイオメトリック認証および証明において最も広汎に用いられている身体的特徴の1つである。最近、指紋認証はバイオメトリクス技術としてますます普及してきている。というのも、その性能や信頼性といった面からみて望ましい性能をバランスよく備えているからである。そのため、近年では、自動指紋認証システム(AFIS)、すなわち1つまたは複数の未知の指紋を既知指紋のデータベースに自動的に照合するシステムの分野において、多大な研究開発が行われている。AFISのステージの1つが指紋照合ステージであり、このステージでは、入力された指紋データが、1つまたは複数の指紋テンプレートと照合される。

【0003】

指紋照合アルゴリズムの中でも、特徴点(マニューシャ:minutia)方式は、最も広汎に用いられ、信頼性の高い方法の1つである。特徴点とは、指紋隆線の端点や分岐点などの、指紋の詳細部分のことである。図1Aは、特徴点を含むスキャンした指紋画像を示しており、黒い線が指紋隆線を示している。この指紋には、隆線端点102および隆線分岐点104が含まれている。図1Bおよび図1Cはそれぞれ、隆線端点および隆線分岐点をさらに詳細に示している。

【0004】

図1Bおよび図1Cを参照すると、各特徴点を、その位置(黒丸106で示す)および方向(線分108で示す)で表すことができる。ANSI-NIST規格との互換性を得るため、特徴点方式では、その特徴点に関する位置および方向の情報のみを使用しなければならない。ただし、この方式は、他システムの既抽出特徴点のテンプレートを使用することができるため、計算資源に限界があるシステムには適している。位置および方向の情報のみを使用する場合、指紋照合を、対応するポイント対を見つけるといったポイントパターン照合課題であると見なすことができる。ところが、この方式には少なくとも2つの問題がある。まず、照合精度が、皮膚の状態に何らかの変化があった場合に生じる特徴点抽出段階での偽の特徴点や欠落した特徴点に影響されてしまう。もう1つの問題は、例えば皮膚の弾力性および/または指紋取得中に起こる指による(センサ表面上への)圧力やその移動などにより、指紋画像に非線形歪みができることである。

【0005】

上記問題点の解決へ向けて、これまでさまざまな方法が提案されてきており、最近では、クォンらが、特徴点のクラスタリングおよびワーピング(歪み変形:warping)を用いた指紋照合案を提案している(非特許文献1参照)。クォンらの方法では、指紋照合に局所近傍構造およびシンプレイトスプライン(TPS)モデルを用いている。

【非特許文献1】「特徴点のクラスタリングおよびワーピングを用いた指紋照合方法」パターン認識国際会議、第4巻、525~528ページ、2006年

【非特許文献2】「オンライン指紋検査」、IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence、19(4):302-314ページ、1997年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

しかし、TPSモデルが基本的に、無限応答の基本関数を有する表面補間式であるため、特徴点間に外れ値(outliers)や誤対応があると指紋表面を誤って歪めてしまい、これが大域に影響を及ぼす結果となる。これは、TPSモデルが指紋照合に用いられた場合の根本的かつ共通する問題である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本開示は、指紋照合システムおよび指紋照合方法について記載する。一実施形態において、システムは、第1の指紋の特徴点情報および第2の指紋の特徴点情報を取得するための第1の特徴点取得ユニットおよび第2の特徴点取得ユニットを備えている。第1の指紋の特徴点に対して、メッシュ形成ユニットにより変形可能なメッシュを形成することができ、メッシュ変換ユニットを用いて、その変形可能なメッシュの状態を変換して、歪み補正をした第1の指紋を得ることができる。この歪み補正後の第1の指紋に基づいて、照合決定ユニットが、第1の指紋が第2の指紋と一致するかどうかを決定する。

10

【 0 0 0 8 】

別の実施形態において、システムは、入力された指紋に関して入力された特徴点情報を得る入力特徴点取得ユニットと、その入力された特徴点に対する変形可能なメッシュを形成するメッシュ形成ユニットとを備えることができる。このシステムはさらに、変形可能なメッシュの状態を変換して、入力された指紋の表面歪みを補正するメッシュ変換ユニットを備えることができる。

20

【 0 0 0 9 】

さらに別の実施形態において、指紋照合方法は、第1の指紋の特徴点および第2の指紋の特徴点を得るステップを含むことができる。この方法はまた、第1の指紋の特徴点と第2の指紋の特徴点との対応を見出すステップと、第1の指紋の特徴点に対して、変形可能なメッシュを形成するステップとを含むことができる。この方法はまた、その対応に基づいて、その変形可能なメッシュを変換して、歪み補正後の第1の指紋を得るステップと、歪み補正後の第1の指紋に基づいて、第1の指紋が第2の指紋と一致するかどうかを決定するステップとを含むことができる。

【 0 0 1 0 】

添付の図面は、本発明による典型的な実施形態を示すものであり、したがって、本開示の範囲を何ら制限するものと解釈してはならない。以下、本開示を、添付の図面を用いてさらに具体的かつ詳細に説明する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

本発明の構成要素は、本明細書内に概略を記載し、図に例示しているが、種々に異なる構成に配置および設計可能であることが、容易に理解できるであろう。したがって、本発明によるシステムおよび方法の実施形態をさらに詳しく説明する以下の記載は、本請求内容を何ら制限するものではなく、本発明により現時点で考えられる実施形態について特定の例を単に挙げたに過ぎない。ここに記載する実施形態は、添付の図面を参照すると理解できるはずであり、この図面では、全図面を通して、同様の部分に同様の参照符号を付している。

40

【 0 0 1 2 】

図2を参照すると、指紋認識を目的とするシステム200の一実施形態が図示されている。システム200は、指紋入力ユニット202、指紋データベース204、および指紋照合システム206を含む。指紋入力ユニット202は、指紋を取得するために一般に利用可能な機構を含むことができる。例えば、指紋入力ユニット202は、指紋を走査するための光学指紋スキャナを含んでもよい。指紋データベース204は、事前に記録された指紋の情報を格納することができる。例えば、指紋データベース204に、指紋の特徴点に関する位置および方向などの特徴点情報を格納しておくことが可能である。指紋照合ユニット206は、メッシュベース・ワーピングユニット208を含むことができる。

50

【 0 0 1 3 】

指紋照合システム 2 0 6 は概して、指紋入力ユニット 2 0 2 から指紋を受信し（以下、本明細書ではこれを入力された指紋と称する）、指紋データベース 2 0 4 から事前に記録された指紋の情報を受信する（以下、本明細書ではこれを指紋テンプレートと称する）。特定の実施形態において、指紋照合システム 2 0 6 は、入力された指紋および指紋テンプレートを受信すると、入力された指紋が指紋テンプレートと一致するかどうかを決定する。この決定のため、指紋照合システム 2 0 6 は、メッシュベース・ワーピングユニット 2 0 8 を用いてもよい。さらに、例示していないが、他の実施形態において、指紋照合システム 2 0 6 を 1 つまたは複数の他のシステムと連結しても、1 つまたは複数の他のシステム内に内蔵してもよい。こうした他のシステムは、指紋照合システム 2 0 6 からの照合結果をさまざまな目的で使用することができる。例えば、指紋照合システム 2 0 6 をコンピュータ、ロック、その他の電子デバイスに連結して、入力された指紋が指紋テンプレートと一致すると決定された際に動作させることができる。

10

【 0 0 1 4 】

図 3 を参照すると、指紋照合システム 2 0 6 の一実施形態が図示されている。例示した実施形態において、指紋照合システム 2 0 6 は、第 1 の特徴点取得ユニット 3 0 2、第 2 の特徴点取得ユニット 3 0 4、対応決定ユニット 3 0 6、メッシュベース・ワーピングユニット 2 0 8、照合決定ユニット 3 1 0 を含む。第 1 の特徴点取得ユニット 3 0 2 は、一般に、入力された指紋である、第 1 の指紋の特徴点情報を取得する。例えば、第 1 の特徴点取得ユニット 3 0 2 は、指紋入力ユニット 2 0 2 から、入力された指紋について走査画像を受信すると、一般に既知である方法を用いてその画像から特徴点情報を抽出する。以下、本明細書では、この第 1 の特徴点取得ユニット 3 0 2 が取得した特徴点情報を第 1 の特徴点情報とする。

20

【 0 0 1 5 】

第 2 の特徴点取得ユニット 3 0 4 は、一般に指紋テンプレートである第 2 の指紋の特徴点情報を取得する。例えば指紋データベース 2 0 4 が第 2 の特徴点取得ユニット 3 0 4 に特徴点情報を提供すると、第 2 の特徴点取得ユニット 3 0 4 は、受信したその特徴点情報を何ら変更を加えずに対応決定ユニット 3 0 6 に提供することができる。以下、本明細書では、この第 2 の特徴点取得ユニット 3 0 4 が取得した情報を、第 2 の特徴点情報とする。

30

【 0 0 1 6 】

対応決定ユニット 3 0 6 は概して、第 1 の特徴点情報および第 2 の特徴点情報を受信し、その第 1 の特徴点と第 2 の特徴点との間の対応を決定する。対応決定ユニット 3 0 6 では、既存の方法を含むいずれの方法を用いて（例えば、ジェインらにより開示された調整可能なバウンディングボックスを用いた方法（非特許文献 2 参照。）、およびクォンらにより開示された局所近傍構造を用いた方法（非特許文献 1 参照。））、この特徴点对応を取得してもよい。一実施形態において、対応決定ユニット 3 0 6 は、上述したクォンらの方法による局所近傍構造を用いている。この場合、局所構造は、特徴点の近傍情報を使って形成される。形成後、第 1 の特徴点の局所構造情報と第 2 の特徴点の局所構造情報とを比較して、特徴点の対応を取得する。次いで、任意に、剛体変換（rigid transformation）による形状確認操作（geometric verification operation）で外れ値を除去し、入力された指紋を整合位置から繰り返し変換して、照合特徴点クラスタを得る。ただし、本発明の特定実施形態によっては許容範囲内となる外れ値もあるため、こうした実施形態では、形状確認をしないままの対応が特徴点の対応結果として提供される場合もあることに留意されたい。

40

【 0 0 1 7 】

特徴点の対応結果は大抵、複数対の特徴点のセットを含んでおり、その各対に、第 1 の特徴点と第 2 の特徴点との間での対応が含まれている。実施形態によっては、特徴点の対応を、 $c = (c_0, c_1)$ で表すことができ、このとき、 c_0 および c_1 はそれぞれ、第 1 および第 2 の指紋における対応特徴点の位置である。対応決定ユニット 2 0 8 の出力内

50

容にはさらに、追加情報を含めることが可能である。例えば、一実施形態において、一致決定ユニット208はさらに、各対応の重みを決定することができる。この重みは、0から1まで可変であり、重みが大きいほど、対応の信頼性が高いことを意味する。

【0018】

メッシュベース・ワーピングユニット208は概して、第1および第2の特徴点を含む特徴点の対応を受信し、その受信情報に基づいて指紋表面ワーピング操作を行う。表面のワーピングを行うことにより、メッシュベース・ワーピングユニット208は、歪んでいた可能性のある第1の指紋から歪み補正後の第1の指紋を回復することができる。メッシュベース・ワーピングユニット208の実施形態については、以下でさらに詳しく説明する。

10

【0019】

照合決定ユニット310が、その歪み補正後の第1の指紋に基づき、第1の指紋が第2の指紋と一致するかどうかを決定する。この決定に際し、照合決定ユニット310は、適した照合方法のいずれも用いることができ、その例として、グローバル照合および評価方式などの周知の方法が挙げられる。一実施形態において、照合決定ユニット310を、クォンらの方法で用いられているグローバル照合および評価方式を用いるように構成することができる。

【0020】

ここで図4を参照すると、メッシュベース・ワーピングユニット208の一実施形態が図示されている。図4を参照すると、メッシュベース・ワーピングユニット208は、メッシュ形成ユニット402およびメッシュ変換ユニット404を含む。メッシュ形成ユニット402は、例えば第1の特徴点に対して、変形可能なメッシュを形成するものである。図6Aに、第1の特徴点に対して形成された変形可能なメッシュの例が示されている。この例では、変形可能なメッシュは、六角形状に結ばれる頂点を有する三角形状の2次元(2D)メッシュモデル(triangulated 2-dimensional (2-D) mesh model having hexagonally connected vertices)である。図6Aを参照すると、第1の特徴点情報内の特徴点の位置が黒い四角602で示され、その四角602から延びる線分604で、その特徴点の方向を示されている。さらに、丸い頂点606とその頂点を結ぶ辺608で、第1の特徴点に対して形成された変形可能なメッシュが示されている。第1の特徴点に対して変形可能なメッシュを形成した後、メッシュ変換ユニット404が、第1の特徴点に対する変形可能なメッシュを変形し、これにより、変形可能なメッシュで表される第1の指紋表面を第2の指紋表面に近づける。この第2の指紋表面は、第2の特徴点抽出された指紋表面に相当する。言い換えれば、変形可能なメッシュを変形することで第1の指紋の表面歪みを補正して、より精度が高い第1の指紋を回復する。

20

30

【0021】

図5を参照すると、メッシュ形成ユニット402の一実施形態が図示されている。本実施形態では、メッシュ形成ユニット402は、バウンディングボックス設定ユニット502、頂点位置決定ユニット504、および辺長さ取得ユニット506を含む。メッシュ形成ユニット402が第1の特徴点に対して変形可能なメッシュを形成すると、これに回答して、バウンディングボックス設定ユニット502が、第1の特徴点情報内の特徴点がボックス内部に入るようにその大きさおよび位置を決定して、仮想のバウンディング2次元ボックス(図示せず)を設定する。すると、頂点位置決定ユニット504が、形成されたメッシュがバウンディングボックスをカバーするように、メッシュ頂点606それぞれの位置(すなわちx y座標)を決定する。一実施形態において、メッシュ頂点606の位置を、メッシュ頂点606間の辺608の長さに基づいて決定する。この場合、辺長さ取得ユニット506を用いて辺の長さを求めることができる。この辺の長さを、指紋照合システムにおいてハードコード化してもよいし、書き換え型記憶装置に記録してもよい。後者の場合、システム200にさらに、辺の長さを調節する制御ユニットを含めることができる。また、辺長さ取得ユニット506により、辺の長さを実行時間内で動的に決定してもよい。例えばメッシュの目が細くなるなど、辺の長さが短いほど、指紋照合の精度は高

40

50

くなることに留意されたい。ただし、辺の長さが短いほど、指紋照合処理の実行時間は長くなる。したがって、辺の長さを指紋照合の目的や要求内容によって決定してもよい。例えば、指紋照合をきわめて重要な情報にアクセスするために使用する場合には、それより重要性の低い情報にアクセスするために用いる場合よりも、辺の長さを短く選択することができる。本明細書では挙げていないが、本発明の観点から、当業者であれば、上記以外のさまざまな状況や変数に基づいて辺の長さを決定できることが、明らかであろう。

【0022】

ここで、メッシュ変換ユニット404の一実施形態について、さらに詳しく説明する。本実施形態では、メッシュ変換ユニット404は概して、第1および第2の特徴点情報を含む特徴点の対応と、第1の特徴点情報に対して形成された変形可能なメッシュとを受信する。その後、上述したように、メッシュ変換ユニット404は、第1の特徴点情報に対して形成された変形可能なメッシュを変形して、変形可能なメッシュで表された第1の指紋表面を、第2の特徴点抽出された指紋表面に相当する第2の指紋表面に近づける。図6Cは、変形後のメッシュの例を示している。この変換により、メッシュの頂点の位置が新たな位置に移動して、メッシュの新たな状態を構成していることがわかるであろう。また、メッシュ頂点がこのように新たな位置に移動したことにより、メッシュ頂点に囲まれていた特徴点も新たな位置にワーピングしている。この新たな位置を、以下、本明細書ではワーピング位置と呼ぶ。例えば、図6Aの特徴点pは、図6Aの頂点 v_i 、 v_j 、 v_k が図6Cで新たな位置 v_i' 、 v_j' 、 v_k' にそれぞれ移動したのに伴って、新たな位置 p' へとワーピングしている。

【0023】

図6A～図6Cを参照しながら、特徴点のワーピングについてさらに詳細に記載する。頂点 v_i を、特徴点pを含む三角形の頂点の1つとする。すると、図6Bに示すように、 v_i に対向する下位三角形の面積から重心座標 $B_i(p)$ を算出することができる。つまり、特徴点pと頂点 v_j および v_k とが下位三角形の頂点となり、ここから重心座標 $B_i(p)$ が導きだされる。3つの頂点 v_i 、 v_j 、 v_k に対する重心座標をそれぞれ算出すると、メッシュ頂点の状態Sにおける特徴点pの位置 $T_S(p)$ は、以下のように表される。

$$T_S(p) = B_i(p)v_i + B_j(p)v_j + B_k(p)v_k$$

すなわち、メッシュが変換され、メッシュ頂点新たな状態 S' に変換されると、変換後の特徴点pのワーピング位置を、重心座標と3つの頂点の新たな位置とを用いて算出することができる。例えば、図6Cのワーピング位置 p' は、 S' がメッシュ頂点の変換後状態を表すものとする、以下のように算出可能である。

$$p' = T_{S'}(p) = B_i(p)v_i' + B_j(p)v_j' + B_k(p)v_k'$$

【0024】

この実施形態で用いる変換のために、メッシュ変換ユニット404はエネルギー関数を用いてもよい。言い換えれば、メッシュ変換ユニット404は、エネルギー関数を用いて、メッシュの新たな状態を決定することができる。一実施形態において、このエネルギー関数を、メッシュの変形量が増えるほどエネルギーも増え、対応する特徴点に近いほどエネルギーが小さくなるように定義することができる。例えば、所与状態Sと対応C、エネルギーEを以下のように定義することができる。

$$E(S, C, r) = \alpha E_D(S) + E_C(S, C, r)$$

このとき、 E_D は変形エネルギー、 E_C は対応エネルギー、 α は、メッシュの規則性に対する制御パラメータ、 r は信頼半径(confidence radius)である。この場合、 E_D は、メッシュが変形するほど増加する正の数、 E_C は、対応する特徴点に近いほどに絶対値が増加する負の数である。こうすると、エネルギーを最小化することで、変換によるメッシュの変形が特徴点間の接近を圧迫しない限り、対応する特徴点が近くなるようにメッシュが変換される。したがって、エネルギーの最小化を、第1の指紋を第2の指紋に近づけるための変換と捉えることができる。

【0025】

別の実施形態において、変形エネルギー E_D を、メッシュ頂点の x 座標および y 座標の二次微分値をそれぞれ二乗して足した和の概算値として定義することができる。つまり、連続して一直線上にある3つの頂点の添数集合 (an index set of successive collinear three vertices) を L とすると、変形エネルギー E_D は、以下のように定義できる。

【数1】

$$E_D(S) = \frac{1}{2} \sum_{(i,j,k) \in L} (-x_i + 2x_j - x_k)^2 + (-y_i + 2y_j - y_k)^2$$

これは、以下のようにも定義できる。

【数2】

$$E_D(S) = \frac{1}{2} (\mathbf{X}^T \mathbf{K} \mathbf{X} + \mathbf{Y}^T \mathbf{K} \mathbf{Y}) \sim \int_D \left(\left\| \frac{\partial^2 T_S}{\partial x^2} \right\|^2 + \left\| \frac{\partial^2 T_S}{\partial y^2} \right\|^2 \right) dx$$

このとき、 X および Y はそれぞれ、メッシュ頂点の x 座標および y 座標の行順序によるマトリクスである。 E_D は、不規則な間隔で位置する頂点には不利となる。 K は、 $K'^T K'$ から形成可能である。ここで、 K' は、 L 内の3頂点ごとの一行とメッシュ頂点ごとの一列とを含むマトリクスである。詳細には、3頂点 (i, j, k) に相当する K' の r 番目の行は、以下のように定義できる。

$$K'_{ri} = -1, \quad K'_{rj} = 2, \quad K'_{rk} = -1, \quad K'_{rc} = 0 \quad (c = i, j, k)$$

状態 S は X および Y を含意することに留意されたい。

【0026】

さらに、対応エネルギー E_C は次のように定義できる。

【数3】

$$E_C(S, C, r) = - \sum_{c \in C} w_c \rho(d, r)$$

この式において、 $d = \|c_1 - T_S(c_0)\|$ であり、 c_1 は、第1の指紋の特徴点 c_0 に対応する第2の指紋の特徴点である。つまり、 d は、特徴点 c_0 のワーブ位置と特徴点 c_1 の位置との間の距離を示す。さらに、 w_c は、対応の重みである。対応の重みがまだ決定されていない場合、 w_c を1などの定数に設定することができる。 w_c はロバスト推定量である。一実施形態において、ロバスト推定量 ρ を以下のように定義できる。

【数4】

$$\rho(d, r) = \begin{cases} \frac{3(r^2 - d^2)}{4r^3} & d < r \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

このロバスト推定量は次のような性質を持っている。信頼半径 r が大きいと、大半の対応の重みがエネルギー内で総和され、信頼半径 r が小さいと、選択された対応のみの重みが用いられる。本発明の観点から、当業者であれば、ロバスト推定量の性質を利用すると、信頼半径 r が小さくなるにしたがって表面のワーピングから外れ値を除外しやすくなることが明白であろう。

【0027】

メッシュ変換ユニット404は、固定の信頼半径 r に対するエネルギー E を最小限に抑える。これを最適化と呼ぶこともできる。この最適化の一実施形態の擬似コード表示 (pseudo code representation) を図7Aに示す。図7Aに示した最適化は、一般のライン探索 (11~16行目) 用にニュートン・ラプソン法を、収束促進用にポラック・リビエール方式 (22行目) を用いている。ここで、図7Aは擬似コード表示の形態における最適化を示しているが、最適化はソフトウェアのみで実施可能なのではなく、ハードウェア、ファームウェアなどや、これらの組み合わせを含むものでも実施可能であることに留意されたい。

【0028】

図7Aに示す最適化において、エネルギー関数の一次偏微分値は、変換の方向に関するも

10

20

30

40

50

のであり、 d として表される。また、二次微分値は、変換量の決定に用いられ、 λ_D として表される。この一次および二次微分値は解析的に算出可能であるため、最適化を効率的に実施しやすくなる。 x 座標の一次微分値については、以下の式を使用することができる。

【数 5】

$$\frac{\partial E}{\partial \mathbf{X}} = \lambda_D \mathbf{K} \mathbf{X} + \frac{\partial E_C}{\partial \mathbf{X}}$$

このとき、対応エネルギー E_C の微分値は、以下の式を使用して算出できる。

【数 6】

$$\frac{\partial E_C}{\partial x_i} = \frac{3}{2r^3} \sum_{c \in C_i} w_c B_i(c_0) (B_i(c_0)x_i + B_j(c_0)x_j + B_k(c_0)x_k - x_{c_1})$$

10

このとき、 C_i は、対応の一組であり、 c_0 は、 v_i を頂点とする三角形に含まれる。さらに x 座標の二次微分値について、以下の式を使用できる。

【数 7】

$$\frac{\partial^2 E}{\partial \mathbf{X}^2} = \lambda_D \mathbf{K} + \frac{\partial^2 E_C}{\partial \mathbf{X}^2}$$

【数 8】

$$\frac{\partial^2 E_C}{\partial x_j \partial x_i} = \frac{3}{2r^3} \sum_{c \in C_i} w_c B_i(c_0) B_j(c_0)$$

20

この一次および二次微分値の式において、 c_0 を含む三角形の頂点インデックスのセットを $V(c_0)$ とした場合、総和は、 $d < r$ かつ $(i, j, k) = V(c_0)$ の条件でとられるものである。 y 座標の微分値も同様に算出できる。プレコンディショナマトリクス M は、以下の式を用いる。

【数 9】

$$M = \partial^2 E / \partial \mathbf{X}^2 = \partial^2 E / \partial \mathbf{Y}^2$$

一実施形態において、 M^{-1} (4、20行目) をLU分解を用いて効率よく算出できる。また、一実施形態において、変数 (8、16行目) を、例えば 10^{-6} に設定し、ループ終了変数 i_{\max} (8行目) および j_{\max} (16行目) を小さい数に固定することができる。

30

【0029】

さらに、実施形態によっては、メッシュ変換ユニット404で最適化を反復することができる。この反復の一実施形態を、図7Bに擬似コードとして表す。図7Bを参照すると、信頼半径 r は、所定の閾値 r_e を下回るまで、最適化が反復されるに従って減衰する。信頼半径 r が大きい場合、 E_D の影響は E_C より大きいため、メッシュの変形は硬直的である。しかし、信頼半径 r が減少するにつれ、 E_C が次第に E_D より影響を及ぼすようになるため、メッシュは正確に一致するまで変形する。これにより、信頼半径 r が減少するにつれて外れ値の影響は少なくなる。一例において、入力された特徴点のバウンディングボックスの幅を r_0 として用い、 $r_e = 0.5$ 、 $\alpha = 0.5$ とすることができる。

40

【0030】

ここで図8を参照すると、指紋照合方法の一実施形態が図示されている。まず、ステップ802において、方法800は、一般に、入力された指紋の特徴点情報である第1の特徴点情報と、一般に指紋テンプレートの特徴点情報である第2の特徴点情報とを取得する。次いで、方法800は、ステップ804において、第1の特徴点と第2の特徴点との間の対応を見つける。対応を見つけるために、方法800は、周知の方法、または他の適した方法のいずれを用いてもよい。また方法800は、ステップ806において、第1の特徴点に対して変形可能なメッシュを形成する。一実施形態において、この変形可能なメッシュは、上述したように、メッシュ形成ユニット402(図4)などのメッシュ形成ユニットを用いて形成される。次いで、ステップ808において、方法800は、第1の特徴

50

点に対して形成された変形可能なメッシュを変換して、第1の特徴点をワーブさせる。一実施形態において、このワーピングステップは、メッシュ変換ユニット404(図4)などのメッシュ変換ユニットにより行われる。ワーピングステップ808により、第1の指紋の表面歪みを補正し、歪み補正後の第1の指紋、すなわち、より精度が高い第1の指紋を得ることができる。このより精度が高い第1の指紋に基づき、方法800は、ステップ810において、第1の指紋が第2の指紋と一致するかどうかを決定する。

【0031】

図9を参照しながら、ワーピング操作の一実施形態についてさらに詳細に記載する。この実施形態は、エネルギー関数を用いている。エネルギー関数の詳細については上述した通りである。エネルギー関数の一次微分値をステップ902において算出し、エネルギー関数の二次微分値をステップ904において算出する。この微分値を、上述したように解析的に算出してもよい。次いで、この一次微分値および二次微分値に基づき、ステップ906において、エネルギー関数で定義されるエネルギーを固定の信頼半径について最適化する。例えば、図7Aに示したような手順を用いて、このエネルギー関数を最適化することができる。次いで、ステップ908において、信頼半径を減衰させる。この減衰の例として、特に限定されないが、所定の減衰定数を現時点の信頼半径に掛け合わせることが挙げられる。減衰後の信頼半径は、ステップ910において、所定の閾値と比較される。減衰後の信頼半径が所定の閾値を上回っている場合、減衰後の信頼半径を用いて上記ステップが繰り返される。減衰後の信頼半径を用いて最適化を反復することにより、ワーピングステップ808で、指紋照合における外れ値の影響を減らすことができる。

10

20

【0032】

本明細書に記載した実施形態では、第1の指紋を、入力された指紋、第2の指紋を指紋テンプレートとして想定しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、これにさまざまな変更が適用可能である。また、本明細書に記載のワーピングユニットおよびワーピングステップは、そのワーピング操作にエネルギー関数を用いているが、ワーピングユニットおよびワーピングステップでは他のさまざまな方法でワーピングを行うことができる。さらに、上述の実施形態では、解析的に計算した第1および第2の偏微分値に基づいてエネルギー関数を最適化しているが、本発明の観点から、当業者には、他の方法や変更をこれに追加して、またはこれに代わって使用可能であることが明白であろう。

30

【0033】

本開示の観点から、当業者には、本明細書に記載したシステムおよび方法を、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、またはこれらの組み合わせで実施可能であり、そのシステム、サブシステム、コンポーネント、サブコンポーネントで使用可能であることを理解されたい。例えば、方法をソフトウェアで実行する例として、該方法のステップを行うためのコンピュータコードが挙げられる。このコンピュータコードをプロセッサ可読媒体やコンピュータプログラム製品などの機械可読媒体に格納し、伝送媒体や通信リンクを通じて、搬送波に乗せたコンピュータデータ信号、またはキャリアで変調した信号として送信することができる。この機械可読媒体やプロセッサ可読媒体には、機械で読み取り可能かつ実行可能な形態で情報を格納したり転送したりできるあらゆる媒体(例えば、プロセッサ、コンピュータ、携帯デバイス、メディアプレーヤーなど)を含めることができる。

40

【0034】

ここに開示したシステムおよび方法は、その基本的な特性や特徴から逸脱することなく、他の具体的な形態で具体化することができる。よって、上記実施形態は、あらゆる点で例示のみを目的としたものであり、何ら制限するものではない。したがって、本発明の範囲は、上記記載ではなく添付の請求の範囲により示されるものである。この請求の範囲と等価である意味および範囲内で加えられる変更のすべてが、この範囲に含まれるものとする。

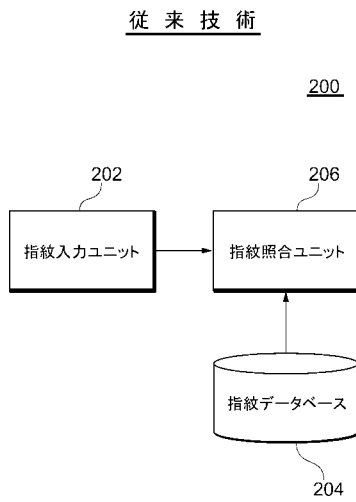
【図面の簡単な説明】

【0035】

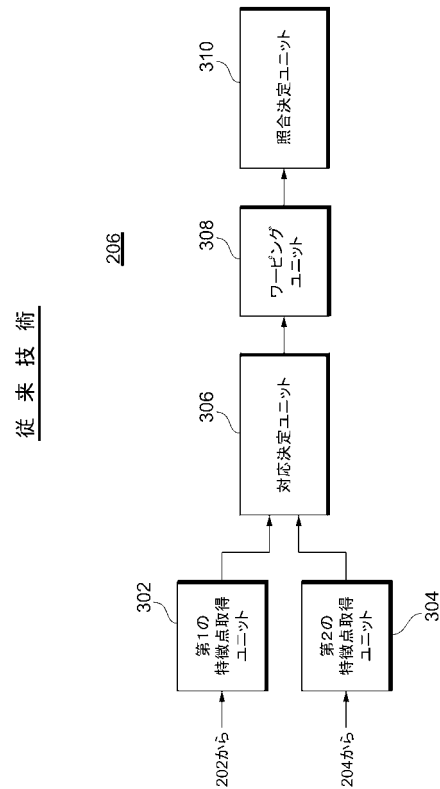
50

- 【図 1 A】指紋とその特徴点の一例である。
- 【図 1 B】指紋とその特徴点の一例である。
- 【図 1 C】指紋とその特徴点の一例である。
- 【図 2】指紋認識システムの一実施形態である。
- 【図 3】本発明による指紋照合システムの一実施形態である。
- 【図 4】ワーピングユニットの一実施形態である。
- 【図 5】メッシュ形成ユニットの一実施形態である。
- 【図 6 A】変形可能なメッシュとその変換である。
- 【図 6 B】変形可能なメッシュとその変換である。
- 【図 6 C】変形可能なメッシュとその変換である。
- 【図 7 A】本発明による最適化および反復の一実施形態である。
- 【図 7 B】本発明による最適化および反復の一実施形態である。
- 【図 8】本発明による指紋照合方法の一実施形態である。
- 【図 9】ワーピング操作の一実施形態である。

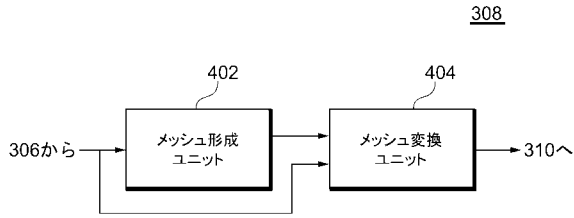
【 図 2 】



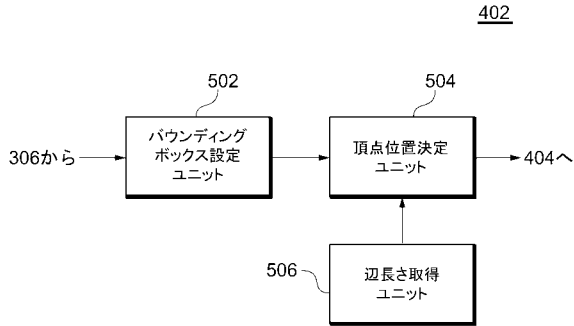
【 図 3 】



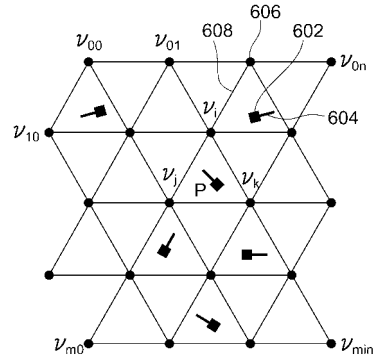
【 図 4 】



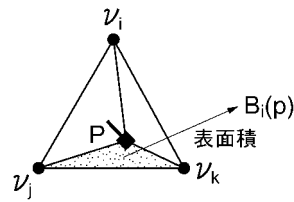
【 図 5 】



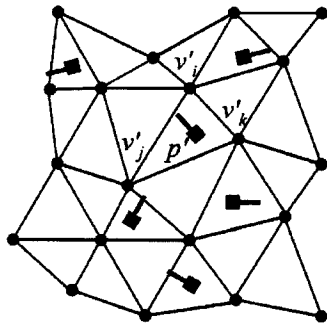
【 図 6 A 】



【 図 6 B 】



【 図 6 C 】



【 図 7 A 】

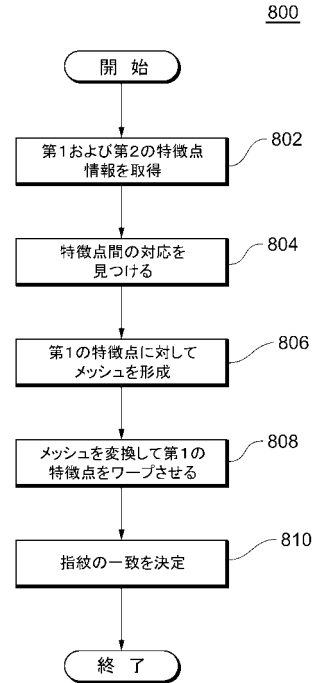
```

1: i = 0      ▷ v は、マトリクス v に対する (v_x, v_y) を表す
2: κ = 0
3: r = (-∂ E / ∂ X, -∂ E / ∂ Y)
4: s = M-1 r
5: d = s
6: δnew = rT d
6: δ0 = δnew
8: While i < imax and δxnew > ε2 δx0 and δynew > ε2 δy0 do
9:   j = 0
10:  δd = dT d
11:  repeat
12:    αx = - [∂ E / ∂ X]T dx / dxT [∂2 E / ∂ X2] dx
13:    αy = - [∂ E / ∂ Y]T dy / dyT [∂2 E / ∂ Y2] dy
14:    (X, Y) = (X, Y) + α · d
15:    j = j + 1
16:  until j < jmax and dx2 δx2 > ε2 and dy2 δy2 > ε2
17:  r = (-∂ E / ∂ X, -∂ E / ∂ Y)
18:  δold = δnew
19:  δmid = rT s
20:  s = M-1 r
21:  δnew = rT s
22:  β = ( (δxnew - δxmid) / δxold, (δynew - δymid) / δyold )
23:  κ = κ + 1
24:  if κ ≥ m · n or βx ≤ 0 or βy ≤ 0 then
25:    d = s
26:    κ = 0
27:  else
28:    d = s + β · d
29:  end if
30:  i = i + 1
31: end while
  
```

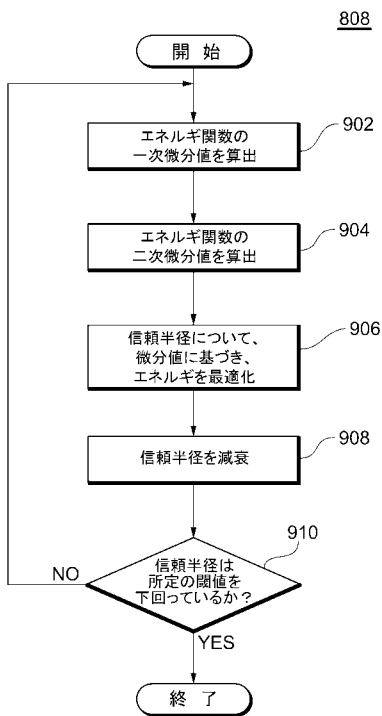
【 図 7 B 】

```
1:  $r = r_0$   
2: While  $r \geq r_e$  do  
3:   Optimize  $E(S, C, r)$   
4:    $r = \eta r$   $\triangleright \eta$  は、(0,1)の範囲の減衰定数  
5: end while
```

【 図 8 】



【 図 9 】



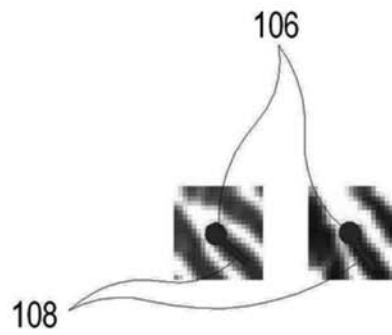
【図 1 A】

従来技術



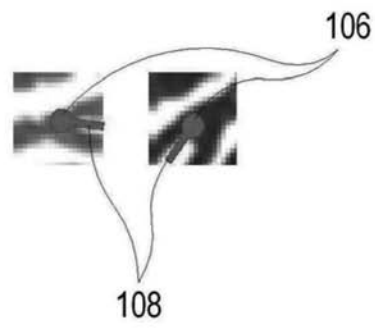
【図 1 B】

従来技術



【図 1 C】

従来技術



フロントページの続き

(72)発明者 ユン, イル ドン

大韓民国, キョンギ - ド 4 6 3 - 9 0 7, ソンナム - シ, ブンダン - グ, ブンダン - ドン, ジャンガン キュンヨン アpartment 1 1 3 - 1 6 0 2

(72)発明者 クォン, ドン ジン

大韓民国, キョンギ - ド 4 6 3 - 9 2 4, ソンナム - シ, ブンダン - グ, ヤタ - ドン, トミュルキサン アpartment 3 0 4 - 1 2 0 1

Fターム(参考) 5B043 AA09 BA02 DA05 EA06 EA07 GA02

【外国語明細書】

2008310814000001.pdf