

画素並列処理を用いた指紋谷線強調アルゴリズム

Fingerprint-Valley Enhancement by Pixel-Parallel Processing

池田 奈美子† 中西 衛† 藤井 孝治† 羽田野 孝裕† 重松 智志† 久良木 徳‡ 岡崎 幸夫†
 Namiko Ikeda Mamoru Nakanishi Koji Fujii Takahiro Hatano Satoshi Shigematsu Hakaru Kyuragi Yukio Okazaki

1. はじめに

PDA 等のモバイル機器の不正使用を防ぐために、それらに搭載可能な小型の認証システムが求められており、指紋センサとプロセッシング回路をワンチップに統合したワンチップ指紋認証 LSI が提案されている[1]。本 LSI は指紋のセンシングから照合まで全て単体で行うもので、図 1 のように 2 次元のプロセッシングアレイ上にセンサを積層させ、センシングエレメントと接続されたプロセッシングエレメントが、画素データを受け取り照合を行っている。

センサで取得する指紋画像は、温度や湿度等の外的環境の変化によって様々になる。指が乾燥している場合にはセンサ画像の隆線が所々かすれ、指の湿り気が多い場合にはセンサ画像の谷線が所々細く途切れる等の画質劣化が生じ、認証率が低下する。このような画質劣化を改善する為の従来手法の一つとして、モルフォロジの平滑化フィルタがある[2]。これは並列処理をベースとし、近傍の画素値のみを用いた簡単な演算から成るため、ワンチップ指紋認証 LSI のようなコンパクトな画素並列アーキテクチャでの実現が可能であり、センサ画像の孤立点ノイズ等が除去出来る。しかし、画像全面一様な処理のため、著しく細い谷線が処理後消失してしまう等の指紋構造の破壊が起こり、十分な認証率が得られない場合がある。

本論文では、指紋の谷線幅に応じた処理を行うことで、細部構造の破壊が起こらず高認証率となる画素並列処理に適した谷線強調アルゴリズムを提案する。

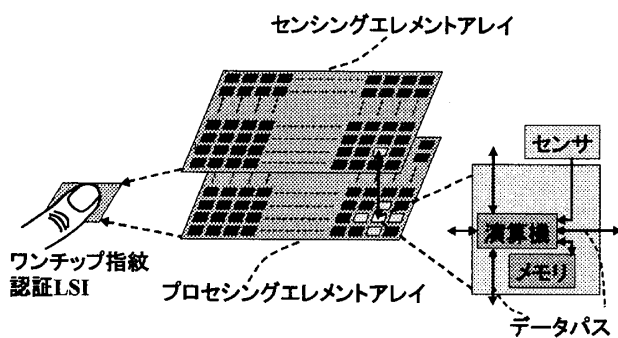


図1 ワンチップ指紋認証LSIの構成

2. 谷線強調アルゴリズム

本アルゴリズムは、谷線が細く途切れがちな領域を検出しその結果を示すフラグ画像を作成し、フラグ画像を用い

† NTT マイクロシステムインテグレーション研究所

‡ NTT エレクトロニクス株式会社

て谷線が細く途切れがちな領域のみに谷線幅を広げる処理を行うことで谷線を強調する。

2.1 細く途切れがちな谷線領域の検出法

本手法は、ある閾値より細い隆線からのみ骨格を抽出する、モルフォロジベースの骨格化関数を用いて谷線が細く途切れがちな領域を検出する。

具体的な処理内容を図 2 を用いて説明する。まず、モルフォロジの平滑化フィルタを図 2(a)の原画像全面にかけ、細い谷線を故意に消失させる。次に、互いに接触していない隆線からのみ骨格を抽出するように閾値を設定したモルフォロジの骨格化関数を用いて、隆線の骨格を抽出する。最後に骨格画像に膨張処理を行うことで、図 2(b)の十分に隆線が離れている領域を黒で、隆線が接触しそうな領域、つまり細く途切れがちな谷線を含む領域を白で表すフラグ画像を作成する。

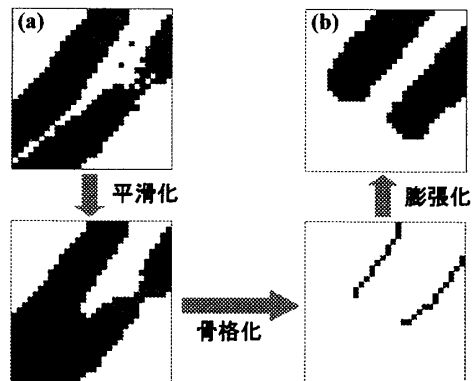


図2 フラグ画像を作成する各ステップ
 (a)原画像 (b)フラグ画像

2.2 フラグ画像を利用した谷線強調

本手法は、2.1 で作成したフラグ画像を用いて、谷線が細く途切れがちな領域のみに、谷線幅を広げる処理を行うことで谷線の強調を行う。

具体的な処理内容を図 3 を用いて説明する。まず、図 3(a)の原画像の黒画素の内、図 3(c)のフラグ画像の黒領域に位置するものだけを抽出し、原画像において谷線が十分に太い領域の画像を作成する。次に、原画像に隆線の収縮処理を行った図 3(b)の画像の黒画素の内、フラグ画像の白領域に位置するものだけを抽出し、原画像において谷線が細く途切れがちな領域の画像を作成する。作成したこれら 2 つの画像の黒画素の和を取ることで、谷線が強調された

画像を得る。本手法は全てモルフォロジの基本関数から構成されているので、画素並列処理に適している。

本手法は、原画像の谷線が細く途切れがちな領域のみを収縮画像に置き換えることで谷線を強調しており、平滑化フィルタをかけると消えてしまう細い谷線も、収縮処理では消えてしまう細い隆線も保存される。

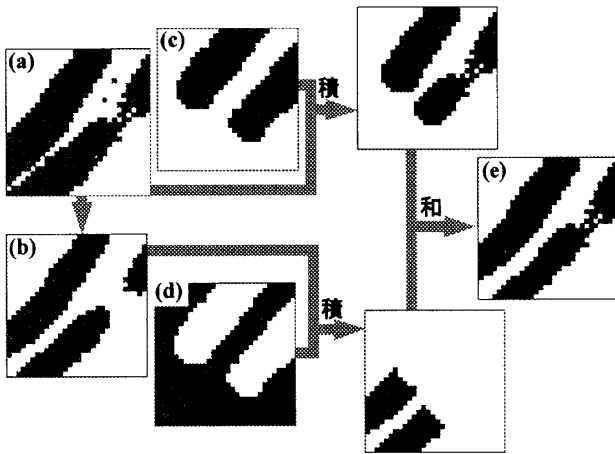


図3 谷線強調の各ステップ (a)原画像 (b)収縮画像 (c)フラグ画像 (d)フラグ画像の反転 (e)谷線強調画像

3. 評価結果

図4に、提案アルゴリズムの処理過程における指紋画像を示す。これらはワンチップ指紋認証LSIで得られた、解像度が500dpiの2値画像である。原画像において谷線が細く途切れがちな領域は、収縮画像に置き換わっており、指紋構造を保存したまま谷線が強調されている。

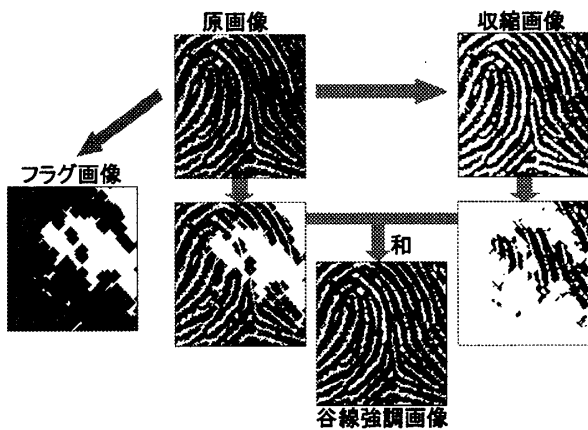


図4 谷線強調の処理結果

提案アルゴリズムの有効性を調べるため、1500枚の指紋画像を用いて認証実験を行った。この実験における指紋の認証アルゴリズムには、パターンマッチング手法[3]を適用した。

結果を図5に示す。このグラフは、他人の指紋を誤って本人のものとして認識する他人受率(FAR)が0.1%の時の、本

人の指紋を誤って他人のものとして認識する本人拒否率(FRR)を示したものである。従来手法として平滑化フィルタを画像全面に均一にかける手法と、画素並列処理には不向きだが逐次処理の従来手法として代表的なフーリエ変換(FFT)を用いる手法と、提案アルゴリズムを比較した。ここでは、比較が容易になるように、平滑化フィルタを用いた場合の本人拒否率を1に規格化している。平滑化フィルタと比較し、提案アルゴリズムの本人拒否率は約1/4と大幅に向上し、FFTを用いた手法ともほぼ同程度となった。

また、Pentium III 866-MHzのPCでFFT手法を実行させた時の処理時間が187 msecであったのに対し、クロック周波数5 MHzのワンチップ指紋認証LSIで提案アルゴリズムを実行させた時の処理時間は0.13 msecであった。

提案アルゴリズムにより、コンパクトな並列アーキテクチャでの個人認証が、十分に高速かつ高認証率化することが出来ると考えられる。

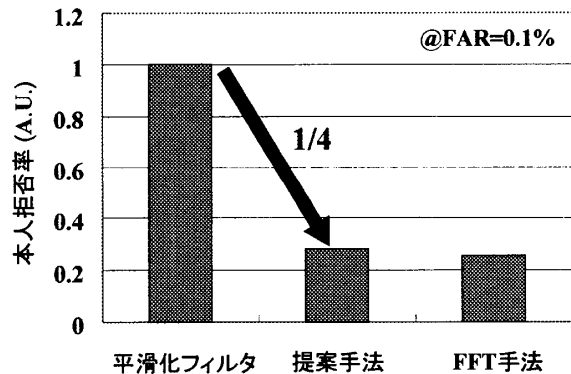


図5 従来手法との比較

4. まとめ

我々は、画素並列処理を用いた新しい指紋画像の谷線強調アルゴリズムを提案した。本アルゴリズムはモルフォジ演算を用いており、ワンチップ指紋認証LSIのようなコンパクトな画素並列アーキテクチャへの搭載が可能である。

本アルゴリズムは、細く途切れがちな谷線の幅のみを広げることで谷線強調を行う。指紋認証率は従来手法と比較し約4倍向上し、処理時間も0.13 msecと十分に短い。

参考文献

- [1] S. Shigematsu, H. Morimura, Y. Tanabe, T. Adachi and K. Machida, "A Single-Chip Fingerprint Sensor and Identifier," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 34, no. 12, pp. 1852-1859, Dec. 1999.
- [2] J. Serra, "Image Analysis and Mathematical Morphology," Academic Press, London, 1982.
- [3] T. Hatano, T. Adachi, S. Shigematsu, H. Morimura, S. Onishi, Y. Okazaki and H. Kyuragi, "A Fingerprint Verification Algorithm Using the Differential Matching Rate," Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition, pp.799-802, Aug. 2002.