

超並列アーキテクチャに適した画像強調アルゴリズム Image Enhancement in a Highly Parallel Architecture

池田 奈美子† 中西 衛† 藤井 孝治† 羽田野 孝裕† 重松 智志† 岡崎 幸夫† 久良木 億†
Namiko Ikeda Mamoru Nakanishi Koji Fujii Takahiro Hatano Satoshi Shigematsu Yukio Okazaki Hakaru Kyuragi

1. はじめに

携帯電話や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コンパクトな個人認証が求められており、指紋センサと照合を行うプロセッシング回路を1チップに統合した1チップ指紋認証LSIが提案されている[1]。本LSIでは、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ており、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認証を行っている。

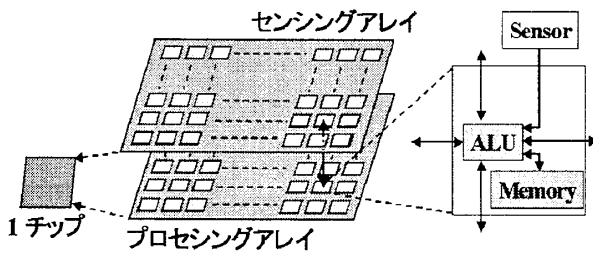


図1 1チップ指紋認証LSIの構成

センサで取得した指紋画像には、指の状態によって指紋の山線上の白点ノイズや谷線上の黒点ノイズ等が存在し、これにより認証精度が低下する。よって、それらのノイズを除去し、指紋の山線と谷線をはっきり区別させる画像強調が必要である。それに対し、1チップ指紋認証LSI等の超並列アーキテクチャに向けた画像強調の従来技術には、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、コンパクトな2次元プロセッシングアレイでの実現が可能である。しかし、画像全面一様な処理のため、取得画像の画質によって、処理後山線間が局所的に接触する等の細部構造の破壊が生じ、十分な認証精度が得られない場合がある。

本論文では、取得画像において山線の接触が生じやすい領域を探索し、その領域のみに接触を防ぐ処理を行うことで、細部構造の破壊が起らず高認証精度となる、超並列アーキテクチャに適した画像強調アルゴリズムを提案する。

2. 画像強調アルゴリズム

本画像強調アルゴリズムは、画像を幾つかのブロックに分割し、そのブロック毎に山線間が近接し接触しやすいか否かを判定し、接触しやすいブロックにのみ山線を細らせる処理を行うことで画像の強調を行う。

2.1 山線接触の判定法

本手法は、接触した2本の山線からは1本の骨格しか得られないことを利用して、山線が接触しやすいか否かをブロック毎に判定する。

具体的な処理内容を図2を用いて説明する。まず、平滑化フィルタを画像全面にかけ、近接した2本の山線(図2(a))を故意に接触させる(図2(c))。ここで、十分に間隔のあいた山線(図2(b))は平滑化を行っても接触しない(図2(d))。平滑化処理後、骨格化を行うと近接した山線からは1本の骨格しか得られないが(図2(e))、十分に間隔のあいた山線からは2本の骨格が得られる(図2(f))。平滑化処理後の黒画素数を $N1$ 、骨格化後の黒画素数を $N2$ とすると、その比率 $N1/N2$ は、骨格画像が1本しか得られない接触した山線を含むブロックの方が著しく大きくなる。これを利用し、適当な値を閾値として、黒画素数比 $N1/N2$ が閾値より大きいブロックは接触しやすいと判定し、閾値より小さいブロックは接触しにくいと判定する。この判定結果をもとに、接触しやすいブロックを白、接触しにくいブロックを黒で表した判定画像を作成する。

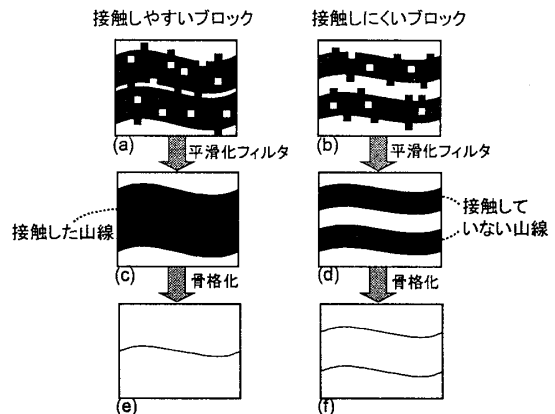


図2 接触の有無による黒画素数の違い

2.2 接触防止処理を適用した画像強調アルゴリズム

本手法は、2.1で作成された判定画像を用いて、山線間が接触しやすいブロックにのみ、それを防ぐ処理をし、画像強調を行う。図3に、このアルゴリズムの処理手順を示す。

2.1で示した判定法により、取得画像(R1)の各ブロックにおいて山線が接触しやすいか否かを判定し、判定画像(R2)を作成する。取得画像全面に対して、山線を細らせる処理を前処理として行い、前処理画像(R3)を作成する。判定画像を用いて、山線が接触しにくいブロック、つまり判定画像中の黒いブロック位置には取得画像を、接触しやすいブロック、つまり判定画像中の白いブロック位置には前処理画像をそれぞれ選択し、強調画像(R4)を作成する。この強調画像の作成は、黒画素を1、白画素を0として式(1)により全画素並列な処理で行う。

$$R4 = (R1 \cdot R2) \mid (R3 \cdot \bar{R2}) \quad (1)$$

† NTT マイクロシステムインテグレーション研究所

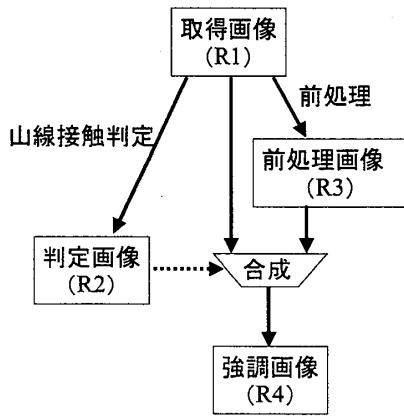


図3 提案アルゴリズムのフロー

この処理の各プロセスにおける処理画像例を図4に示す。取得画像R1はR2における黒いブロック位置において選択され ($R1 \cdot R2$)、前処理画像R3はR2における白いブロック位置において選択される ($R3 \cdot \bar{R2}$)。これら二つの画像の和を取って作成したのが、強調画像R4である。

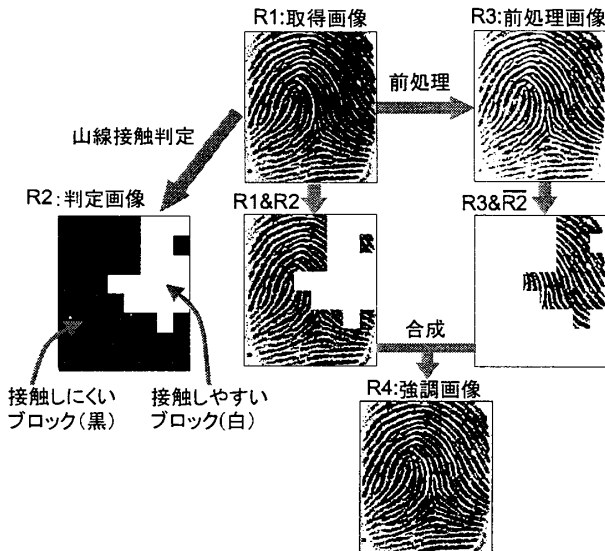


図4 各プロセスにおける処理画像

3. 実験結果

図5に、提案手法と平滑化フィルタによる処理結果を示す。画像は全て2値画像で256×224画素サイズである。平滑化フィルタに比べ提案手法による結果画像は、指紋の細部構造の破壊つまり山線の接触が減少されていることが示されている。

提案手法の有効性を調べるため、1500枚の指紋画像を用いた認証実験を行った。図6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) を示したグラフである。平滑化フィルタを画像全面に均一にかける手法、及び、超並列アーキテクチャ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手法を比較した。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、提案手法の本人拒否率は約1/4と向上し、FFTを用いた手法ともほぼ同程度となった。

以上から本画像強調アルゴリズムは、山線が接触しやすいか否かを、画像を分割したブロック毎に判定し、接触しやすいブロックのみにそれを防ぐ処理を行うことにより、1チップ指紋認証LSIに適し、かつフーリエ変換を用いた手法に匹敵する高い精度を持つことが確認できた。

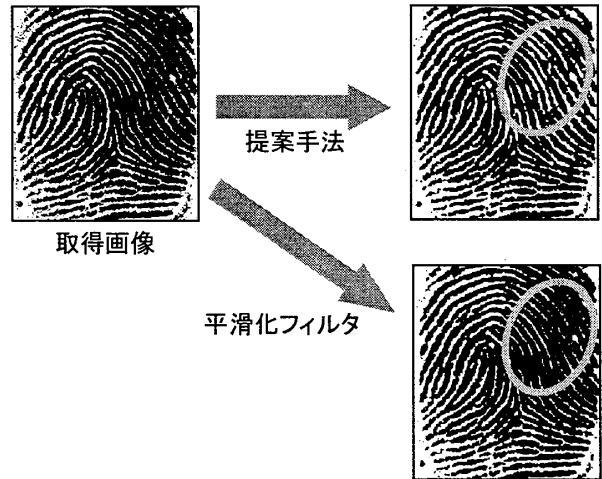


図5 提案手法と平滑化フィルタの処理結果

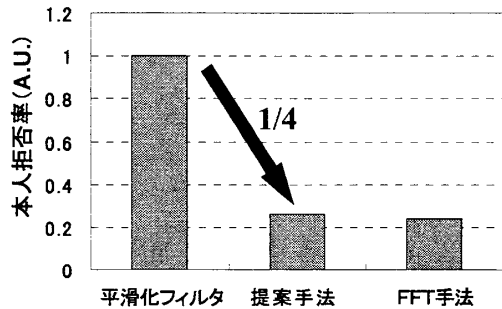


図6 FARが0.1%時のFRR

4. まとめ

コンパクトで高解像度の超並列アーキテクチャに搭載可能な、新しい画像強調アルゴリズムを提案した。実験により、従来の平滑化フィルタを用いた場合と比較し、大幅に精度が改善され、フーリエ変換を用いた手法ともほぼ同程度の精度となり、本手法の有効性を示した。本手法を用いることにより、1チップ指紋認証LSIでの高精度な認証を可能とした。

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.