

D-16 平均値ベース動的背景差分処理ハードウェアによる移動体検知システムの開発

古賀崇彦, 山脇彰

(九州工業大学大学院工学府電気電子工学専攻)

1. はじめに

監視カメラやドライブレコーダーなどに搭載される動体検知機能は長時間にわたり、リアルタイムでの稼働が求められる。そのため、機能の高速化・省電力化は必要不可欠である。この実現方法の1つとしてハードウェア処理が挙げられる。

固定されたカメラで動体検知機能を実現する手法として背景差分法という画像処理が存在する。これは入力画像と背景画像を比較して背景にはない物体を抽出する処理であるが、背景変化を考慮して動的に背景画像を推定・更新するように応用した動的背景差分法がさらに有効である。[1]

この背景推定方法はいくつか存在するが、その1つに中央値法がある。この手法では、現在までの一定期間で蓄積されたN個のデータの中央値を背景と推定する。背景の周期的な変動や急激な変動にも短期間で対応でき、処理自体も比較的単純であるが、推定用のデータ量や解像度の増加により処理時間が増大するという弱点が存在し、この手法を用いたハードウェア処理では高解像度での動作が困難であるという問題があった。

本論文では平均値をベースとした、より高速なアルゴリズムを新たに提案、ハードウェア処理を実現し、実機検証を通じてその性能を評価する。

2. 平均値ベース動的背景差分

背景推定における処理量を減少させ、高解像度でも高速な動作が可能なハードウェア向け処理手法として平均値ベースのアルゴリズムを提案する。

平均値ベースアルゴリズムでは、過去時系列画像 N-1 枚と最新の画像の合計 N 枚の平均値(推定平均値)を算出し、それを背景画素と推定する。これにより過去時系列画像について個々の値ではなく、合計値としてデータを保持できるため、中央値法と比較して処理に必要なデータ量を大幅に削減できる。

しかし、正確な合計値を得ようとした場合、やはり個々のデータを保持する必要があるため、図1のように平均値を算出後に合計値から推定平均値を引いた値を次のフレームの過去画像合計値として利用するようにした。

ハードウェア構成を図2に示す。物理ポート d0 と d1 の2つを利用し、d0 は現在画像の読み出しと差分画像の書き込み、d1 は合計値配列に対する読み出しと書き込みを担っている。合計値配列については、ループ内で同じ配列にアクセスして効率的な並列化を妨げないように、読み出しと書き込みで2つの配列を用意し、同じアドレスを指定することで処理を実現している。

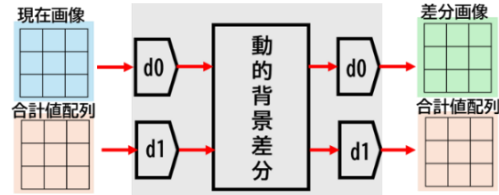


図2. ハードウェア構成

3. 実験環境・結果

開発したハードウェアを Xilinx 社製 FPGA (Zynq-7000) に実装した。FPGA ボードにカメラ (Omnivision 社製 OV9655) を搭載し、撮影した画像に対してリアルタイムで画像処理を行い、差分画像をディスプレイに出力する。

今回は背景推定のための使用画像枚数 N=4, 8, 16 の3種類で測定を行った。図3に従来法である中央値法ベースと提案法である平均値ベースの処理速度を示している。提案法では従来法と比較して約4~15倍の速度改善がみられた。使用枚数を増やすごとにその差が大きくなっている。また、ソフトウェア処理と比較しても4倍ほどの向上がみられた。電力効率については、従来法と比較して約3~63倍向上した。これは処理速度の改善と BRAM の削減が大幅な要因になっていると考えられ、枚数を増やすにつれて大きくなっている。ソフトウェア処理と比較しても約25倍の向上が見られた。そして、検知精度についても評価の中では、従来法アルゴリズムと同様の検知精度が確認できた。

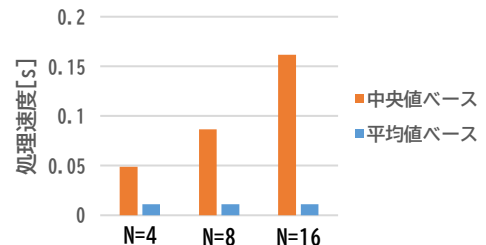


図3. 従来法と提案法の処理速度

4. おわりに

画像処理ハードウェアを活用した移動体検知システムを開発し、その性能評価を行った。結果として、処理の高速化、省電力化の達成を確認できた。

参考文献

[1] M. P. A. P. Rita Cucchiara, "Detecting Moving Objects, Ghosts, and Shadows in Video Streams", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.25, No.10, pp.1337-1342, 2003

【訂正】

本論文は、2025年9月開催の学生会講演会発表論文について、図3の処理速度の単位表記に誤りがあったため修正したものです。

修正内容: 図3の処理速度の単位 (ms → s)

修正日: 2026年2月16日

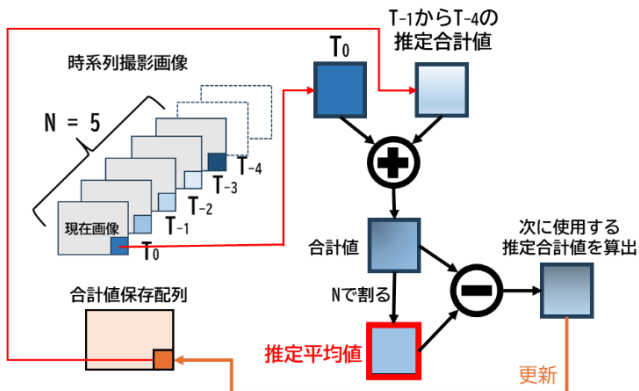


図1. 平均値ベース動的背景差分のアルゴリズム