

キャッシュ利用効率向上による ARS アルゴリズムの高速化に関する研究

垣見 晴陽 指導教員：佐々木 敬泰

1 はじめに

近年, IoT を用いて生物の心拍や橋梁の振動など信号の周期を解析し, 異常を早期に発見する手法が研究されている. IoT 向けの周期解析アルゴリズムとしては FFT が主流であるが, FFT は計算量やメモリ使用量が多いため, IoT に用いられる小型マイコンへの実装が困難である. その解決方法の一つとして, ARS(Accumulation for Real-time Serial-to parallel converter)[1] が提案されている. ARS は FFT よりも少ない計算量とメモリ量で周期解析を行うことができるが, キャッシュ利用効率の面で改善の余地がある. そこで, ARS のさらなる高速化を目指し, キャッシュ利用効率がよくするように改良する.

2 先行研究

ARS とは, IoT 向けの周期解析アルゴリズムであり, 加算と除算のみで行われることが特徴である. まずは, SPC(Serial to Parallel Converter) について説明する. SPC とは, ある信号を SPC のポート数に従って分解する機器である. ARS の簡単な流れを図 1 を用いて説明する. 例えば, 2,5,7,3 を繰り返す周期

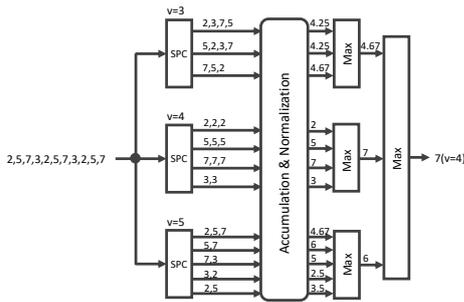


図1 ARS のイメージ

4, 長さ 11 の信号を周期 3~5 の間で推定するとする. ここで, SPC を推定する周期の数だけ用意する. 今回の場合は 3, 4, 5 で 3 つとなる. SPC は, 出力ポートを担当する周期分持ち, それぞれの SPC で信号を出力ポート数 v で分解する. SPC で分解された信号は各ポートで累積され, 累積回数に応じてそれぞれ正規化される. そして, 正規化された値の中から, 各 SPC 内で最大値を求め, さらにその中で最大の値を求める. この最大値を出した SPC の v が推定された周期となる. 今回の場合, $v=4$ のときの 7 が最大値なので, 推定される周期は 4 となる.

3 ARS の問題点

ARS は, キャッシュ利用効率が高いという問題点が存在する. それぞれの SPC の内容は配列で表現されるが, 周期によって SPC の出力ポート数は異なるため, 配列も三角行列のような階段状のものになる. このような配列に対してデータの累積を行うと, 順にアクセスされる配列要素の番地が不連続になっていくことから, 空間的局所性を著しく損なう. また, 候補となる周期が大きく, その範囲も広いことから, 配列要素への再アクセスまでに時間がかかるため, 時間的局所性も低い. このように, 参照の局所性が低く, キャッシュミスが頻発することが ARS の問

題点である.

4 提案手法

今回の研究では, ARS のキャッシュ利用効率を向上させるため, キャッシュブロッキング [2] という手法に着目した. キャッシュブロッキングとは, 主に行列演算を高速に行うために用いられる手法で, 行列を部分行列に分解し, それぞれに演算操作を行うことで, 参照の局所性を高め, 実行時間を短縮することができる. キャッシュブロッキングを適用した ARS については, 一度入力データのある程度保存し, 保存したデータを, 周期についてブロッキングして, 累積するようにした.

5 評価

5.1 評価方法

従来の ARS と理想的な ARS, 提案手法の 3 手法についてキャッシュヒット率を評価する. 通常は入力データはストリームデータであり, 入力順に処理するが, 本研究ではキャッシュのヒット率の上限値を求めるため, すべてのデータが既知であり, 任意の順番でデータアクセスできるという仮定で評価したものを理想的な ARS としている. また, キャッシュヒット率は, データメモリへのアクセスについてトレースデータを作成し, 実装したキャッシュシミュレータを用いて計算する. また, キャッシュの構成は, L1 データキャッシュが 32KB である 2 ウェイセットアソシティブキャッシュを想定している.

5.2 評価結果

表 1 に従来の ARS と理想的な ARS, 提案手法の ARS のキャッシュヒット率を示す. 提案手法はブロックサイズを 1, 入力データのバッファサイズを 1000 とした.

表 1 ARS のキャッシュヒット率の比較

従来	理想	提案
42.950%	98.887%	79.975%

表 1 から, キャッシュブロッキングを適用した提案手法のキャッシュヒット率は 37.025 ポイント向上し, キャッシュ利用効率を改善できたといえる.

6 おわりに

本研究では, ARS のキャッシュ利用効率を改善するため, キャッシュブロッキングを応用し, 従来手法と比較してキャッシュヒット率を 37.025 ポイント向上させることに成功した. 今後の研究としては, さらなるキャッシュ利用効率の向上や, 実環境での評価があげられる.

参考文献

- [1] Y. Kamiya, "A Simple Parameter Estimation Method for Periodic Signals Applicable to Vital Sensing Using Doppler Sensors", SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.10, No.5, pp.378-384, 2017.
- [2] M. S. Lam, E. E. Rothberg, M. E. Wolf, "The Cache Performance and Optimizations of Blocked Algorithms", ACM SIGPLAN Notices, Vol.26, No.4, pp.63-74, 1991.