

# 周期解析アルゴリズムの低フットプリント化と推定精度向上に関する研究

情報科学科 山脇 竜門

指導教員：佐々木 敬泰

## 1 はじめに

IoT 向けの周期解析アルゴリズムとして ARS が提案されている [1]. ARS は FFT より少ない計算量メモリ量で周期解析を行えるが、ルネサスエレクトロニクスの超低消費電力マイコンである RE01 には、メモリ不足の問題から実装できない。そこで、本研究では、周期解析アルゴリズム ARS を低フットプリント化する手法を提案し、RE01 に実装する。同時に、オリジナル ARS で推定不可能な低 SN 比時の推定精度向上手法も提案する [2].

## 2 先行研究と超低消費電力マイコン

### 2.1 先行研究

ARS は周期解析を加算と除算で行うアルゴリズムである [1]. 図 1 の SPC(Serial to Parallel Converter) は、出力ポート数  $v$  に従って信号を分解する。今回、入力信号は 2, 5, 7, 3 を繰り返す周期 4、長さ 11 の信号とし、これを周期 3~5 の間で推定している。分解された信号は各ポートで累積され、正規化される。これを各 SPC 内で最大値を求め、さらに SPC 毎に最大を求めると  $v=4$  の 7 が出力され、この  $v$  が推定された周期となる。さらに、ARS が信号の累積に必要とするメモリは (推定する周期の範囲)  $\times$  (推定する周期の最大値) から計算できる。本研究では周期 2.00 ~ 6.00 秒、精度 100Hz で推定を行うためその範囲は 400 点、最大値は 600 サンプルとなり、32bit 変数を使用するとそのメモリ量は約 960KB となる。また ARS は信号強度に対してノイズが強い場合に、周期推定が不可能となる問題がある。

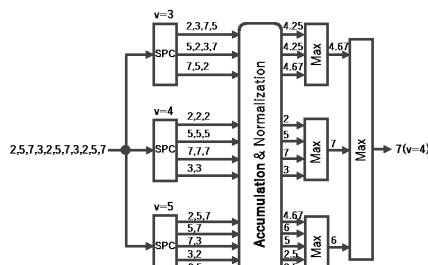


図 1 ARS の概要

### 2.2 超低消費電力マイコン

256KB の RAM と 3.63mW の電力性能を持つ RE01 に ARS をそのまま実装するにはメモリが不足する。IoT でも広く用いられている RaspberryPi3 では RAM が 1GB あるため ARS をそのまま実装できるが、その電力消費は RE01 の約 3,400 倍である。そこで本研究では、RE01 への ARS 実装手法を提案する。

## 3 提案手法

2 章で挙げた問題を解決するため、階層型 ARS と適応的精度変更手法の 2 つの手法を提案する。

### 3.1 階層型 ARS

ARS の周期推定を二階層に分けて実行する。第一階層ではオリジナルの 1/4 である 0.04 秒精度でサンプリングを行い、最も可能性の高い候補点を最大 8 つ推定する。第二階層では第一階層で推定された候補点の  $\pm 0.04$  秒を 0.01 秒精度で詳細探索する。第一階層では、4 信号の平均を代表値として扱うことで、ノイズの影響を軽減できる。オリジナルの 1/4 精度で探索するた

め、その時必要となるメモリも 1/4 となる。さらなるメモリ効率改善のため、次の手法も併用する。

### 3.2 適応的精度変更手法

第一階層と第二階層で ADC の精度を変更する適応的精度変更手法を提案する。第一階層では粗いサンプリングに合わせ 10bit、第二階層では詳細探索のため 12bit に AD 変換の精度を階層ごとに変更する。これにより 16bit 変数で、第一階層は約 50 秒、第二階層は約 30 秒の推定が可能である。

## 4 評価

### 4.1 メモリ量

実装時の総メモリ量はオリジナル ARS の 1,444,365Byte から約 87.4% 削減した 182,992Byte となり、RE01 に実装できた。

### 4.2 推定精度

入力データを白色ガウス雑音を付加した sin 波である。その周期は 4.00 秒、ノイズは  $-40 \sim 40$ dB、試行回数は 1,000 回で、異なる SN 比において推定精度の違いを評価する。図 2 から、SN 比の低い  $-40 \sim -4$ dB の区間で、推定成功率は従来手法を上回っている。さらに従来手法では推定がほぼ不可能であった区間においても、約 11.3% 以上の精度で推定が可能となった。

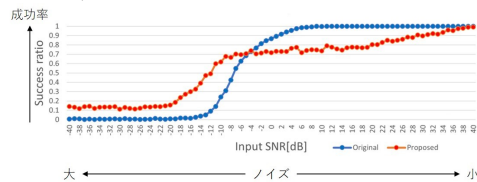


図 2 SNR 対推定成功率

### 4.3 消費電力

RE01 の評価システム及び、電力計測器を用い電力評価を行った。オリジナル ARS を RaspberryPi3 に実装した時の消費電力は 12.5W であり、10,000mAh のモバイルバッテリーでは、約 3 時間動作可能である。本研究の提案手法を適用することにより、ARS アルゴリズムを RE01 に実装可能となったことで、その消費電力は 4.05mW となり、10,000mAh で約 380 日動作可能な超低消費電力化を実現した。

## 5 おわりに

本研究では周期解析アルゴリズム ARS を改良し、オリジナル ARS と比較してメモリを約 87.4% 削減したことで超低消費電力プロセッサ RE01 に実装可能とした。また、低 SN 比区間で推定精度向上ができた。今後の研究として精度が落ちた高 SN 比区間の推定精度向上を目指す。

## 参考文献

- [1] KAMIYA Yukihiro: A simple parameter estimation method for periodic signals applicable to vital sensing using Doppler sensors, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, pp.378-384, 2017.
- [2] 山脇, 他: IoT 向け周期解析アルゴリズムの低フットプリント化手法の提案と評価, ComSys2020 ポスターセッション論文集 (オンライン), pp.1-3, 2020.