

SAR 画像の超解像処理(非線形帯域拡張法)の並列化

5H-6

今井 照久† 竹内 秀樹‡ 高根沢 眞紀‡ 和泉 秀幸† 佐藤 裕幸†

†三菱電機(株) 情報技術総合研究所 ‡三菱電機(株) 鎌倉製作所

1 はじめに

SAR(Synthetic Aperture Radar:合成開口レーダ)は、人工衛星や航空機等のプラットフォームから、進行方向(アジマス方向)に対して側方向(レンジ方向)にビーム状のパルス波を照射し、対象物による後方散乱波を受信する方式の全天候型センサである。SAR では、受信データに対して信号処理を施す(再生処理を行う)ことにより、人間が理解可能な画像を生成する。

再生された SAR 画像のレンジ分解能は、送信信号の帯域幅によって決まる。しかし、実際の計測に用いることのできる帯域は制限されるため、再生済みの画像に対して信号処理を施すことにより分解能の向上を図る方法として、多数の超解像手法が提案されている。その一手法である、非線形帯域拡張法[1]は分解能の向上に優れた効果があることが報告されている[2]が、一方で演算量が多いという問題点がある。そこで、本稿では、共有メモリ型の計算機を対象として、非線形帯域拡張法を用いた超解像処理の高速化方法を検討し、実機上で評価を行った結果について述べる。

2 非線形帯域拡張法の並列化検討

2.1 非線形帯域拡張法

超解像手法の基本的な考え方の一つに、与えられた帯域幅のスペクトルから外側のスペクトルを推定し、外挿するというものがある。非線形帯域拡張法では、受信信号のサイドローブを非線形処理によって抑圧した後、逆フィルタを用いて帯域拡張を行い、スペクトルの外挿成分を推定する。

非線形帯域拡張法では、サイドローブ抑圧処理や FFT、IFFT 等の計算を繰り返す。ここでは

Parallelization of SAR Image Super Resolution Processing Using Nonlinear Bandwidth Extrapolation Method
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation, 5-1-1 Ofuna, Kamakura, Kanagawa, 247-8501, Japan

各処理の演算量が多く、かつ、画像サイズも大きいため並列処理等による高速化が有効だと考える。

2.2 非線形帯域拡張法の解析

まず、並列化が可能な部分を抽出するため、非線形帯域拡張法の解析を行った。各処理間のデータ依存関係を基に並列化の可否を解析した結果を図 1 に示す。

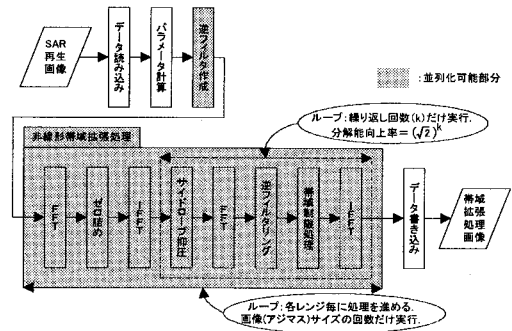


図 1 非線形帯域拡張法の解析

非線形帯域拡張法の各部分処理は、画像内の他の処理結果との依存関係が少なく、並列化可能である。一方で各部分処理での結果を次の処理で利用する依存関係が多く、部分処理単位での並列化は難しい。そこで本稿では、図 1 における非線形帯域拡張処理全体のループを並列化し、1レンジ毎の処理を各プロセッサで実行する方針とした。

2.3 並列化方針の検討

次に、逐次実行時における各処理毎の実行時間を計測した。その結果、処理全体に対して逆フィルタ作成が約 0.1%、非線形帯域拡張処理が約 95%であった。そこで本稿では、非線形帯域拡張処理のみを並列化する方針とした。上述のとおり、非線形帯域拡張処理では、1レンジ毎のデータに対して独立に処理することが可能であるため、図 2 に示す通り、各プロセッサで 1レンジ毎の処理を実行することとした。

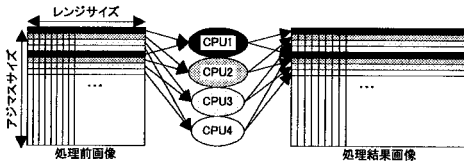


図2 並列化方法

2.4 ループスケジューリング方法

ループの並列化を行う際には、複数のプロセッサを有効に利用するため、スケジューリング方法が重要となる。本稿では、以下の4種類の方法を用いて性能を計測し、比較検討することとした。

- 静的(Static)スケジューリング
 - block, skip スケジューリング
- 動的(Dynamic)スケジューリング
 - self, guided-self スケジューリング

3 性能計測

検討した並列化方法を、開発が容易で、かつ高性能で柔軟なプログラミングが可能なマルチスレッドプログラムにより実装した。その際、簡易スレッドライブラリ SPL(Simple Parallel Library) [3]を使用した。SPLは画像処理や信号処理向けに開発したライブラリであり、ループや関数の並列化機能がある。

計測には、MIPS R12000(400MHz)×8プロセッサ構成のSGI Onyx2を使用した。入力画像は1024(アジマス)×1024(レンジ)画素、1画素当り8byteである。出力画像は1024×16384画素で、レンジ分解能が16倍に向上する。計測結果を図3に示す。

4 考察

- 8プロセッサの計算機を使用して、並列化部分で約7.5倍、処理全体で約5.9倍(アムダールの法則では約6.2倍)の高速化を実現した。
- 本稿で比較した4種類のループスケジューリング方法は一般に、オーバーヘッド、負荷バランス、キャッシュアクセス等の点でそれぞれ特徴があることが知られている。しかし、計測結果を見ると高速化率はほぼ同様の結果となった。これは、1レンジ毎の非線形帯域拡張処理の実行時間が均一であり、かつ、各スケジューリ

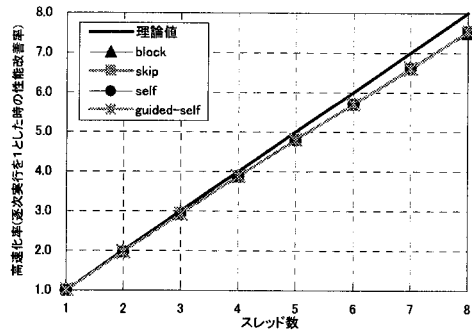


図3 計測結果

グによるオーバーヘッドと比較して、十分大きいことが最大の要因であると考えられる。

5 まとめ

SAR画像の超解像処理の一手法である非線形帯域拡張法の高速化を図るため並列化方法の検討を実施し、並列化可能部分を抽出した。また、各プロセッサに1レンジ毎のデータを割り当て、並列実行した。

この効果を検証するため、SPLを使用してマルチスレッドプログラムにより非線形帯域拡張処理を並列化し、実行時間を計測した。その結果、8プロセッサを使用して並列化部分で約7.5倍の高速化を実現した。また、今回計測を行った環境下において、本稿で提案した並列化方法は、ループスケジューリングの違いによる性能差がほとんどないことを確認した。そのため、プログラムの作成やデバッグの容易さ等からループスケジューリング方法を選択して良いと考える。

参考文献

- [1] H.C.Stankwitz, R.j.Dallaire, and J.R.Fienup, "Nonlinear Apodization for Sidelobe Control in SAR Imagery", IEEE Trans. Aerosp. & Electron. Syst., vol.31,no.1, pp.267-279, Jan. 1995.
- [2]S.R.DeGraaf, "SAR Imaging Via Modern 2-D Spectral Estimation Methods", IEEE Trans. Image Proc., vol.7, no.5, pp.729-761, May 1998.
- [3]福地 雄史, 石塚 章子, 和泉 秀幸, "マルチプロセッサ対応 UNIX 上での並列プログラム開発支援環境の開発", 第48回 情報全国大会 2G-9, Mar. 1994.