

広域データ処理パイプラインに向けた日米間in-transit可視化の実験

大日向大地*1 鎌田めぐみ*2 藤田直行*2

*1富士通株式会社 *2宇宙航空研究開発機構

Introduction

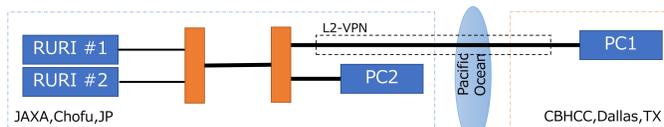
- 数値シミュレーションの複雑化大規模化に対する可視化処理のアプローチとして、in-situ可視化やin-transit可視化といった手法^[1]がある。
- これらはひとつの並列計算機システム内での可視化処理を想定しているが、可視化処理の結果を用いる後工程は必ずしもその並列計算機上で行われるとは限らず、工程ごとに適切な場所で処理できることが望ましい。
- 後工程の多様化により、単一の並列計算機に閉じずに広域的にデータ処理パイプラインを構成し、その終端が後工程の実行場所となるエッジコンピューティングのような仕組みが必要になることが予想される。
- 広域的な可視化処理の極端な例として日米間でin-transit可視化を試みた。

実験手法・実験環境

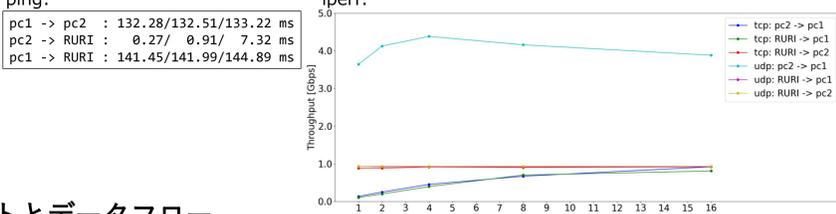
計算機・ネットワーク

JAXA調布航空宇宙センターにある JSS3 TOKI-RURI と、米国に設置したPCを使用する。PCとJSS3までは10Gbps回線でL2-VPNで接続する。

Topology



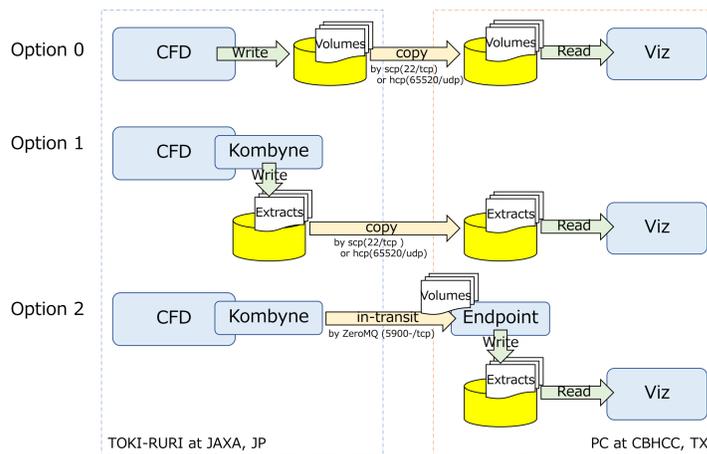
Performance



レイアウトとデータフロー

TOKI-RURIでCFDを実行し、3種類のレイアウトで可視化処理を実行する。

- Option0: CFDのボリュームデータをPCへファイル転送する
- Option1: CFDでin-situ処理により断面抽出しPCへファイル転送する
- Option2: CFD結果をPCへ転送しin-transit処理で断面抽出を行う



ソフトウェア

CFDソルバ	OpenFOAM v2012
可視化	Kombyne ^[2] (OpenFOAMアダプタを使用)
データ転送	Option0,1 ... scpまたはhcp(HpFP ^[3])を使用 Option2 ... Kombyneが標準対応するZeroMQを使用
計算ケース	motorBike(6並列) および propeller(16並列)

Technical Keywords

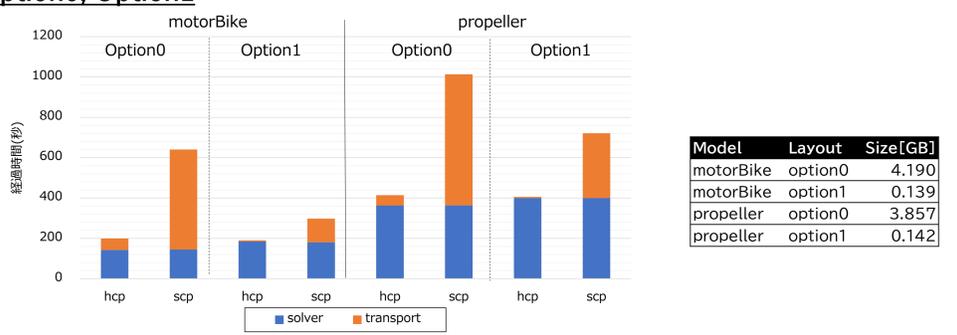
in-situ可視化: CFDなど数値シミュレーションの計算をしながら可視化も行う手法。ファイルI/O負荷が大きくなる大規模計算で有用とされる。
in-transit可視化: in-situ可視化の可視化処理を数値計算を行う計算機から分離し、ネットワークでデータ輸送しながら可視化処理を行う。
Kombyne: Intelligent Light Inc. で開発されたin-situ可視化ライブラリ。in-transit可視化の機能も備える。
HpFP: 情報通信研究機構で開発されたUDPベースプロトコル。長距離通信での性能に優れる。hcpはHpFPを用いたファイル転送プログラム。

Conclusion

- CFD計算を日本で実行し、可視化を米国で行うin-transit可視化を行った。
- 既存のin-transit可視化ソフトウェアでもパイプラインを比較的容易に組めたが、長距離になることによるネットワーク遅延がデータ転送性能と操作性のネックとなることが分かった。
- 広域的なin-transit可視化システムでは次のことが望まれる。
 - ✓ 長距離通信でも低遅延で高速な通信方式、例えばUDP+エラー訂正を備える。
 - ✓ ボリューム全ての転送を必要としない、多段的な可視化パイプラインが組める。

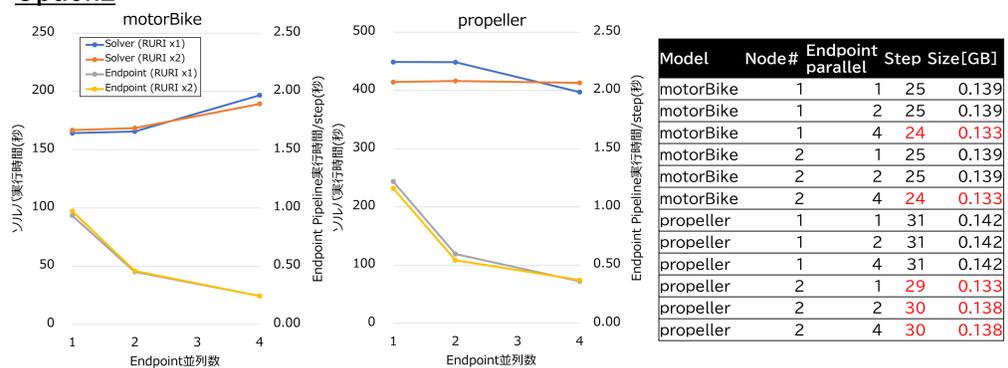
結果

Option0, Option1



- hcpの転送時間はscpに比べてはるかに短い。長距離転送でHpFPが有用であることが確認できる。
- ソルバ実行とデータ転送の合計時間は、Option1のほうが高性能。ファイルI/Oやネットワーク転送よりも、in-situ処理のほうが低コストのため。

Option2

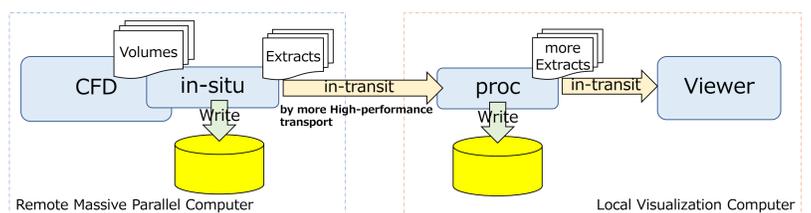


- ソルバの性能はOption0やOption1と比べて遅くはないが安定しない。ボリュームデータを長距離転送することの性能不安定さによると考えられる。
- in-transitで可視化処理を行うEndpointは並列実行で性能がスケールする。
- ソルバとEndpointの相互の接続先情報はファイルで交換している。ファイル検出と転送の遅延により、ソルバとEndpointの実行開始タイミングにずれが生じ、計算の初期ステップで取りこぼすことがある。

検討

広域的なin-transit可視化システムで必要となる改良点。

1. 長距離でも低遅延・高スループットな通信方式を備える。HpFPのようなUDP+エラー訂正のプロトコルでもよいし、他にTCPのパラメータチューニング、あるいはアプリケーション等上位層での対処でもよい。
2. ソルバのin-situ処理である程度データ処理を施し、ローカルへ転送後により詳細な処理を行う多段的な可視化パイプラインを組むことができる。ボリューム全ての転送を要しないことでネットワーク負荷を下げ、ローカルシステムの記憶サイズ制約にも効果的である。



参考文献

- [1] 堤, 藤田, 伊藤, 大日向, 井上, 松村, 高橋, G. Eisenhauer, N. Podhorszki, & S. Klasky, "In Situ/In Transit アプローチを用いた大規模数値解析におけるポスト処理効率化", 第33回数値流体力学シンポジウム, B12-1, Nov. 27-29, 2019.
- [2] S. M. Legensky, E. P.N. Duque, D. A. Amels, B. Whitlock, M. Meyer, P. Adami, A. Gerstenberger, & P. Thümmel, "Industrial and Biomedical CFD Workflows Enhanced via Coprocessing for Knowledge Capture and Computational Steering", Eleventh International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD11), Jul. 11-15, 2022.
- [3] K. T. Murata, P. Pavarangkoon, K. Yamamoto, Y. Nagaya, N. Katayama, K. Muranaga, T. Mizuhara, A. Takaki, & E. Kimura, "An Application of Novel Communications Protocol to High Throughput Satellites", The 7th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON2016), Oct. 13-15, 2016.

謝辞

日米間回線はSC22におけるNetwork Research Exhibitionによるものを使用した。KombyneはIntelligent Light Inc.より提供いただいた。hcpは(株)クリアリンクテクノロジーより提供いただいた。