

情報爆発時代に対応する高度にスケーラブルな 高性能自律構成実行基盤

研究代表者	松岡 聡	東京工業大学・学術国際情報センター・教授
連携研究者	合田 憲人	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授
	中田 秀基	産業技術総合研究所・情報技術研究部門・主任研究員
	竹房 あつ子	産業技術総合研究所・情報技術研究部門・研究員
	丸山 直也	東京工業大学・学術国際情報センター・助教
	佐藤 仁	東京工業大学・学術国際情報センター・研究員
	滝澤 真一郎	東京工業大学・学術国際情報センター・研究員
	實本 英之	東京工業大学・学術国際情報センター・研究員

1. 研究の概要

本研究グループでは、情報爆発時代に対応できる計算基盤として、100万のオーダーのノードからなる超分散環境上で多様なアプリケーションを安全安心に実行できる基盤技術へ向けた研究を推進している。既存研究では、インターネット上の脆弱で多数のノードの計算環境としての利用はWebに基づくものやマスターワーカーのような単純で疎結合な応用に限られている。一方、頑強な基盤をベースとした従来型グリッドにおいて計算基盤環境の整備は進んでいるものの、その文脈では通常のインターネットの莫大な計算資源の活用は依然充分でない。将来の情報爆発に対応するためには、超分散環境において計算資源の設定を人手に頼らず、高性能な仮想計算環境が自律的に、必要に応じて構成され、その上で種々のアプリケーションが安全安心かつ高性能に実行できるシステムおよびその技術の研究が急務である。真の高度にスケーラブルな自律的执行基盤「レジリエント・グリッド(Resilient Grid)」を構築することを目的に、本年度は以下の研究項目について要素技術の研究を推進した(研究の進展に伴い、前年度までと分類をやや変更したが、各技術の研究は連続しており、計画を変更するものではない)。

- 高性能実行基盤技術
 - ① 仮想マシンマイグレーションを用いたファイルアクセス高速化手法
 - ② グリッドファイルシステムにおけるアクセスパターンと性能を考慮した複製配置
 - ③ スーパーコンピュータへの MapReduce ミドルウェアの適用
- 実行基盤の自律構成
 - ① 計算環境の大規模化に対応する高速チェックポイント手法

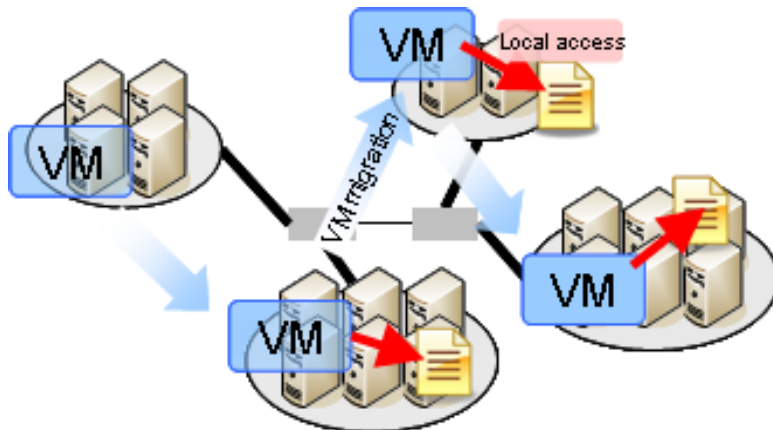
- 次世代ネットワークと実行基盤との融合
 - ① スケーラブルで自律的に実行可能なクラウドでのマルチキャスト手法
 - ② Adaptive Resource Indexing Technique for Unstructured Peer-to-Peer Networks
 - ③ 光サーキットネットワークの補助的利用による HPC アプリケーション性能向上
- 性能モデリングとシミュレーション
 - ① 大規模計算機システムの資源選択を支援するエキスパートシステム

2. 高性能実行基盤技術

2.1. 仮想マシンマイグレーションを考慮した大規模データ処理の最適化

本研究項目では、仮想マシンマイグレーションを考慮した大規模データ処理の最適化を行った。近年、科学技術計算で使用されるデータが大規模化している。このため、このようなデータインテンシブアプリケーションのファイルアクセス性能の向上がより重要となっている。既存研究でファイルキャッシュや複製を行うことにより向上をはかっているが、消費ストレージ容量やファイル転送時間が大きいという問題がある。そこで我々は仮想マシンをファイルが所在する拠点へ移動させることにより、この問題を解決する。しかしながら、現在の拠点から仮想マシンを移動させるべきか、またどのサイトへ移動させるべきかの判断は容易なことではない。それはアクセス対象のファイル、仮想マシンメモリサイズ、拠点間のネットワークスループット様々なパラメタにより仮想マシンの移動時間やファイルアクセス時間が変化するためである。また、科学技術計算で用いられるデータは小規模データの集合体であることが多い。このため、依存関係のあるデータセット単位で仮想マシンの移動先を決定することが非常に重要となる。

これらの課題を解決するため (1) 仮想マシンマイグレーションの時間とファイルアクセスの

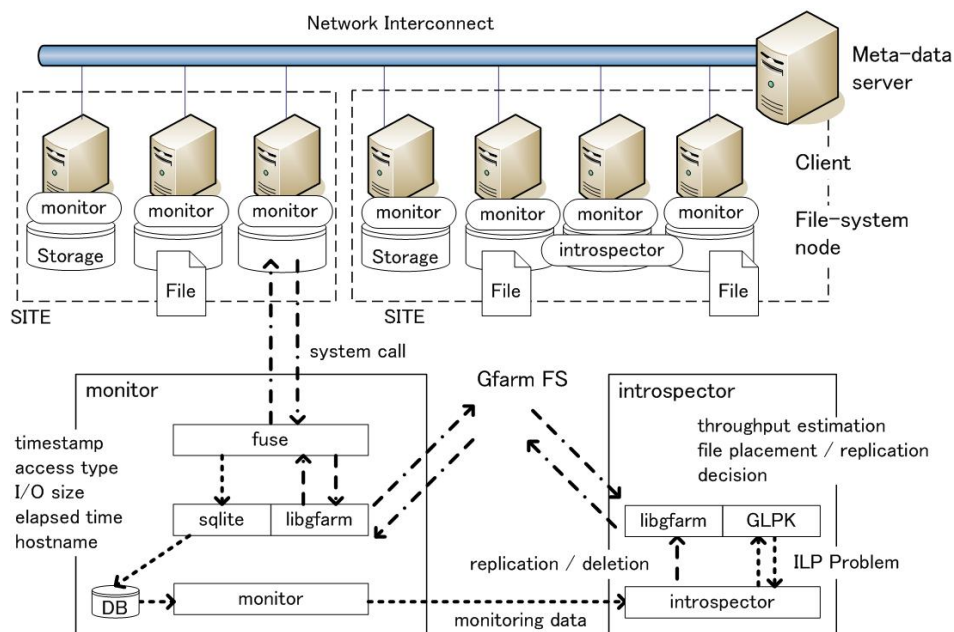


時間のモデルを構築。(2)アプリケーションのファイルアクセス履歴からファイルの依存関係を記述するマルコフモデルを構築。そしてこれら2つのモデルから仮想マシンの移動パターンを有効非循環グラフ(DAG)として表現し、頂点の重みをファイルアクセス時間の期待値、辺の重みを仮想マシンマイグレーション時間として最短経路問題に帰着する最適化を行うことによって、データアクセスに最適な仮想マシンの移動先を決定する。

提案手法をシミュレーションにより評価した結果、仮想マシンを移動させない手法(No Migration I/O)に比べ最大で38%、ファイルの存在する場所へ毎回移動しローカルアクセスを行う手法(Migration I/O)に比べ最大で47%のファイルアクセスのスループット向上を確認し、性能モデル及びマルコフモデルに基づき仮想マシンを適切に再配置することにより、ファイルアクセスのスループット向上されることを示した。

2.2. グリッドファイルシステムにおけるアクセスパターンと性能を考慮した複製配置

ファイルシステムを用いたグリッド環境での大規模なデータ共有は、シングルシステムイメージを実現し、ユーザの利便性を向上させる有効な手法である。しかし、ファイルへのアクセス集中や遠方へのファイルアクセスなど、不均質な環境での、煩雑なデータ管理が発生することが問題となる。我々は、ファイルのアクセス頻度や管理ポリシーに応じて自動的にファイルの複製配置を決定するアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムでは、この複製配置問題をアクセス時間、ストレージ容量、及び、転送時間の最小化を関数とする0-1整数計画問題に帰着し、ファイルアクセスのモニタリングにより得られた情報を利用することにより解く。シミュレーションでの評価では、複製作成を行わない手法、アクセス時に複製をキャッシュする手法、サイト毎に複製を持つ手法などの単純な複製管理手法と比較して、ストレージ使用量を低く保ちつつ、かつ、高いスループット性能を達成する複製配置を自動的に実現することを確認した。また、現在、この提案アルゴリズムを既存のグリッドファイルシステム(Gfarm)に適用し、InTriggerテストベッドに配備して、実アプリケーション(Blast)を用いた有効性の検討を行っており、来年度も継続して行う予定である。

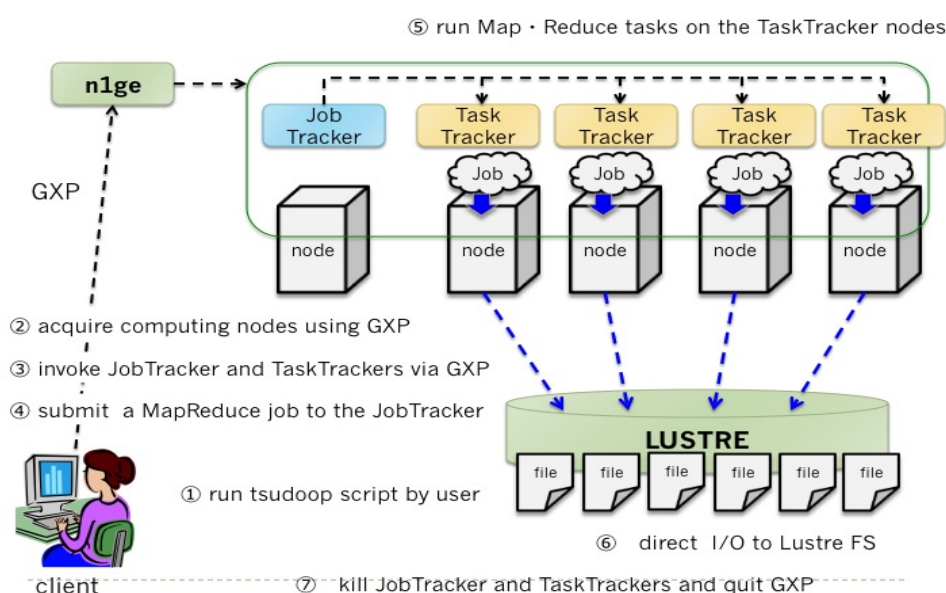


2.3. スーパーコンピュータへの MapReduce への適用

東京工業大学学術国際情報センター(東工大 GSIC)では、2006 年からスーパーコンピュータ TSUBAME を運用しているが、年々、ユーザから大規模データ処理への要望が高まっており、その中で MapReduce 処理を実行したいというものも挙がっている。そのため、既存の MapReduce システムの実装の中で最も普及している Hadoop の TSUBAME への適用を検討した。Hadoop での MapReduce 処理は、Hadoop Distributed File System (HDFS) と呼ばれる共有ファイルシステムの上で Hadoop MapReduce と呼ばれる MapReduce 処理システムが動作することで行われる。HDFS は、各計算ノードのローカルストレージを束ねて一つの共有分散ファイルシステムを構成し、ストレージのシングルシステムイメージを提供する。Hadoop MapReduce は、典型的なマスタ・ワーカの構成をしており、JobTracker と呼ばれるマスタが MapReduce ジョブの受付やスケジューリングを担い、TaskTracker と呼ばれる複数のワーカが実際の Map・Reduce タスクを実行する。一方、TSUBAME は、計算ノードあたりのローカルディスクの容量が非常に少ないため使用することが現実的ではなく、その代わりに、高速な共有分散ファイルシステムである Lustre が存在し、かつ、TSUBAME 上でのジョブスケジューリングを司るスケジューラ n1ge が存在するなど、Hadoop が前提としている状況とはいくつか異なる。また、既存のシステムの構成や運用方針の大きな変更は望ましくないという要請もある。このため、Hadoop をそのまま TSUBAME へ適用することは難しい。さらに、性能面の特性も明らかではない。

そこで、これらの問題を避け、TSUBAME 上で Hadoop を実行するためのツール「Tsudoop」を開発した。Tsudoop は、既存システムの構成や運用方針の変更をすることなく TSUBAME

上のジョブスケジューラである n1ge や Lustre ファイルシステムなどと協調して動作して Hadoop 実行環境を構築し、ユーザの MapReduce アプリケーションを実行する。予備実験として、このツールを用いて、生物医学系の学术论文を対象にした書籍情報データベースである MEDLINE に対してテキストの全文検索を行うアプリケーションを実行した。その結果、1 ノード(16 コア)での実行と 32 ノード(512 コア)での実行とを比較して 14 倍の性能向上を示し、TSUBAME のような高速な共有ファイルシステムやジョブスケジューラが存在するような計算環境でも、MapReduce アプリケーションの実行が可能であることを確認した。



3. 実行基盤の自律構成

3.1. 計算環境の大規模化に対応する高速チェックポイント手法

本研究項目では、計算環境の大規模化に対応する高速チェックポイント手法の研究開発を行った。チェックポイント/リスタート手法は多くの大規模 HPC システムで利用されている耐故障機能であるが、近年の大規模システムを考慮するとシステム全体のメモリ増大率に対し、ストレージ I/O の増大率は非常に小さく、チェックポイント時間の増大が予想される。チェックポイント時間がシステムの平均故障間隔よりも大きくなるとチェックポイント/リスタート手法は機能しなくなってしまう。このため、Erasure Coding 及び Incremental Checkpoint を利用した高速なチェックポイント手法を提案した。

提案手法は、チェックポイントをローカルディスクに保存することにより、ノード数の増加(≒システムメモリサイズの増加)に対してスケーラブルなディスク I/O を提供する。ローカルディスクの利用は故障時のチェックポイントの喪失を引き起こすが、これは RAID5 技術等に用いられている誤り訂正符号を用いた Erasure Coding により復旧される。

Erasure Coding をチェックポイントに適用する際の難点として誤り訂正符号の算出(エンコード)時に全てのチェックポイントを送りあう必要があるが、チェックポイント差分を用いる Incremental Checkpoint と Pipeline 転送を併用することにより、転送サイズを削減しつつ輻輳を回避した。図 1 に

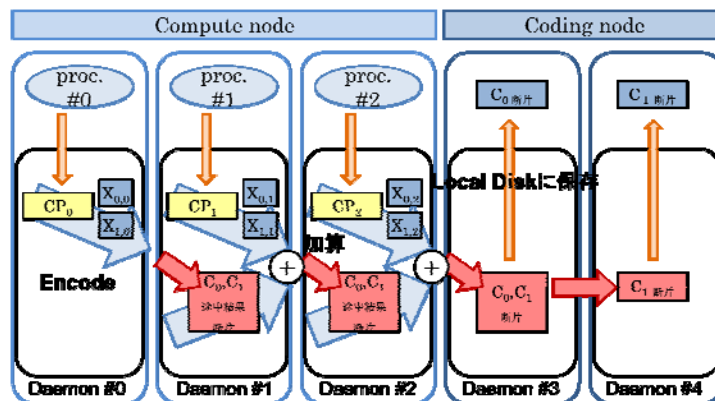


図 1 提案手法・並列エンコードデーモンの実装

実装を示す。CP はチェックポイント、X はエンコードマトリックス、C は誤り訂正符号を示す。本手法は、ノード毎のチェックポイントを細かく分割し、エンコードを行いながら隣接ノードに計算結果を送信する。これによりデータ転送とエンコード処理を重ね合わせることができるうえ、転送量も最小限に抑えることができる。図 2 は Incremental Checkpoint への適正に応じたチェックポイント総時間の比較で、Erasure Coding のみを利用した手法(CP)に対し、提案手法(ICP) は適正の低い NPB LU においても 28.4% のチェックポイント時間削減を達成した。

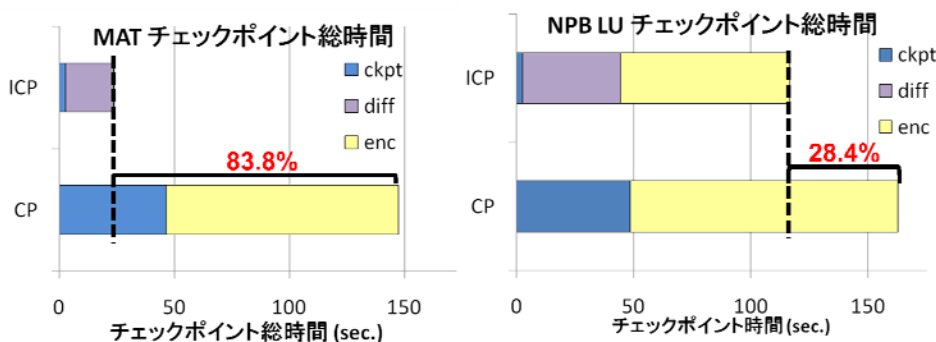


図 2 2 種のアプリにおける従来手法(CP)と提案手法(ICP)のチェックポイント時間の比較

4. 次世代ネットワークと実行基盤との融合

4.1. スケーラブルで自律的に実行可能なクラウドでのマルチキャスト手法

本研究項目では、大規模クラスタ並列計算実行基盤上での通信最適化に関する研究を行い、特に本年度は、クラウドにおける特性を考慮したマルチキャスト手法の最適化に関する研究を行った。

処理データの増加と計算の増加に伴い、大規模データを保存・計算する実行環境としてクラウドが注目されている。クラウドにおいて大規模データを用いた並列アプリケーション

ンを実行する場合、処理データを各ノードに効率よく配布する必要がある。従来の一般的な並列計算実行環境におけるマルチキャスト最適化手法では、動的にネットワーク性能が変化するクラウドにおいては十分な性能を常に発揮し続けることは難しい。

そこで我々は、トポロジやバンド幅マップなどのモニタリング情報を用いずに、各ノードが自律的にマルチキャストスループットを最適化可能なアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムでは、(i)クラウドストレージから各ノードへのデータ転送部分と、(ii)各ノードから各ノードへのデータ転送部分のそれぞれに対して動的に最適化を行う。(i)においては、クラウドストレージからのダウンロードスループットが各ノードで変動するため、それぞれのノードが自律的に協調してダウンロードワークスティーリングを行い、ボトルネックリンクでの性能低下を補う。また、(ii)においては、各ノードが P2P で主に用いられている BitTorrent プロトコルに似た手法を用いて、動的にノード間のボトルネックリンクを迂回して転送を行う。以上の手法により、各ノードのマルチキャストスループットを動的ロードバランスして最適化をすることが可能となる。

このアルゴリズムを用いて、Amazon EC2/S3 クラウドにおいてマルチキャストの実効性能を評価した。その結果、単純な手法に比べてノード数とデータサイズの増加に対してスケールアップでかつ高い性能が得られることを確認した(図1)。また、提案手法は、常に全ノードが安定してマルチキャストを行えることも確認した(図2)。この結果を踏まえ、次年度では、より大規模で分散した場合に発生する問題に対して、様々な手法を適応的に選択し、より効率的なマルチキャスト手法について検討していく予定である。

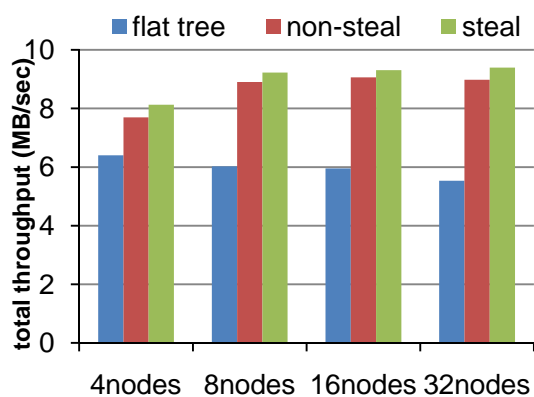


図1. マルチキャストスループットの比較

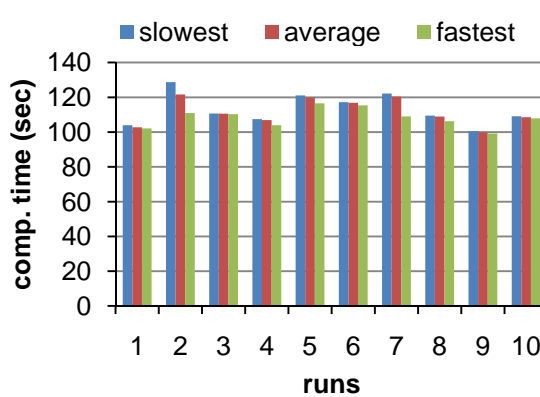
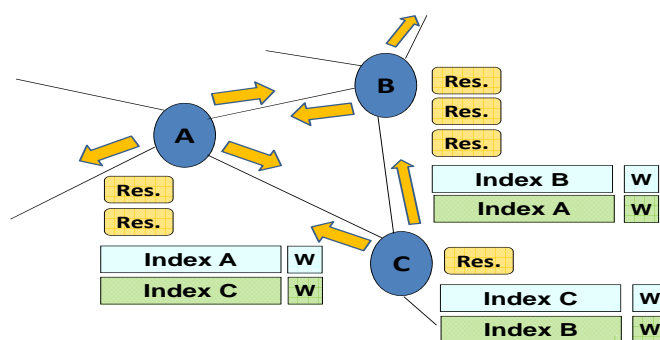


図2. 提案手法の施行ごとの安定性

4.2. Adaptive Resource Indexing Technique for Unstructured Peer-to-Peer Networks

大規模な非構造 P2P ネットワークでの特定の資源の検索は、非集中管理で行われる他、ネットワークの動的な変化や様々なユーザのアクティビティなどの要因により、困難であ

る。この問題を解決するために、本研究項目では、メッセージと各クエリが要する時間を減らすことで、検索の効率と質を向上させるような、適応的な資源インデキシング手法に関する研究を行っている。この手法は、2つの部分から構成される。1つは、各ピアが最小の記憶スペースで成功するクエリを増加させるような選択的なインデックス選択手法で、もう1つは、検索の性能より、自動的にインデックスの分散の割合を調整するようなインデックスの分散手法である。インデックス選択では、どのくらいの数のユニークな資源をインデックスが指しているかを推定するようなインデックスの重みを計算する。この際、ネットワークやユーザの振る舞いの変化を考慮してインデックスの重みを調整する。各ピアは最も重いインデックスを選択して保持する。このことにより、ピアで行われるクエリが解決されやすくなる。この手法を high-churn, scale-free などのネットワークで評価した結果、提案手法が少ないオーバーヘッドで hop 数とクエリを解決するのに必要なメッセージと hop 数を減らせることを確認した。

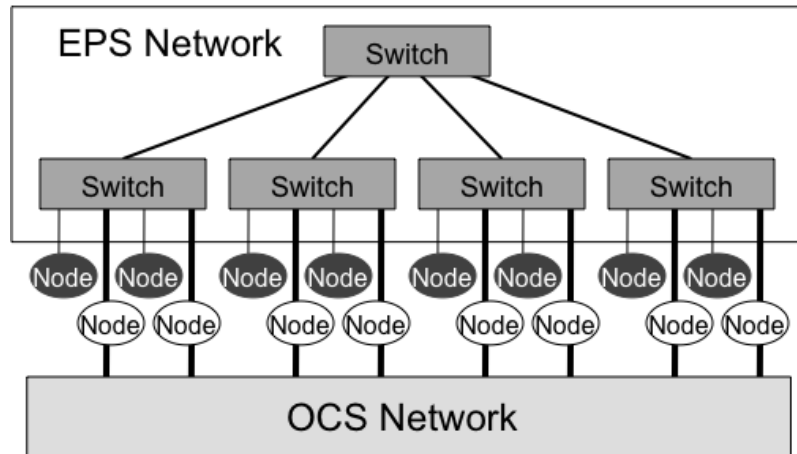


4.3. 光サーキットネットワークの補助的利用による HPC アプリケーション性能向上

HPC システムの規模が大きくなるにつれ、計算ノード間を接続するネットワークの設計が困難となる。性能を重視してフルバイセクションバンド幅の電気パケット (以下 EPS) ネットワークを採用しようとする、ノードが多数になるにつれ構築コストや消費電力が膨大となり、現実的でない。また、HPC システムで実行されるアプリケーションはフルバイセクションでなくとも、著しい性能低下は生じないとの報告もされている。そのため、現実にはバイセクションバンド幅の低いネットワークが用いられることが多いが、トポロジーの制約に縛られるため、十分ではない。

我々は、低バイセクションバンド幅 EPS ネットワークに接続されたノードの一部を光サーキット (以下 OCS) ネットワークに接続するネットワーク環境を提案する。OCS ネットワークは回線交換型のため、コネクション確立のコストは大きい、一度確立すれば低遅延、高バンド幅通信が行える。さらに、この環境での並列アプリケーション用の通信手法として、アプリケーションの通信パターンを基に光回線をノード間に割当て、光回線に接続されたノードが同一 EPS スイッチ下のノードからのメッセージを他 EPS スイッチ下ノ

ードへ中継転送する方法を提案する。EPS スイッチをまたぐ長距離通信に対して光回線を用いることで、ストレージや他のアプリケーションの通信にも利用され、混雑による遅延が起こりうる EPS ネットワーク上流の使用を避け、通信性能の向上を図る。一方で中継を行うノードで混雑が生じうるが、リンクバンド幅を増強することで軽減する。



256 プロセスを使用するベンチマークアプリケーションを 64 ノード構成の環境上でシミュレーション実行した。その結果、全ノードの半数に当たる 32 ノードだけを OCS ネットワークに接続することで、フルバイセクションバンド幅 EPS ネットワークと同等の性能を示した。また、高いバイセクションバンド幅を要求するアプリケーションに対して有効であると確認できた。

5. 性能モデリングとシミュレーション

4.1. 大規模計算機システムの資源選択を支援するエキスパートシステム

本研究項目では、大規模計算機システムの資源選択を支援するエキスパートシステムを構築するための実行手法のモデリングを行った。近年、情報爆発化社会において TSUBAME(東京工業大学)などをはじめとした大規模計算機システムの利用がますます増えている。これらのシステムでは、アプリケーション実行時に資源選択に関する複雑なオプション設定を行う必要がある。しかし、ユーザは必ずしも専門家ではないため、適切なオプション設定による資源の有効利用が困難である。この場合、予期せぬジョブの異常終了、無駄な課金や待ち時間の増大などが起こり、満身にシステムを利用することができない。この問題を解決するために、実際の大規模計算機システムの実行ログを多変量解析することでエキスパートユーザのジョブ実行をパターン分けし、どのパターンに近いかを入力として適切なオプション設定を出力するような資源選択予測モデルを構築する。これにより、より簡単に資源選択を行うためのエキスパートシステムを構築する。

資源選択予測モデルでは、図 1 のようにエキスパートユーザによる実行ログを、パラメタ設

定と実行結果の2つに分け、それぞれ因子分析・クラスタ分析によりタイプ分けし、モデルに入力される利用パターンとのマッチングを行う。因子分析では多数のパラメタ項目設定からアプリケーションのタイプを抽出し、クラスタ分析ではさらにアプリケーションにおけるCPUやメモリ使用量等の項目から実行タイプの抽出を行う。

図2はモデルの検証のためにTSUBAMEユーザを対象に資源選択に関する13項目について希望調査を行い、モデルを用いて予測した回答と比較したものである。対象25ユーザに行った結果のうち、最良・最悪のものを示している。最悪の場合でもほぼ正しく資源選択予測が行えることが確認できる。このモデルにより、これまで困難であったパラメタ設定が、エキスパートユーザの利用パターンのどれに近いかという単純な入力によって適切に行うことができるかと期待できる。今後は実際にエキスパートシステムとして運用し、ユーザからのフィードバックをもとに改良を進めていきたいと考えている。

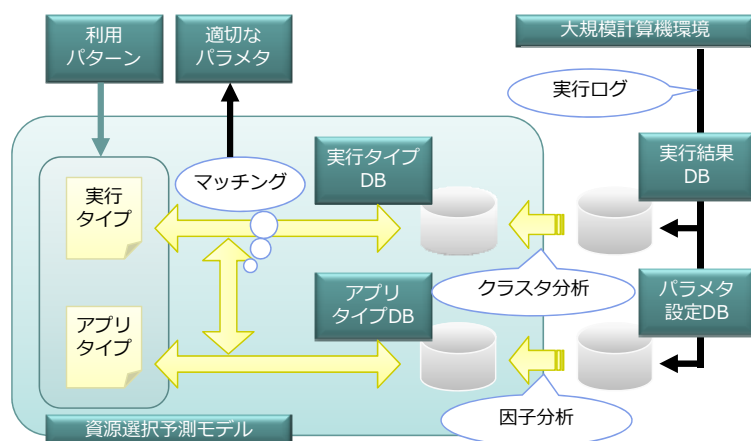


図1. 資源選択予測モデル

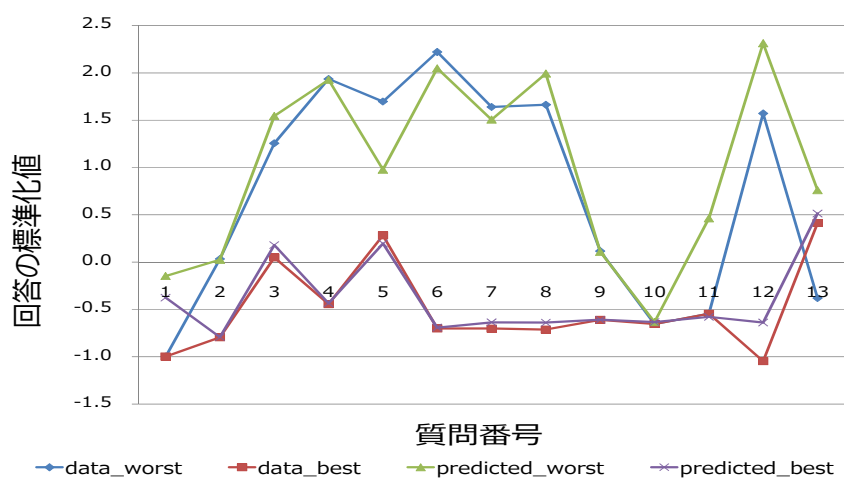


図2. 調査結果

研究成果リスト

著書、論文

1. Naoya Maruyama, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Performance Evaluation of Software Framework for Memory Fault Tolerance in GPU Accelerators”, SIAM Conference on Parallel Processing and Scientific Computing (PP10), MS36: Trends and Experiences in Heterogeneous Many-core Computing, Feb 2010.
2. 千葉 立寛, Thilo Kielmann, Mathijs den Burger, 松岡 聡, “クラウド環境における大規模データブロードキャストの動的最適化”, ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS2010), 2010年1月
3. 丸山直也, 額田 彰, 松岡 聡, “GPU 向け耐メモリエラーソフトウェアフレームワーク”, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-123, 6pages, 2009年11月
4. Ali Cevahir, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “CG on GPU-enhanced Clusters”, 情報処理学会研究報告, 2009-HPC-123, 8pages, 2009年11月
5. 佐藤仁, 小西史一, 山本泰智, 高木利久, 松岡聡, “スーパーコンピュータ TSUBAME 上での MapReduce の実現”, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-123, 7pages, 2009年11月
6. Akira Nukada Satoshi Matsuoka, “Auto-Tuning 3-D FFT Library for CUDA GPUs”, Proceedings of the 2009 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC09), Nov 2009
7. 實本英之, 中村俊介, 遠藤敏夫, 松岡聡, “増分データと Erasure Coding を利用した高速なチェックポイント手法”, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-122, 6pages, 2009年10月
8. 額田 彰, 松岡 聡, “CUDA GPU 向けの自動最適化 FFT ライブラリ”, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム(ACS) Vol. 2 No. 3, 2009年9月
9. 滝澤真一郎, 遠藤敏夫, 松岡聡, “次世代光インターコネクトでの MPI 通信に関する研究”, コンピュータソフトウェア Vol.26 3, pp 5—19, 2009年8月
10. 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡, 丸山 直也, “異種アクセラレータを持つヘテロ型スーパーコンピュータ上の Linpack の性能向上手法”, 情報処理学会研究報告 Vol. 2009-HPC-121, No. 24, 8pages, 2009年8月
11. 國府理央, 佐藤仁, 松岡聡, “大規模計算環境におけるユーザ満足度を考慮した資源管理へむけて”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 109 No.168 (CPSY2009-13), 2009年7月
12. 島田大地, 丸山直也, 額田彰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU における耐故障性を考慮

- した数値計算の電力性能”, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-121 No. 26, 5pages, 2009年7月
13. 長坂仁, 丸山直也, 額田 彰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU における性能と消費電力の相関性の解析”, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-121 No.26, 6pages, 2009年7月
 14. Satoshi Matsuoka Takayuki Aoki Toshio Endo Akira Nukada Toshihiro Kato, Atsushi Hasegawa, “GPU accelerated computing—from hype to mainstream, the rebirth of vector computing”, Journal of Physics: Conference Series Vol.180. No.1, pp. 012043 , Jul 2009
 15. Naoya Maruyama Akira Nukada Satoshi Matsuoka, “Software-Based ECC for GPUs”, 2009 Symposium on Application Accelerators in High Performance Computing (SAAHPC'09), Jul 2009
 16. 滝澤真一郎, 遠藤敏夫, 松岡聡, “光サーキットネットワークの補助的利用による HPC アプリケーション性能向上”, 情報処理学会 コンピューティングシステム (ACS) , Vol.2 No. 2 pp110 – 121, 2009年7月
 17. 加藤季広, 青木尊之, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡, 長谷川篤史, “姫野ベンチマークの GPU マルチノード実行における通信と演算のオーバーラップによる高速化 ～ 32GPU で 700GFLOPS 超を達成 ～”, 情報処理学会研究報告 Vol. 2009-HPC-120, No. 3, 6pages, 2009年6月
 18. Kento Sato, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, “A Model-Based Algorithm for Optimizing I/O Intensive Applications in Clouds using VM-Based Migration”, Proceedings of Cloud2009 in the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, pp. 466-471 , May 2009
 19. Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, Toshio Endo, “File Clustering Based Replication Algorithm in a Grid Environment”, Proceedings of the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, pp. 204-211 , May 2009
 20. Sumeth Lerthirunwong, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “Adaptive Resource Indexing Technique for Unstructured Peer-to-Peer Networks”, Proceedings of the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, pp. 172--179 , May 2009
 21. Tomoaki Hamano, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, “Power-Aware Dynamic Task Scheduling for Heterogeneous Accelerated Clusters”, Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Parallel&Distributed Processing, pp. 1 – 8, May 2009

22. Ali Cevahir, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Fast Conjugate Gradients with Multiple GPUs”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5544, pp. 893-903 , May 2009
23. 額田彰, 松岡聡, “CUDA GPU 向けの自動最適化 FFT ライブラリ”, 先進的基盤システムシンポジウム SACSIS 2009 論文集, pp 345 – 352, 2009 年 5 月
24. 島田大地, 丸山直也, 額田 彰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU における耐故障性を考慮した数値計算の電力性能”, 先進的計算シンポジウム (SACSIS2009), Vol.2009, No.5, pp.161-163, 2009 年 5 月 (ポスター発表)
25. 長坂仁, 丸山直也, 額田 彰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU における性能と消費電力の相関性の解析”, 先進的計算シンポジウム (SACSIS2009), Vol. 2009, No.5, pp.151-152, 2009 年 5 月(ポスター発表)

招待講演等

1. Satoshi Matsuoka. “GPU Acceleration: a Fad or the Yellow Brick Road onto Exascale?”, 2010 SIAM Conference on Parallel Processing and Scientific Computing, Invited Talk, Seattle, WA, Feb. 24-26, 2010.
2. Satoshi Matsuoka. “Accelerated Computing in TSUBAME 1.2/2.0”, Invited Talk, Accelerated Computing Symposium, Tokyo, Japan, Jan. 28, 2010.
3. Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale with GPUs and Windows HPC. Invited Presentation, ACM/IEEE Supercomputing (SC09) Microsoft Booth, Portland, OR, Nov. 17, 2009.
4. Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale with GPUs on TSUBAME1.2 onto TSUBAME2.0, Invited Presentation, ACM/IEEE Supercomputing (SC09) NVidia Booth, Portland, OR, Nov. 17, 2009.
5. Satoshi Matsuoka. The Future of Computing and Japan, Invited Panelist, 21st Century Computing Conference, Hiyoshi, Japan, Nov. 4, 2009
6. 松岡聡. TSUBAME2.0におけるGPGPUによるスケーラブルなペタフロップス・ベクトル・スーパーコンピューティング,GP スクール「計算科学における GPGPU を中心とした演算加速機構の利用」基調講演、金沢大学、2009 年 9 月 29 日
7. Satoshi Matsuoka. Clusters, Clouds, and Commerce, Invited Panelist, IEEE Cluster Computing Conference 2009, New Orleans, USA, Sep.3, 2009.
8. Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale: GPUs as Multithreaded Massively-Parallel Vector Processors - the Only Road to Exascale. Keynote Talk,

- IEEE Cluster Computing Conference 2009, New Orleans, USA, Sep.3, 2009.
9. Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and the Road to TSUBAME 2.0 - Accelerated Multi-Petascale Commodity Computing for Everyone,
 10. Satoshi Matsuoka. GPU Accelerated Computing---From Hype to Mainstream, the Rebirth of Vector Computing, Invited Seminar Talk, University of Utah, July 31st, 2009.
 11. Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and the Road to TSUBAME 2.0 - Accelerated Multi-Petascale Commodity Computing for Everyone. Invited Seminar Talk, Vrije University, Amsterdam, the Netherlands, June 26th, 2009.
 12. Toshio Endo. Supercomputing on The TSUBAME GPU-Accelerated Cluster, CSIRO GPU Cluster Workshop, Melbourne, June 2009.
 13. Satoshi Matsuoka. GPU Accelerated Computing---From Hype to Mainstream, the Rebirth of Vector Computing, Invited Talk, Scientific Discovery through Advanced Computing Program (SciDAC), San Diego, CA, June 15th, 2009.
 14. 松岡聡. TSUBAME2.0 における高バンド幅なペタフロップス・コンピューティングの可能性、招待講演、Sun HPC セミナー、東京、2009 年 6 月 11 日
 15. Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and the Road to TSUBAME 2.0 - Accelerated Multi-Petascale Commodity Computing for Everyone. Keynote Talk, Asia South HPC Conference, Singapore, Apr. 28th, 2009.

受賞

額田 彰、「CUDA 環境における高性能 3 次元 FFT」、山下記念研究賞 情報処理学会、2009 年 8 月 21 日