

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
研究期間：2008～2009
課題番号：20800039
研究課題名（和文）光ネットワーク特性を考慮した高性能光グリッド環境の構築に関する研究
研究課題名（英文）Development of high performance optical grid environments using characteristics of optical networks
研究代表者
平田 孝志（HIRATA KOUJI）
愛媛大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号：10510472

研究成果の概要（和文）：本研究は、光ネットワーク特性を考慮した高性能光グリッドの環境の構築を目的としている。光ネットワークでは一般に、データ伝送時において、伝送に使用する波長の競合が頻繁に発生するため、波長競合の回避は重要な課題の一つであり、光グリッドにおいても例外ではない。本研究では、波長競合を効果的に回避し高性能な光グリッド環境を構築するための主要な課題を提起し、それらを解決するための複数の手法を提案した。また、シミュレーション実験を用いて、これらの手法が効果的に波長競合を抑制し、光グリッドの計算処理性能を高めることを示した。

研究成果の概要（英文）：This research aims to develop high performance optical grid environments using characteristics of optical networks. In optical networks, wavelength contention often occurs. The wavelength contention is one of the most serious issues to be resolved in not only optical networks but also optical grids. In this research, we propose some schemes to efficiently avoid wavelength contention. Through simulation experiments, we show that our proposed schemes enhance performance of optical grids by avoiding wavelength contention.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,240,000	372,000	1,612,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,240,000	672,000	2,912,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：情報通信工学，光ネットワーク，グリッド，符号理論

1. 研究開始当初の背景

グリッドコンピューティングは、ネットワークに接続された計算機やストレージ等を統合（仮想化）し、あたかもひとつの大規模

仮想計算機として利用するための基盤技術である。遺伝子解析等のグリッドコンピューティングを用いるアプリケーションでは、一般に大規模計算を行うため、ネットワーク内

で大容量データの伝送が頻繁に発生する。そこで、データ伝送手段として高速大容量な光ネットワーク技術である波長ルーチングを用いた光グリッドが提唱されている。

グリッドコンピューティングは、現在多くの研究機関で盛んに研究されており、様々なアプリケーションが実用化されるなど、非常に期待されている技術である。また、光グリッドの導入により、計算機間でのデータの受け渡しが高速になることで、さらなるグリッドコンピューティングの高性能化が期待されている。しかし、これまでの光グリッドを含むグリッドコンピューティングに関する主な研究は、各計算機における処理の効率化等の研究であり、ネットワークを通過することによるパケットロスや伝送遅延等が計算処理に与える影響がほとんど考慮されていない。伝送手段として波長ルーチングを用いる光グリッドでは、波長の競合という問題のため、通常の電気ルータを用いたグリッドコンピューティングよりもネットワークによる影響が顕著となる。よって、ネットワークによる影響を考慮した研究が、光グリッドを構築する上で必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究は、光ネットワーク特性を考慮した高性能光グリッド環境の構築を目的とする。本研究で想定する光グリッドでは、計算処理を行う計算サーバと解析データ等のデータをファイルとして保持するストレージがネットワークに接続されている。計算サーバは、ユーザの計算処理リクエストに応じて、必要なファイルをストレージからダウンロードすることで計算処理を行う。このとき、伝送手段として波長ルーチングを用いるが、波長ルーチングは波長単位でデータを伝送するため、同時に同一リンク上で同一波長を使用してデータを伝送しようとした場合、波長競合が発生する。波長競合が発生すると、計算処理に必要なファイルの伝送がブロックされ、計算処理が実行できないため、光グリッドの計算処理性能の低下につながる。光ネットワークでは一般に、波長競合が頻繁に発生するため、波長競合の解決は重要な課題の一つであり、光グリッドにおいても例外ではない。本研究では、ネットワーク内での波長競合が光グリッドの計算処理性能に与える影響について検討を行い、高性能な光グリッド環境を構築するための主要な課題を提起し、それらの解決手法を提案する。

3. 研究の方法

光グリッドでは、効率的に計算処理を行うため、ネットワーク内の複数のストレージに

同一ファイルの複製を配置する。計算サーバは必要に応じて、ストレージから複製ファイルを並列ダウンロードで取得することで、単一のダウンロードに比べファイル転送時間の削減を行う。ここで、波長競合を回避し効果的なダウンロードを行うためには、どのようにストレージに複製ファイルを配置し、どのような基準で計算サーバが複製ファイルを取得するのかを考慮する必要がある。本研究では、これらを考慮した(1)複製ファイル配置法、(2)複製ファイル選択法、(3)波長選択法の3つの課題について段階的に検討する。

まず課題(1)複製ファイル配置法により、多くのストレージへの複製ファイル配置を可能とすることで、複製ファイル選択の自由度が増すことを示す。課題(2)は複製ファイル選択法であり、課題(1)により複製ファイル選択の自由度が増加することで、より柔軟に手法の適用が行えると考えられる。また、課題(3)により、選択された複製ファイルをどの波長を使用して転送するかを決定する。

4. 研究成果

以下、それぞれの課題に対する研究成果を述べる。

(1) 複製ファイル配置法

効果的な並列ダウンロードを行うためには、複製ファイルを多くのストレージに保存する必要がある。つまり、ネットワーク内に多くの複製ファイルを配置することによって、複製ファイル選択の自由度が増し(例えば、より近くのストレージからダウンロードし易くなる)、波長競合の抑制が期待できる。しかし、光グリッドにおいて共有されるデータのサイズは巨大であり、一方、ストレージの容量は有限である。そのため、多くの複製ファイルをネットワーク内に配置することは難しい。

本研究では、この問題を解決するために、ネットワークコーディングを用いた複製配置法を提案した。提案手法では、ネットワークコーディング技術により、複製ファイルを符号化し、符号化した複製ファイル(以降符号化ファイルと呼ぶ)のみをストレージに保存する。符号化ファイルは、分割した複製ファイル同士を符号化して形成されるため、通常の複製ファイルに比べ、そのサイズが $1/N$ となり(N は符号化に関するパラメータ)、ストレージ使用量を削減できる。結果として多くの符号化ファイルをネットワーク内に配置することができる。

本研究では、シミュレーション実験によって提案手法の性能評価を行った。図1に、ネットワークの負荷に対する、ダウンロードの棄却率を示す。図において、「whole」とは各ストレージが複製ファイル全体を保持する

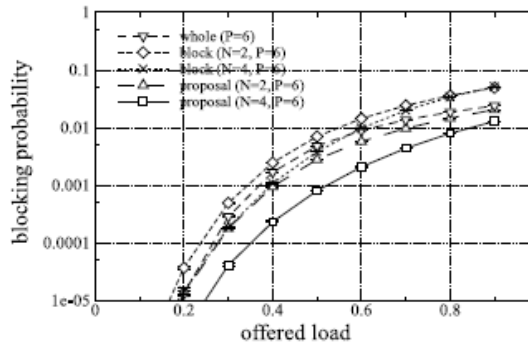


図 1: 棄却率

手法, 「block」とは, 符号化せずに複製ファイルを分割して持つ手法を示している. また, P はダウンロードに使用するストレージ数の最大値を表す. 図より, 提案手法を用いることで効果的にダウンロード棄却率を抑制できていることが分かる. また図 2 は, ネットワーク負荷に対する平均ダウンロード時間を示している. 図より, 提案手法は平均ダウンロード時間に関しても最も良い性能を示すことが分かる.

この研究成果は国内外の学会において発表され, また海外の論文誌に採択されており, 有用な成果であるといえる. 今後の展開として, 既存のファイル複製手法との組み合わせによるより効果的な提案手法の利用方法を模索する.

(2) 複製ファイル選択法

効果的な複製ファイルダウンロードを行うためには, 戦略的な複製ファイル選択が必要不可欠である. これまで光ネットワーク技術を用いないグリッドでは, 複製選択の指標として, RTT やストレージへの負荷, トラヒック状況等を使用していた. しかし, 光ネットワークは通常の電気的なネットワークとはその性質が異なる. つまり, 効率的なダウンロードを行うためには, 波長資源の利用状況を考慮する必要がある.

本研究では, 光ネットワークにおける波長予約手法の一つであるバックワード型波長予約を用いて, 複製ファイルを保持するストレージまでの経路上の波長利用状況を収集し, その情報を元にダウンロードに使用する複製ファイルを選択する手法を提案した. 提案手法は予めネットワーク内の情報を知る必要が無く, 波長資源を考慮して効果的に複製を選択できる.

本研究ではシミュレーション実験を用いて提案手法の性能を評価した. 図 3 は, ネットワーク負荷に対するダウンロードの棄却率である. 図において, 「hop-A」及び「hop-B」は, 両者とも波長資源を考慮せずにストレージまでのホップ数のみを考慮した手法であ

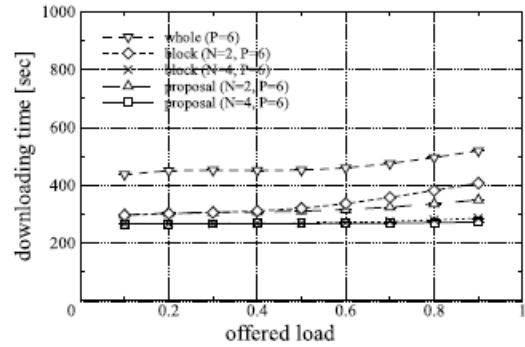


図 2: 平均ダウンロード時間

る. 「RSWA」は提案手法を示す. 図より提案手法を用いることで効果的に棄却率を削減できることが分かる. つまり, ネットワーク内の波長資源を考慮することで, 効果的に棄却率を減少できるといえる.

この研究成果は, 国内の学会において発表済みであり, また現在, 海外の論文誌に投稿中である. 今後の課題として, より効果的な複製選択の指標はないかを検討する予定である.

(3) 波長選択法

光グリッド内において伝送されるトラヒックには, リアルタイムの協調的可視化セッション等のストリーミングトラヒックと, 計算処理に使用されるデータファイルの転送等のリアルタイム処理が必要でない弾力的なトラヒックが存在する. 前者は遅延に非常に敏感であり, さらに, 従来ベストエフォートサービスにおけるリアルタイムトラヒックとは異なり, 科学データの対話式操作等が行われる可能性があるため, データロスにも敏感である. 一方, 弾力的なトラヒックは, 比較的遅延には寛容であり, ある決まった時間内に誤りなく伝送され, 計算サーバにおいてプログラムが実行されれば良い. 一般に, それぞれのトラヒックに対応した波長予約が必要となり, 前者に対しては要求が発生してからある一定の期間, 一定の帯域を保証するような即時予約 (Immediate Reservation: IR) が用いられる. また, 後者には, 将来のあるスケジュールされた期間において, 伝送に必要な波長を予約する事前予約 (Advanced Reservation: AR) が用いられる. これら AR と IR を光グリッドネットワーク上で併用した場合, 一般に, AR に比べ IR の棄却率が非常に高くなる. これは, AR が時間的に先に, 波長予約するのに比べ, IR は要求の発生時刻からの即時的な予約を行うためである.

この問題を解決するため, 本稿では, IR の棄却率を大幅に低下させ, これらの予約手法の公平性を向上させるための波長予約スケジューリング手法を提案した. 提案手法では,

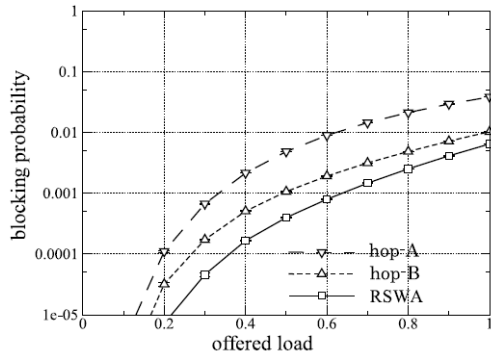


図 3: 棄却率

AR を波長の使用割合及び IR の棄却状況に応じて抑制する。提案手法を用いることにより、IR の棄却率を大幅に低下させ、AR 及び IR の棄却率の公平性の向上が期待できる。

図 4 は AR と IR の棄却率の公平性を示している。公平性が 1 に近いほど公平であることを表す。「Scheme 1」及び「Scheme 2」は既存手法である。図より、既存手法に比べて大幅に公平性が改善されていることが分かる。

この研究成果は、国内の学会において発表されており、現在論文誌への投稿を検討中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- [1] K. Hirata, K. Kalegele, Y. Higami, and S. Kobayashi, "Dynamic parallel downloading with network coding in λ -grid networks," *Journal of Communications*, vo. 5, no. 5, pp. 425-435, 2010 (査読有) .

[学会発表] (計 5 件)

- [1] 船津 和也, 平田 孝志, 樋上 喜信, 小林 真也, "光グリッドネットワークにおけるトラフィック種別を考慮したスケジューリング手法," 電子情報通信学会 NS 研究会, 福岡県, 2010 年 1 月 29 日.
- [2] 平田 孝志, 樋上 喜信, 小林 真也, "光グリッドネットワークにおけるバックワード型波長予約を利用した複製ファイル選択手法," 電子情報通信学会 NS 研究会, 愛媛県, 2009 年 12 月 10 日.
- [3] K. Hirata, Y. Higami, and S. Kobayashi, "An effective dynamic parallel downloading scheme with network coding in λ -grid networks," in Proc. IEEE First Asian Himalayas

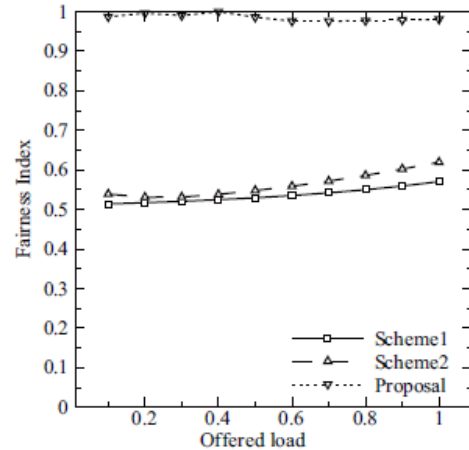


図 4: 棄却率の公平性

International Conference on Internet (AH-ICI2009), Kathmandu, Nepal, 4 Nov. 2009.

- [4] 平田 孝志, 樋上 喜信, 小林 真也, "ネットワークコーディングを用いた光グリッドネットワーク," 電子情報通信学会 NS 研究会, 沖縄県, 2009 年 3 月 3 日.
- [5] 平田 孝志, 樋上 喜信, 小林 真也, "光グリッドネットワークにおけるネットワークコーディングを用いた複製ファイル配置法," 電子情報通信学会 NS 研究会, 佐賀県, 2009 年 1 月 22 日.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 孝志 (HIRATA KOUJI)
愛媛大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号: 10510472

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし