

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 王 溪

本論文は「Routing and Wavelength Assignment for Burst-switched Photonic Networks (光バーストネットワークにおけるルーティングと波長割当に関する研究)」と題し、増え続ける通信トラフィックを滞りなく転送するために、光バーストネットワーク技術が今後重要になると予想し、光バーストネットワーク設計上の重要課題である、バースト衝突問題を解決するための、ルーティングと波長割当手法による衝突回避手法を提案し、論じている。本論文で示された手法は、光バッファ、波長変換器など高度な光デバイスを必要としない点と、ディフレクションルーティング及び自律分散型波長割当を用いて、ルーティングと波長割当双方による衝突回避を統合的に実現する点が、従来の衝突回避手法と大きく異なっている。本論文は全 6 章からなり、光バーストネットワークの構成、バースト衝突問題、衝突回避のためのルーティング及び波長割当手法などについて包括的に論じている。

第 1 章は序論であり、インターネットの普及と通信トラフィックの増加、光ファイバー通信技術の進歩、光ネットワークの必要性などについて簡単に触れ、本研究の背景と各章の目的について述べている。

第 2 章では、インターネットの発展形として提唱されている光インターネットの概念を紹介し、その構成技術の一つとして光バーストネットワークアーキテクチャを提示している。光バーストネットワークは光バーストスイッチング方式を採用している。中継ノードにおける光バッファを必ずしも必要とせず、バースト的なトラフィックに対応可能なことから光バーストスイッチングは有望な光スイッチング技術として注目されている。しかし一方、エンド・エンドで波長予約を行わない光バーストネットワークにおいてはバースト衝突によるバースト棄却が大きな課題であり、効果的な衝突回避手法が不可欠である。

第 3 章では、ディフレクションによる衝突回避手法の「光バーストディフレクションルーティングプロトコル」を提案している。この手法により、衝突する 2 つのバーストのうちの 1 つを、既定のリンクとは異なる空きリンクに出力する。空きリンクが複数あるときは、ランダムで出力リンクを決定する。ディフレクションルーティングはトラフィック負荷が小さい場合にはバースト廃棄率を低減できるが、高負荷時には性能が劣化する。これは、ディフレクションされるバーストが、空きリンクが見つかり次第即座にそのリンクから出力されてしまうためである。そのため、バーストの経由するホップ数が必要以上に多くなり、ネットワーク中のトラフィックを増大させる可能性がある。必要以上にホップ数が上昇するのを防ぐため、本手法では TTL (Time To Live) を使ってホップ数に制限をかける方式をとっている。さらに、不必要なディフレクション中継を抑制する送信ノードチェック機能とネットワークのオーバーロードを防ぐ送信ノード再送機構を導入し、高負荷時におけるディフレクションの性能向上を図る。

第4章では、分散波長割当による衝突回避手法の「波長優先度に基づいた波長割当 (PWA) アルゴリズム」を示している。この手法では、各ノードにそれぞれの宛先ノード毎の波長優先度データベースを持たせる。このデータベースは送信の際の波長選択における優先度を保持し、各波長の優先度情報は過去の送信履歴を反映する。各ノードがバーストを送信する際に、バーストの宛先に対応した波長優先度データベースを参照し、空き波長のうち最も優先度の高い波長を送信波長に選択する。そして、バースト転送が成功した場合には送信波長の優先度を増加させ、逆に送信に失敗した場合には送信波長の優先度を減少させる。このように波長毎の優先度情報には過去の送信履歴が反映され、各ノードは衝突確率の低い波長を自律分散的に「学習」してゆく。「学習」が進むにつれ、ネットワーク内での波長の棲み分けが進み、衝突を解消することが可能となる。

第5章では、ルーティングと波長割当ハイブリッド型衝突回避手法の「ディフレクション対応型 PWA」を示している。本手法では、送信ノードにおいてバースト送信に先立ち、PWA を用いて衝突発生確率の低い波長を割当てるとともに、バースト送信後、中継ノードにおいてディフレクション中継を行う。波長割当による一次的衝突回避策とディフレクションによる二次的衝突回避策で、更なるバースト衝突確率の低減を図っている。ただし、PWA はバーストが常に最短経路を経由していることを前提に設計されているのに対し、ディフレクションルーティングは衝突が発生するたびにバーストの経路を変更しているため、ディフレクションルーティングと PWA をそのまま組み合わせただけでは、ディフレクションが PWA の「学習」を阻害し、適切な波長割当ができなくなる。この問題を解決するため、バーストコントロール packets にディフレクションフラグを追加し、バーストのディフレクション状態とディフレクションの原因に関する情報を記述する。ディフレクションの際、ディフレクションフラグを更新し、PWA はディフレクションフラグ情報を考慮した波長優先度更新を行う。これにより、ディフレクションを適用しながら、PWA による適切な波長割当が可能となる。ディフレクション対応型 PWA を適用することで、ディフレクションルーティング及び PWA 単独のアプローチよりもさらに衝突確率を低減し、ネットワーク全体のパフォーマンスを改善する。

第6章は論文全体を総括しており、本論文の成果をまとめるとともに、光バーストネットワークの衝突回避の残された課題、および今後の研究の方向性について述べている。

以上、これを要するに、本論文は、光バーストネットワークにおいて、高度な光処理を必要とせずバースト衝突問題を解決する新しいルーティングならびに波長割当手法を提案し、シミュレーションなどを介して有効性を実証したものであり、電子情報工学上寄与するところ少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。