

論文内容の要旨

博士論文題目 Studies on Performance Analysis of Network Architectures for Wavelength Division Multiplexing
(波長分割多重方式におけるネットワークアーキテクチャの性能解析に関する研究)

氏 名 橋 拓至

(論文内容の要旨)

超高速伝送を実現する次世代インターネットの基盤網として、電氣的処理を回避できる波長ルーティングと光バースト交換を適用したWDM網の構築が必要不可欠である。本論文では、それらで用いられる新たな伝送技術及び性能解析手法を提案し、提案方式の有効性及び解析手法の妥当性を検証している。本論文は以下の6章から構成されている。

第1章では本研究の背景と目的および意義が述べられ、本論文の概要が記されている。

第2章ではOADMによって構成された波長ルーティング網において波長パスを動的に設定する手法について検討している。従来のOADMでは波長パスは半固定的に設定されており、そのためトラヒック変動の激しいインターネットに利用した場合には性能が低下するという問題が発生する。そこでトラヒック変動に応じた動的波長パス設定を実現するため、1本の波長中に複数のラベルスイッチパスを設定できる動的波長パス設定法を提案している。対称WDMリング網における本手法の性能評価として、低負荷および高負荷トラヒックの場合に着目した二つの待ち行列モデルを考え、性能評価量としてコネクション棄却率および波長利用率を導出している。性能解析およびシミュレーションの結果から、性能解析手法の有効性を検証し、効率的な波長パス保持期間を導出している。

第3章及び第4章では、波長ルーティング網においてコネクション棄却率に関する複数サービスクラスを提供しながら高い波長利用効率を達成する波長割当手法を提案している。第3章で提案しているQoS保証型波長割当方式では、各波長集合が真部分集合を構成するように波長割り当てを行っており、そのため高い波長利用効率の実現が期待できる。一方第4章では、特定クラスのみ利用可能な専用波長集合と全クラスが利用可能な共有波長集合に分割する共有波長割当方式を提案している。本提案手法は専用波長集合によって複数サービスクラスを提供し、共有波長集合によって高い波長利用効率を実現するものである。両手法は波長変換機能に制約のある波長ルーティング網においても利用可能であり、実用面での効果も期待できる。ここでは両手法に対して待ち行列による近似解析およびシミュレーションを行い、従来手法との比較から提案手法の有効性を検証している。

第5章では光バースト交換においてバースト生成方式とバースト伝送スケジューリングを組み合わせた手法を検討し、性能評価のための待ち行列モデル及び解析手法を提案している。光バースト交換ではバースト生成方式とバースト伝送スケジューリングが網性能に大きな影響を与えるため、これまでに多くの方式及び性能解析モデルが提案されている。しかしながら、上記2つの方式を組み合わせた手法の検討および性能解析手法の提案についてはこれまで行われていない。それに対して本論文では、スロット型伝送スケジューリングを用いたタイマ型バースト生成方式を検討し、性能評価のための解析モデル及び解析手法を提案している。ここではシミュレーション結果との比較から本性能解析の妥当性を示し、さらに本方式の効果について検討している。

最後に、第6章で以上の研究成果の結論を述べるとともに今後の研究課題についても述べている。

(論文審査結果の要旨)

本論文では波長ルーティングと光バースト交換を適用した WDM 網を次世代インターネットの基盤網として利用するため、動的な波長パス設定やユーザへの複数サービスクラスの提供などを実現する新しい伝送技術の提案及び性能解析手法の確立を行っている。本論文の主な研究成果は以下の三点に要約される。

- 1) 各ノードが OADM によって構成された波長ルーティング網において、波長パスの動的な設定を実現する動的波長パス設定手法を提案している。具体的にはバッファに設けられた閾値を使ってトラヒック量の増減を検知し、波長パスの動的な設定/解放を目指している。本手法の評価は待ち行列理論による近似解析及びシミュレーションによって定量的に行われ、得られた結果として、波長パス設定/解放処理時間が大きい場合には提案手法の性能が悪化するため、波長パス保持時間を大きな値に設定すべきであるということが示されている。本提案手法はトラヒック量に応じて波長パスを設定できるため、トラヒック変動の激しい次世代インターネットに対して効果的であると考えられる。また解析結果を使ってホールディング時間の効果的な設定値を導出できることから、本研究で行った性能解析は提案方式の設計にも有効であると考えられる。
- 2) 近年のマルチメディア通信の普及により、波長ルーティング網ではコネクション棄却率に関して複数サービスクラスを提供することが重要となってきている。本研究では波長変換機能に制約のある波長ルーティング網への適用を想定して、2つの異なる波長割り当て手法を提案している。両手法はともに、複数サービスクラスの提供に加えて波長資源の効率的な利用を目指している。各手法の評価は待ち行列理論による近似解析及びシミュレーションによって行われ、結果として各手法は複数サービスクラスを提供可能でかつ高い波長利用効率を実現できることが示されている。本研究で提案されている2つの手法は波長変換機能に制約がある場合にも適用できることから、技術的・コスト的な実用上の観点からも有効であると考えられる。
- 3) 複数の IP パケットから光バーストを生成しデータ伝送を行う光バースト交換において、バースト生成方式と伝送スケジューリングを組み合わせた手法を検討し、本手法の性能を評価するための解析モデルと性能解析手法を提案している。具体的には Geo, M/M/W/W 待ち行列によってバースト生成過程とバースト棄却過程のモデル化を行い、再生報酬定理と PASTA を使ってバースト棄却率などの性能評価指標を導出している。シミュレーション結果との比較から、提案する性能解析手法は波長多重数が多いメッシュ網において有効であることが判明した。バースト生成方式と伝送スケジューリングは光バースト交換の性能に大きな影響を与えることが知られているため、本解析は光バースト交換の設計手法として有効であると考えられる。また本研究成果は新たなバースト生成方式や伝送スケジューリングの定量的評価の比較対象として意義が認められる。

以上のように、本論文は WDM 網における波長ルーティングと光バースト交換に対して、次世代インターネットに適した伝送技術を提案し、待ち行列理論による解析によって提案手法の有効性を示したものであり、情報通信分野において学術および応用の点から寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。