

# 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	清水 翔
主 論 文 題 目： Efficient data transport technologies for next generation backbone network (次世代バックボーンネットワークにおける高効率データ転送技術)				
(内容の要旨) インターネットの発展に伴い、ユーザ数が増加し、コンテンツサイズの大容量化とともにインターネットトラフィックが急速に増加している。また、新たな他アプリケーションが開発され、QoS 要求の異なるトラフィックがインターネット上に混在している。この背景の中で、次世代バックボーンネットワークには、高速・大容量性、スケーラビリティ、トラフィックエンジニアリングへの対応、大容量データ配信のためのアプリケーションレベルの枠組みが求められている。そこで、本論文では、これら4つの要求を満たすため、次世代バックボーンネットワークにおける高効率なデータ通信を実現するための技術について論じる。 1章では、本論文の研究背景に付いて述べ、また、本論文の目的、並びに、位置づけを明らかにする。 2章では、次世代バックボーンネットワークを構成する上での基本技術の説明と、上記の要求を満たす上での課題と従来の諸研究について説明を行う。 3章では、高速・大容量なトランスポートを実現するためにWDM ネットワーク、特に、回線交換方式の波長ルーチングネットワークに注目し、変換範囲が制限された波長変換器が存在する波長ルーチングネットワークにおける波長割当方式を提案する。提案波長割当方式は、波長変換回数を削減することができ、その結果、性能を維持したまま波長変換器の個数を削減することができる。そのため、波長ルーチングネットワークの省コスト化、高効率化を達成できる。 4章では、近年、高速性と対費用効果の高さから注目されているイーサネットを用いた広域レイヤ2ネットワークに注目し、スケーラビリティの問題を解決する方式を提案した。具体的には、VLAN タグをスワップする広域レイヤ2ネットワークのアーキテクチャを提案する。提案方式では、VLAN タグがリンク毎に再利用できるため、最大収容可能パス数が増加し、スケーラビリティが向上する。 5章では、高度なトラフィックエンジニアリングを行う上で問題となる、経路計算の複雑化による計算量の増加に対処するため、動的リコンフィギュラブルプロセッサに適した並列最短経路探索アルゴリズムを提案する。提案方式では、最短経路探索を単純な行列演算に帰着させることにより高い並列性を確保でき、計算時間の減少が可能になる。 6章は、大容量データ配信のためのアプリケーションレベルの枠組みを実現するために、CDN における最適レプリカ配置について論じている。提案方式では、動的リコンフィギュラブルプロセッサを用いて並列、パイプライン処理でレプリカ配置パターンを高速に生成することにより最適なレプリカ配置を現実的な時間で求める事が出来る。 最後に、7章では、本論文の研究の結論を述べる。				

## 論文審査の結果の要旨

学士(工学)、修士(工学)清水翔君の学位請求論文は、「Efficient Data Transport Technologies for Next Generation Backbone Network」と題し、7章から構成される。

インターネットの発展に伴い、インターネットトラフィックが急激に増加しており、次世代バックボーンネットワークでは高速・大容量化が求められている。また、インターネット利用者数も増加し、同時にユーザ1人がインターネットに接続する端末数も増加していることから大量のユーザや端末を収容可能なスケーラビリティが求められている。加えて、VoIP、P2P、グリッドコンピューティングなどの新しいアプリケーションが出現し、QoS要求の異なる多様なアプリケーションがインターネット上で用いられ、トラフィックエンジニアリングへの対応も欠かせない。さらに、大容量化するデータを効率的に配信するためのアプリケーションレベルでの枠組みが求められている。本論文では、これら次世代バックボーンネットワークへの要求をみだすことを目的として、高効率データ転送技術についてトランスポート層からアプリケーション層までの研究を行い、計算機シミュレーション並びに実験により、その有効性を示している。

まず、第1章は、序論であり、本研究の目的、概要、位置づけを端的に説明している。

第2章では、研究対象となる次世代バックボーンネットワークを構成する基本技術の説明を行い、次世代バックボーンネットワークへの要求を満たすための課題と従来の諸研究に関して説明している。

第3章から第6章にかけて、具体的な研究内容に関して述べており、第3章では、ネットワークの高速・大容量化を実現するためWDMネットワークに注目し、波長変換器の変換範囲に制限がある場合の波長割当方式について論じている。提案方式では、コネクシオンのホップ数と使用波長による選択可能波長数の違いを考慮することで、ブロック率特性の悪化なく波長変換器の個数を20%以上削減可能であり、WDMネットワークのコストを削減可能であることを示している。

第4章では、近年、高速性と対費用効果の高さから注目されているイーサネットを用いた広域レイヤ2ネットワークでのスケーラビリティの問題に取り組み、VLAN tag swapping方式を提案している。提案方式は、各スイッチでVLANタグを付け替えることにより、リンク毎にVLANタグが再利用可能になるため最大収容可能パス数が増加する。提案方式の実装を行い、提案方式を用いることでスケーラビリティが向上可能であることを示した。

第5章では、高度なトラフィックエンジニアリングを行う上で問題となる、経路計算の複雑化による計算量の増加に対処するため、動的リコンフィギュラブルプロセッサに適した並列最短経路探索アルゴリズムを提案している。提案方式では、最短経路探索を単純な行列演算に帰着させることにより高い並列性を確保でき、従来方式と比較して約98%計算時間を削減することができることを示している。

第6章では、大容量データ配信のためのアプリケーションレベルの枠組みを実現するために、CDNにおける最適レプリカ配置について論じている。提案方式では、動的リコンフィギュラブルプロセッサを用いて並列、パイプライン処理でレプリカ配置パターンを高速に生成することにより最適なレプリカ配置を現実的な時間で求める事が出来る。提案アルゴリズムを実装し、実験により提案方式は従来方式と比較して約40倍高速であることを示した。

第7章は、結論であり、本研究で得られた結果を総括している。

以上要するに本論文は、高い独自性で、次世代バックボーンネットワークへの要求を満たすために、バックボーンネットワークにおける効率的データ転送技術を可能とした点で工学上寄与するところが少なくない。また、これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したと言える。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

以上

論文審査担当者：主査	慶應義塾大学教授	工学博士	山中 直明
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	笹瀬 巖
	慶應義塾大学教授	工学博士	天野 英晴
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	重野 寛
	ゲント大学教授	工学博士	Piet Demeester