

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 4055 号	氏 名	菊田 洸
主論文題目： インターネットにおける規模拡張性に優れた ネットワークトラヒック制御技術に関する研究			
<p>インターネットを始めとするコンピュータネットワーク技術は飛躍的に成長し、光アクセス網をはじめとするアクセスネットワーク技術の発達により、各ユーザーとネットワークは高速な通信回線で接続された。しかしコアネットワークにおけるトラヒック制御技術は不十分であり、ベストエフォートと呼ばれる通信方式のもと、トラヒックの輻輳による不規則な遅延、予測不可能なパケット損失などの通信効率の劣化が発生する。これらの通信品質を改善し、効率的な通信を実現するための技術として、トラヒックの経路を自由に制御するトラヒックエンジニアリングが求められている。しかしながら、インターネットのような大規模ネットワーク上でトラヒックエンジニアリングを行うには、ネットワークの規模やサービスに対する規模拡張性において課題を抱える。本論文ではこれらの課題に対して提案を行い、次世代ネットワーク技術へと貢献する。</p> <p>第1章ではインターネットにおける特徴や問題点、そしてトラヒックエンジニアリングの必要性について述べる。第2章ではこのトラヒックエンジニアリングの実現に関係する既存の通信技術と課題を明確化し、それらの課題に対する関連研究と、第3章から第6章までに展開される各研究との位置づけについて説明を行う。第3章ではIPネットワークにおける経路最適化の規模拡張性における課題として、リンク距離の最適化計算を扱う。この最適化計算はネットワークサイズと共に莫大な計算量を要することが知られている。提案方式では並列プロセッサによりその問題を解決すべく、データ依存性に起因する並列処理のボトルネックを解消し計算の高速化を実現する。第4章では、次世代のネットワーク制御技術であるGMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)の制御システムの規模拡張性における課題として、トラヒック制御の要素となる遅延や消費電力といったメトリック情報の多様化について扱う。様々なメトリックのサポートは頻繁なメトリック更新による多量の制御メッセージを発生させ、ネットワークリソースを逼迫する。そこで、提案方式ではメトリック情報を交換する代わりに、フラッディングに基づくシグナリングにより最短経路を選択しながらパスを確立する。これによりメトリックの更新頻度に対しメッセージ数の増加を防ぐことが可能となる事を示す。第5章では下位レイヤー技術に関連した識別子空間の規模拡張性における課題を扱う。LAN技術であるイーサネットを用いた広域ネットワークは現在注目を浴びているが、大規模ネットワークを実現するための複数ドメイン間での識別子の衝突が課題である。そこで提案方式ではGMPLSにより識別子を入れ換える方式を提案し、実際のプロトタイプネットワークを構築し動作を検証する。第6章ではこのイーサネットによる広域ネットワークにおいて、多点間を接続する通信の規模拡張性について扱う。提案方式では、GMPLSにおいて多点間を接続するパスを確立するための2つの制御モデルを想定し、プロトタイプネットワークを構築して動作を検証する。最後に、第7章にて本論文の結論を述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4055 号	氏 名	菊田 洸
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
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 津田 裕之
<p>学士(工学), 修士(工学) 菊田洸君の学位請求論文は, 「インターネットにおける規模拡張性に優れたネットワークトラフィック制御技術に関する研究」と題し, 全7章から構成される。</p> <p>インターネットの成熟と発展に伴い, トラフィックの輻輳によるパケットロスの発生のみではなく, 新しい数々のサービスの出現と異なる品質への要求, ネットワークの消費電力の拡大等が大きな問題となっており, 効率よくネットワークを使用するトラフィックの制御技術(トラフィックエンジニアリング)が極めて重要な技術課題となっている。これらの要求を満たすためには, 最適経路計算の導出に必要な複数で複雑な品質メトリックの高速計算, またそのメトリックのルータ間で相互にやりとりする情報交換トラフィックの削減の必要性, 大規模ネットワーク実現のために, 複数のドメインに分割し, ドメイン間に跨ったトラフィック制御を可能とする識別子の拡張, 及びマルチキャスト通信時での一斉配信トラフィックの削減等の課題解決が必要である。</p> <p>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。</p> <p>第2章では, ネットワークのトラフィック制御を実現する上での課題を明確化し, その課題に対する関連研究と, 本研究との位置づけについて説明している。</p> <p>第3章から第6章にかけて, 具体的な研究内容について述べており, 第3章では, OSPF(Open Shortest Path First)で最適経路計算に使用する。遅延や電力量と言った複数存在するメトリックの高速計算法について, マルチコア CPU に適したデータ配置を含む並列計算アルゴリズムを提案し, 提案アルゴリズムによりメトリック計算時間が大幅に短縮でき, サービスに対するスケーラビリティを確保できることを示している。</p> <p>第4章では, ルータ間で相互にやりとりするメトリック情報交換により発生するトラフィックのネットワークへの影響の極小化に向け, ルーチングプロトコルによるメトリックの交換, 更新の代わりに, 経路の導出とパス確立を同時に実現するシグナリング信号のフラッディングに基づいた経路確立手法 FB-RSVP-TE(Flooding Based - Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering)を提案し, 提案方式によりメトリック情報交換のトラフィック量の削減が図れ, ネットワークサイズの規模拡張が実現できることを示している。</p> <p>第5章では, 大規模ネットワークではドメインを複数に分け, ドメイン間に跨ったトラフィック制御を実現するための信号の識別子の適用範囲拡大が必要であり, ドメイン境界ノードで識別子のスワップをするシグナリング機能の拡張法について提案し, ドメイン間での識別子空間の独立化が実現できることを示している。</p> <p>第6章では, 経済的にも優れる広域イーサネットにおける効率的なマルチキャストサービスを実現するために, RSVP-TE プロトコルを拡張し, プロトタイプシステムを構築して実装評価し, ドメインを超えたマルチキャスト一斉配信の規模拡張が実現できることを示している。</p> <p>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。</p> <p>以上要するに本論文は, 将来のインターネットにおけるスケーラビリティに優れたトラフィック制御技術の確立のために, 最適経路高速計算法, 大規模パス確立を可能とした経路確立手法, ドメイン間に跨ったトラフィック制御技術, ドメインを超えたマルチキャスト一斉配信の規模拡張法について提示しており, 次世代のインターネットを実現する上で, 工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>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。</p>			