

氏 名	おい だ かず まさ 種 田 和 正
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 58 号
学位授与の日付	平 成 14 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学 位 論 文 題 目	Internet Traffic Control for Best-Effort and Guaranteed Services (ベストエフォートおよび保証サービスのためのインターネットトラフィック 制御)
論文調査委員	(主 査) 教 授 森 広 芳 照 教 授 高 橋 達 郎 教 授 高 橋 豊

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、インターネット上のトラフィック制御のための制御アルゴリズム及び制御対象であるトラフィックの特性に関する研究をまとめたものである。トラフィック制御における経路制御と輻輳制御に関して、最適化アルゴリズムの適用、経路制御アルゴリズム ANTNet の拡張、アドミッション制御の評価尺度、TCP トラフィックのトラフィック特性について論じており、7 章からなっている。

第 1 章は序論であり、従来のトラフィック制御技術を概観し、本研究の背景、目的について述べている。

第 2 章では、遅延時間を最小とする最適な経路選択方法として、決定論的最適経路問題について論じている。最初に、決定論的な条件に基づく最適化問題を数式により定式化し、この最適解を数値的に求め、次に、各種のパラメータに対して求めた幾つかの最適解が共通的にもつ特徴を抽出し、さらに、抽出した特徴を使って新たな疑似最適ルーチングを定式化するというプロセスを繰り返すことにより、性能の高い疑似最適ルーチングを作成できることを明らかにしている。また、最適経路の新たな特徴について論じている。

第 3 章では、蟻コロニーの動作に触発された経路制御アルゴリズム (AntNet) をベースにして、人工蟻の動作を工夫することにより、経路制御に必要な情報をどのようにして効率的にルータ間で交換するかという問題について論じている。トラフィック負荷の変動が大きく変化する場合や故障が発生して経路を素早く迂回する必要がある場合の応答性を改善することを目的として、経路制御アルゴリズム AntNet の拡張を行っている。AntNet において、(1)蟻が経路選択を行うルーチング確率を直接更新する、(2)別経路を探索する蟻の割合を動的に変える、という二つの改善を行うことにより、より素早く迂回経路を選択することが可能となることを明らかにしている。

第 4 章では、AntNet を保証サービスのための QoS ルーチングアルゴリズムに拡張している。遅延時間の上限を保証する経路を選択するには、制約条件（空き伝送帯域の下限と経路のホップ数の上限）を満足する経路を探す必要がある。AntNet は、人工蟻の動作を制約することによって容易に制約条件の設定が可能であることを示す。更に、人工蟻がリソースの状況を収集することによって、利用者からのリソース要求の成功率が改善され、スループットが大幅に増加することを明らかにしている。

第 5 章では、効率と公平性を考慮したアドミッション制御について論じている。アドミッション制御の課題は、リソース要求が非常に多くなると、スループットと利用者間の公平性がともに劣化することである。二つの要求（高いスループットと公平性）は利用者の振舞いに敏感に依存するため、ネットワークによって実現する必要がある。二つの要求は同時に最適化出来ないため、二つの要求に対するバランスのとれたアドミッション制御アルゴリズムを提案している。

第 6 章では、TCP による輻輳制御を考える場合、ホストからのトラフィックレートを下げる時間の長さとその大きさを決定する必要がある、このためのインターネットのトラフィック特性について論じている。TCP 自体が数時間に及ぶ長時間依存性トラフィックを生成することをシミュレーションを使って検証している。また、TCP トラフィックは二つの統計的性質を

持ち、これらの性質はいわゆる「ON/OFF モデル」によって生成される自己相似型トラヒックとは異なることを明らかにしている。

第7章は議論と結論であり、本論文で得られた結果に関する議論と成果の要約を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、インターネット上で提供されるベストエフォートサービスと保証サービスに関して、経路制御と輻輳制御について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 決定論的な条件に基づく最適化問題の数値最適解は4つの特徴を持つことおよびこれらの特徴を真似た疑似最適ルーチングが高い性能を達成することを示し、疑似最適ルーチングが既存のアルゴリズムよりも優れていることを確認した。さらに、疑似最適ルーチングをトラヒック変動に対応する適応型アルゴリズムに更新した。
2. 経路制御における効率的な経路情報の交換方法として、経路制御アルゴリズム AntNet の拡張を提案した。AntNet において、(1)蟻が経路選択を行うルーチング確率を直接更新する、(2)別経路を探索する蟻の割合を動的に変える、という二つの改善を行うことにより、トラヒック負荷の変動が大きく変化する場合や故障が発生して経路を素早く迂回する必要がある場合の応答性を改善できることを示した。
3. AntNet は、人工蟻の動作を制約することによって容易に制約条件の設定が可能であることを示し、保証サービスのための QoS ルーチングアルゴリズムに適用できるように AntNet を拡張した。更に、人工蟻がリソースの状況を収集することによって、利用者からのリソース要求の成功率が改善され、スループットが大幅に増加することを示した。
4. スループットまたは公平性のいずれかを優先し、リソース競合による不平等（リソース獲得までの最大待ち時間が大きい）とスループットの劣化を同時に解決する二つのアドミッション制御アルゴリズムを新たに提案した。
5. TCP 自体が数時間に及ぶ長時間依存性トラヒックを生成することをシミュレーションにより検証するとともに、TCP トラヒックが二つの統計的性質を持ち、これらの性質はいわゆる「ON/OFF モデル」によって生成される自己相似型トラヒックとは異なることを示した。更に、二つの性質は、TCP の再送間隔バックオフ機構と（バッファ量等の）通信環境によって決まる4つの関数が原因であることを示した。

以上、本論文は、インターネット上で提供されるベストエフォートサービスと保証サービスにおける経路制御と輻輳制御について、新しい経路制御アルゴリズムおよびアドミッション制御の評価尺度を提案し、その有効性を示し、さらに、TCP トラヒックのトラヒック特性を明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成14年8月6日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。