

## 論文内容の要旨

博士論文題目 ラベルスイッチ型ネットワークにおける公平性を重視した重み付け帯域割り当て制御に関する研究

氏名 横山 輝明

### 論文内容の要旨

インターネットが通信基盤となっているなか、提供される通信サービスの品質保証は重要な問題となっている。インターネットの通信は、パケット交換による帯域共用型の通信として提供されている。これがインターネットの堅牢性と通信コストの低減に寄与しているが、一方でユーザーの利用可能帯域は変動し、通信品質の保証は困難である。

TCPは現在のインターネットでユーザートラフィックへの帯域配分を行っている機構である。TCPによる制御で、インターネット全体の帯域配分が行われている。しかし、TCPの制御には、遅延時間に起因した不公平があることや、TCP制御に従わないトラフィックを制御することができないことなどの問題があることが指摘されている。また近年では、ファイル交換などのアプリケーションの利用での少数ユーザーによる帯域資源の占有が発生している。このような不公平は通信品質の劣化を招き、インターネットの通信基盤としての信頼性を損なう。これらの資源利用における不公平は、従来のTCP制御のみによる資源配分の限界を示している。そこで、本研究では管理型ネットワークによる公平性保証を与える制御機構に注目する。

これまででもRIOやREDでのキュー管理による公平性を保証するための通信機構が提案されてきた。しかしこれらの制御ではパケット破棄によってTCP制御へ干渉を行うに留まり、ネットワーク状況に応じた最適な動作パラメータ選定の困難やTCP制御の限界を依然として引き継いでいるという問題がある。また公平性は与える制御粒度が個々のフローであるマイクロフロー間での制御となるため、通信事業者の品質保証の提供単位と一致しないことも問題となる。

そこで、本研究ではTCP制御に依存しないネットワーク内の帯域制御機構による、ユーザートラフィックへの重み付け動的帯域割り当て手法を提案する。提案方式は、ネットワーク内の帯域利用状況に応じて、ユーザーの最適帯域を推定し動的に割り当てる。ここで取り扱うトラフィックをユーザー単位や特定アプリケーション群などの利用状況に応じた集約フロー単位での取り扱いを可能にし、通信事業者に対してユーザーにとって理解しやすい単位での品質保証サービスの提供を可能にする。本研究では、MPLSの制御性能の高さに注目し、MPLSの拡張として提案方式を設計する。提案方式では、Diffservで提案されている通信経路に制御パケットを往復伝送させることで経路上の情報収集を行う方式を改良し、通信経路の片方向伝送による高速な情報収集を可能にする。ネットワークシミュレータを利用し、制御時間の変化がTCP制御とネットワーク内制御の競合に対して与える影響について調査し、提案方式の有効性を評価する。本研究の知見は、今後の管理型ネットワークにおけるネットワーク情報の収集や反映などの管理や制御へも適用可能となる。今後のネットワーク構成において公平性保証のためにネットワーク内に必要となる制御機構の要件や、TCP制御との競合解消についての知見を得た。

氏名	横山輝明
----	------

### 論文審査結果の要旨

本論文では、インターネット通信を対象とした公平性の保証を目的とし、ネットワーク内の適応型通信制御機構を提案している。論文中では、ネットワークシミュレータを利用した有効性の検証を行い、その結果から将来のインターネットが備えるべきネットワーク側管理機構についての考察を得ている。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. 論文では、公平性を保証するための重み付け帯域割り当て機構を提案している。提案手法は通信経路に沿ったネットワーク利用状況の調査と、その結果に基づいたエッジルータでの帯域制御を行う。このときネットワーク内状況の通知に最短となる片方向通知によって、TCP 制御のフィードバック制御に対して優勢となる制御を可能にしている。決定した理想帯域への帯域制御をエッジルータにて強制することで、管理型ネットワーク内の資源の有効利用も可能にする。また、提案手法は、集約フロー単位での重みに基づいた帯域割り当てを可能にしている。これは集約単位や重みを変えることで自由度の高い制御となっている。提案手法は、インターネットでの公平性保証のための通信制御機構の実現方法を示した。
2. 論文では、ネットワークシミュレータ上での提案手法を実装から、有効性の評価実験を行っている。実験を通じて、インターネット内にフィードバック型の通信制御機構を実装する場合にはTCP制御との矛盾が問題となることを指摘し、二つのフィードバック制御が親和するための条件についての知見を得た。また、提案手法の片方向通知による制御がTCP 制御を抑制し、帯域割り当て性能の向上が可能との結果を得た。これらの知見はインターネット内でのフィードバック型制御の実装に際して有用となる。
3. 論文では MPLS の拡張として提案手法を実装しているが、ここではインターネットでのネットワーク内制御を実現するにあたってのネットワーク側の構成要件や制御条件についての議論が行われている。これらの議論から MPLS に留まらない、インターネットでの管理型ネットワークの構成への一般的な知見を示した。

本論文では、インターネットにおける公平性保証のための動的帯域割り当て機構の提案を目的として、MPLS 機構の拡張による重み付け帯域割り当て機構のシミュレーションによる評価を行った。実験から提案手法が従来の帯域割り当て制御に比べて優位な性能を示すことを確認し、TCP 制御とネットワーク内制御の干渉の存在を指摘と親和の条件に対する知見を得た。これらの成果は、公平性保証の機構提案に留まらず、今後のインターネットでの管理型ネットワーク構築のための情報収集と制御機構の構成に対しても貢献する。よって本論文を博士(工学)の学位論文に足るものとして認める。