

# 効率的かつ公平なデータ転送実現のための帯域制御技術

秦野 智也

## 論文の内容の要旨

通信を必要とするアプリケーションが増加し、ネットワーク利用者が増加、多様化してきているため、ネットワークを流れる通信の特性も多様化し、海外への通信、衛星回線を利用した通信、ギガ単位の通信を必要とする通信が現れてきている。その背景を受けて、伝達可能な通信の範囲が広がり、ネットワークの帯域が拡大してきている。また、ネットワークを流れる様々な通信に対して、高いユーザ間公平性を実現するサービスや、効率よく転送を行うサービスが求められている。このように、通信の範囲が広がることにより伝播遅延が増大し、ネットワークの帯域が拡大した現在においても、ネットワークに対して高いサービス品質を維持してデータ転送をすることが重要視されており、これが現在のネットワークが抱える課題である。

本論文の目的は、帯域が広く、伝播遅延が大きい帯域遅延積の大きなネットワークにおいて、ネットワーク内のコネクションに対して高いサービス品質を提供可能な帯域制御技術を研究することである。本論文では、コネクションの集合に対して Diffserv ネットワークにおいて帯域保証サービスが提供された状況に着目し、伝播遅延が増大することにより生じる各コネクションの RTT が異なる場合でも、コネクション間の帯域公平性を実現しつつ、効率良く帯域割り当てを行う TCP 帯域制御技術の提案を行う。また、ネットワークの帯域が拡大した状況においても、高効率かつ公平性を実現する技術の提案を行う。

帯域遅延積の大きなネットワークでは以下の課題を抱えている。コネクションの RTT が異なる場合、TCP 輻輳制御機構の性質上、RTT の短いコネクションが長いコネクションよりも増加可能な帯域が多くなる。その結果 RTT の短いコネクションの獲得帯域が多くなり、公平性が失われる。また、ネットワーク内の帯域が拡大し、伝播遅延が増大した場合、TCP 輻輳制御機構の性質上、ネットワークの帯域を十分に活用できるだけの送信量に達するまでに時間が長くなるため、結果的に帯域を効率よく使用できなくなる。

本論文では、帯域遅延積の大きなネットワークが抱える帯域制御技術に関する課題に対して、RTT が異なることによって生じるコネクション間の公平性の課題と、帯域が拡大し、伝播遅延が増大することによって生じる効率の課題を分けて考察を行い、課題を解決する提案を行う。伝播遅延の増大によって引き起こされる問題に対して、Diffserv ネットワークにおける改善、TCP 輻輳制御機構および Diffserv ネットワークの連携による改善に焦点を絞り、解決を図る。帯域の拡大、伝播遅延の増大によって引き起こされる問題は、ネットワークにおける TCP 輻輳制御機構の改善に焦点を絞り、解決を図る。

提案した帯域制御技術それぞれにおいて、コンピュータシミュレーションを用いて、転送効率、公平性を改善したことを確認し、その有効性を示した。また、課題に対する各帯域制御技術の効果を明らかにし、各提案アプローチとサービス品質改善の効果の間にある関係を明らかにし、その効果を多面的に示した。

以上

## 論文審査の結果の要旨

秦野智也君提出の博士学位請求論文は、「効率的かつ公平なデータ転送実現のための帯域制御技術」と題し、6章より構成されている。

ネットワークを流れる通信の特性が多様化すると共に、伝達可能な通信の範囲が広がり、ネットワークの帯域が拡大してきている一方で、ネットワークを流れる様々な通信に対して、高いユーザ間公平性を実現するサービスや、効率よく転送を行うサービスが求められている。現在、伝播遅延が増大し、ネットワークの帯域が拡大したネットワークに対して、高いサービス品質を維持してデータ転送をすることが、ネットワークが抱える課題となっている。

本論文の目的は、帯域が広く、伝播遅延が大きい帯域遅延積の大きなネットワークにおいて、ネットワーク内のコネクションに対して高いサービス品質を提供可能な帯域制御技術を研究することである。本論文では、帯域遅延積の大きなネットワークが抱える帯域制御技術に関する課題に対して、RTTが異なることによって生じるコネクション間の公平性の課題と、帯域が拡大し伝播遅延が増大することによって生じる効率の課題を分けて考察を行い、課題を解決する。伝播遅延の増大によって引き起こされる問題に対して、ネットワークにおける改善、TCP 輻輳制御機構およびネットワークの連携による改善に焦点を絞り、解決を図る。帯域の拡大、伝播遅延の増大によって引き起こされる問題は、ネットワークにおける TCP 輻輳制御機構の改善に焦点を絞り、解決を図る。

第1章は、本研究の序論であり、研究の背景、目的と位置付けを述べている。

第2章では、帯域制御技術が抱える課題について述べ、関連研究を紹介している。

第3章では、伝播遅延の異なるコネクションがネットワーク上で共存した場合の帯域割り当ての課題に着目し、ネットワークルータによる解決を提案している。エッジルータによる公平な帯域割り当て量を実現するマーキング方法として、個別のコネクションにマーキングを行う手法の検討を行い、公平性を改善している。

第4章では、3章と同様の課題に着目し、ネットワークとエンドホストの連携による解決として、ネットワークと連携した TCP 輻輳制御機構の提案をしている。ネットワークで公平とされる帯域を計測し、パケットを通じて公平帯域をエンドホストに通知し、エンドホストで公平な帯域を実現する帯域制御を行う。帯域割り当ての公平性を大きく改善していることも示す。

第5章では、伝播遅延が異なる広帯域ネットワークにおいて、効率的な帯域獲得、公平な帯域割り当ての課題に対して、エンドホストで解決する TCP 輻輳制御方式を提案している。また、既存の TCP との公平性の課題も解決している。提案方式は、帯域が狭い場合には、既存 TCP との課題を解決し、広帯域になるにつれて効率的な転送を行い、帯域量に関係なく、コネクション間の不公平な帯域割り当ての課題を解決している。

第6章は、本研究のまとめであり、課題に対する各帯域制御技術の効果を明らかにし、提案アプローチとサービス品質改善の効果の間にある関係とその効果を示している。

以上の通り、本研究により、帯域が広く伝播遅延が大きい帯域遅延積の大きなネットワークにおいて、効率的かつ公平なデータ転送を実現する帯域制御技術が示されたことになり、研究の成果は工学上、工業上寄与するところが少なくない。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	岡田 謙一
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	山中 直明
	慶應義塾大学教授	博士(工学)	寺岡 文男
	慶應義塾大学助教授	博士(工学)	重野 寛