

氏名	五十嵐 和美		
学位の種類	博士(情報工学)		
学位記番号	情工博甲第202号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	多様な通信サービス品質を実現する輻輳制御に関する研究		
論文審査委員	主査	教授	尾家 祐二
		”	延山 英沢
		”	鶴 正人
	助教授		川原 憲治
	”		池永 全志

学位論文内容の要旨

インターネットの特長である効率性及びスケラビリティは、ネットワーク資源の共有を効果的かつ分散的に行えるかどうか依存しており、そのための仕組みが資源競合による効率低下を防ぐための輻輳制御である。

今日、インターネットは 社会、経済、生活を支えるインフラの1つとなり、それを利用するアプリケーションも多様化している。このアプリケーションとまた、ネットワーク環境に見られる多様性は、今後さらに進むものと考えられる。このような状況において、アプリケーションの種別により、エンドツーエンドで要求される 多種多様なサービス品質を実現するためには、ネットワーク上で見られる、環境やアプリケーションなどの様々な要素の多様性を考慮して実施される 輻輳制御が重要な役割を果たすと考える。そこで 本稿では、将来の高速ネットワークにおいて、ネットワーク環境とアプリケーションの多様性に着目し、これらの多様性を考慮して実施される輻輳制御に関する研究成果を報告する。

はじめに 第1章では、本研究の背景と、取り組んだ課題を述べる。輻輳制御の実施形態はエンド端末間で実施する方式と、エンド端末と中間ノードが連携して実施する方式の2種類に分類できる。第2章と第3章で、それぞれの枠組みで実施される、既存の輻輳制御方式の概要と問題点を示す。

第4章と第5章ではネットワーク環境の多様性を考慮して、エンド端末間で実施される輻輳制御を対象とした研究成果を示す。具体的には、高速ネットワーク環境における 高速トランスポートプロトコルに着目し、その有効性と課題を明らかにする。

まず、第4章では 長距離大容量ネットワークにおける 高速トランスポートプロトコルの基本特性を示す。結果より、ネットワーク資源を独占的に利用できる状況においては、高速トランスポートプロトコルを利用することで資源の効率的な利用が可能となることを示す。

将来のネットワークは、コアネットワークだけでなく、アクセスネットワークも高速化すると考えられる。その場合、ユーザは インターネット環境において、プロトコルとして高速トランスポートプロトコルを利用すると考えられる。そこで、第5章では高速インターネット環境において、高速トランスポートプロトコルを適用した場合の特性に着目する。結果より、高速インターネット環境において、既存の高速トランスポートプロトコルを利用した場合、ネットワークの状況の変化に追従すること、また効率性と公正性を同時に実現することが困難であることを示した。

第6章、第7章では ユーザ・アプリケーションの要求するサービス品質の多様性を実現するために、エンド端末と中間ノードが連携して実施する輻輳制御を対象とした研究成果を示す。

第6章では 契約に基づいた最低帯域保証サービスを実現する DiffServ AF (Assured Forwarding)を適用した場合の性能を、シミュレーションにより検証した。AF サービスが実現するサービス品質に関しては、様々な検証結果が報告されているが、その多くが 単一の DiffServ ドメイン内で閉じたフローの性能を対象としたものである。しかし実際のネットワークでは、フローは複数

の DiffServ ドメインを経由して目的地に到達する。そこで本研究では複数のドメインを経由する AF サービスフローのスループット特性を調査した。結果より、各ドメインの入り口で実施されるパケットに対するクラスの再マーケティングポリシーによって、フローのスループット特性が影響を受けることを示した。

第7章では、実時間アプリケーションの遅延特性の改善を目的として提案した適応的パケット廃棄手法の性能を示す。実時間アプリケーションは通過するネットワークの遅延特性に大きな影響を受ける。そのため、実時間アプリケーションの中には許容できる遅延値が規定されているものもあり、その場合、許容値を越えた遅延を経験して目的地に到着したパケットは、アプリケーションの品質の向上に寄与しないだけでなく、網内の他のパケットの遅延を増大させるため、品質の劣化の原因にもなりうる。そこで本章では実時間アプリケーションフローの遅延特性を改善することを目的として、網内でアプリケーションフローにとって大きすぎる遅延を経験したパケットは、中間ノードで適応的に早期に廃棄する手法を提案した。本手法の適用により、実時間アプリケーションフローの遅延特性が改善することをシミュレーションによって示した。

以上、多様なネットワーク環境において多様なユーザ・アプリケーションの要求品質が存在する今後のインターネットに適用可能な輻輳制御技術に関する研究を実施した。その結果、様々な局面に応じた輻輳制御の特性やその効果を明らかにし、また新しい手法の提案と評価も行った。それらを通じて、高速ネットワークでは、エンド端末間のみでの制御では限界があること、エンド端末と中間ノードが連携して動作する輻輳制御により、サービス品質を改善できることを示し、今後の輻輳制御技術への知見を与えた。

学位論文審査の結果の要旨

インターネットの特長である効率性及びスケーラビリティは、ネットワーク資源の共有を効果的かつ分散的に行えるかどうかにかかわらず依存しており、それを実現する仕組みが資源競合による効率低下を防ぐための輻輳制御である。

今日、インターネットは社会、経済、生活を支えるインフラの1つとなり、それを利用するアプリケーションも多様化している。このアプリケーションとネットワーク環境に見られる多様性は、今後さらに進むものと考えられる。このような状況において、エンドツーエンドで要求される多種多様な通信のサービス品質を実現するためには、ネットワーク上で見られる環境やアプリケーション種別などの様々な要素の多様性を考慮した、輻輳制御が重要な役割を果たすと考える。

そこで本学位論文では、将来の高速ネットワークにおけるネットワーク環境とアプリケーションの多様性に着目し、これらの多様性を考慮して実施される様々な輻輳制御に関する研究の成果をまとめている。

まず、ネットワーク環境の多様性を考慮し、エンド端末間で実施される輻輳制御として、高速トランスポートプロトコルの輻輳制御を対象とし、その性能解析実験を実ネットワーク上で実施している。具体的には将来、ユーザが高速インターネット環境において、高速トランスポートプロトコルを利用することを想定し、様々なシナリオを用いて性能解析実験を実施している。結果から、既存のいずれの高速トランスポートプロトコルを利用した場合も、ネットワークの状況の変化に対する追従性の実現は困難であることを示すとともに、異種プロトコルフローが共存する場合において効率性と公正性を同時に実現することは困難であることを示している。

次に、ユーザ・アプリケーションが要求する多様なサービス品質を実現するために、エンド端末と中間ノードが連携して実施する輻輳制御を対象とし、シミュレーションによる検証、新規手法の提案を行っている。

また、契約に基づいた最低帯域保証サービスを実現する DiffServ AF (Assured Forwarding) サービスを複数のドメインからなるネットワークに適用した場合の特性を、シミュレーションにより検証している。結果より、各ドメインの入り口で到着パケットに対して適用されるマーケティングポリシーによって、フローのスループット特性が影響を受けることを示し、DiffServ AF サービスによる最低帯域保証サービスを実現するためにはマーケティングポリシーの選択指針が重要な要素になることを示

している。

さらに、実時間アプリケーションの遅延特性の改善を目的とした適応的パケット廃棄手法を提案している。具体的には、網内でアプリケーションフローにとって大きすぎる遅延を経験したパケットを、中間ノードで適応的に早期に廃棄する手法である。対象とした実時間アプリケーションは通過するネットワークの遅延特性に大きな影響を受けるため、許容できる遅延値が規定されているものがあり、その場合、許容値を越えた遅延を経験して目的地に到着したパケットは、アプリケーションの品質の向上に寄与しないだけでなく、網内の他のパケットの遅延を増大させるため、品質の劣化の原因になりうるからである。複数のネットワークモデル、トラヒックパターンを用いて本手法のシミュレーションを実施し、その有効性を示している。

以上、多様なネットワーク環境において多様なユーザ・アプリケーションの要求品質が存在する今後のインターネットに適用可能な輻輳制御技術に関する研究を実施し、その結果、様々な局面に応じた輻輳制御の特性やその効果を明らかにし、また新しい手法の提案と評価も行った。それらを通じて、高速ネットワークでは、エンド端末間のみの制御では限界があること、エンド端末と中間ノードが連携して動作する輻輳制御により、サービス品質を改善できること等、今後の輻輳制御技術への知見を与えており、多様な通信サービス品質を実現する輻輳制御技術に関して多大な貢献をするものである。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。