



Title	Adaptive Buffer Management Scheme for High-Speed IP Router
Author(s)	篠原, 悠介
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49687
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	しの 篠 原 悠 介
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学位記番号	第 23061 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報ネットワーク学専攻
学位論文名	Adaptive Buffer Management Scheme for High-Speed IP Router (高速 IP ルータのための適応的バッファ管理機構に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 村上 孝三 (副査) 教授 村田 正幸 教授 今瀬 真 教授 東野 輝夫 教授 中野 博隆 大阪府立大学大学院工学研究科教授 戸出 英樹

論文内容の要旨

本論文は、筆者が平成 16 年から現在までに、大阪大学大学院情報科学研究科博士前期課程ならびに大阪大学大学院情報科学研究科博士後期課程在学中に行ってきた高速 IP ルータのための適応的バッファ管理機構に関する研究成果をまとめたものである。

近年、ブロードバンドネットワークの普及が進んでおり、これにより様々な種類のトラヒックが急増している。このため、各種トラヒックに対する Quality of Service (QoS) 保証の必要性が高まっている。しかし、現在の Internet Protocol (IP) 網は、主に Best-Effort 型サービスのみを提供しているため、QoS 保証の実現は困難である。さらに、ネットワークの規模は急速に拡大している。このため、今後はルータに高い柔軟性、高速動作、高スケーラビリティ、高い公平性を提供するバッファ管理機構を具備する必要がある。そこで、ルータの出力バッファ部においてパケット廃棄制御やスケジューリングを行う Active Queue Management (AQM) と呼ばれる機構が盛んに研究されている。これまでに、公平な帯域配分を行うことのできる Dual Metrics Fair Queueing (DMFQ) を初め、様々な制御方式が提案されている。しかし、これまでに提案されている AQM は公平性や動作速度の面において問題がある。

以上の問題に対し、まず 2 章では高い公平性、ネットワーク状況への高い柔軟性を目指し、DMFQ を拡張提案している。提案方式では、ネットワーク状況の変化に適応するため、バッファ利用率に注目し、それを目標とする一定範囲内に安定させるようにバッファ閾値の制御を行っている。

3 章では高速な動作速度を実現する方式を目指し、DMFQ を拡張提案している。DMFQ はパケット到着点で TSW を用いてフロー到着レートの算出を行っていた。それに対し、提案方式では、各フローの到着レートの算出を到着レート更新間隔毎に行っている。これにより、パケット到着時には、既に算出されている当該フローの到着レートを読み出すのみでよいため高速化を実現することができた。さらに、本提案方式によって到着レート算出処理自体を簡単化することができ、ハードウェアにかかる負荷を下げる事ができた。

4 章では上記で提案した方式のハードウェア設計を行っている。まず、到着レート更新に関する設計を行っている。本設計では、到着レート更新をフロー毎にラウンドロビンで行っている。これにより、更新タイミングにおける負荷分散を行うことが可能になつた。さらに、設定パラメータの動的制御方式のハードウェア設計を行っている。

以上をハードウェア実装、合成を行い、動作速度に関して考察を行っている。

5 章では高いスケーラビリティを有した方式を提案している。提案方式は、リモートサーバがルータを通過する全フローを管理し、ルータはリモートサーバから通知される一部のフローのみを管理し、これに基づいてパケット廃棄を行っている。これにより、高スケーラビリティに動作しつつ、公平性の提供を実現することが可能になつた。具体的には、ルータを通過する全フローをリモートサーバで管理、挙動分析を行い、監視サーバは管理している情報の一部を定期的にルータに通知している。ルータは監視サーバから通知されるフロー情報を管理し、これに基づいてパケット廃棄を行っている。これにより、ルータは小サイズのメモリを保持するのみでよいため、高速、高スケーラブルに動作しつつ、公平性を提供することが可能になっている。本論文では、計算機シミュレーション、ならびに実機実験による評価を行い、本バッファ制御方式の有効性を確認した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、インターネットルータの高速化のための適応的バッファ管理機構に関する研究成果をまとめたものである。具体的には、ネットワークのブロードバンド化の進展に伴い増大するトラヒックの量的、質的増大に対して、各種トラヒックのサービス品質(QoS) 保証と高い公平性を実現することを目的として、適応型バッファ制御方式を導入することにより、高速性かつ高スケーラビリティを有するルータの実現技術を提案している。主な研究成果は以下の通りである。

(1) ネットワーク規模の急速な拡大傾向に対して、Best-Effort 型サービス主体となっている現状の IP 網の問題を解決するためには、ルータに高い柔軟性、高速動作、高スケーラビリティ、高い公平性を提供できるバッファ管理機構を具備する必要があることを提案しており、そのアプローチとして、ルータの出力バッファ部においてパケット廃棄制御やスケジューリングを行う AQM(Active Queue Management) 機構や、DMFQ(Dual Metrics Fair Queueing) 方式等の従来の制御方式が公平性や高速動作の面において問題であることを明らかにしている。

(2) 高い公平性、ネットワーク状況への高い柔軟性を有する有力な方式として、バッファ利用率に注目し、それを目標とする一定範囲内に安定させるよう、バッファ閾値の制御を行うことを特徴とする DMFQ 機構の拡張方式を提案し、計算機シミュレーションによりその有効性を明らかにしている。

(3) DMFQ がパケット到着点でフロー到着レートの算出を行っていたのに対し、各フローの到着レートの算出を到着レート更新間隔毎に行う新しい方式を提案し、これにより、パケット到着時には、既に算出されている当該フローの到着レートを読み出すのみでよいため、より高速な動作を実現できることを明らかにしている。また、本提案方式によって到着レート算出処理自体を簡単化することができるため、ハードウェアにかかる処理負荷の低減に効果があることを明らかにしている。

(4) 上記で提案した方式をハードウェア設計による実装、合成を行い、実現可能な動作速度の考察を行っている。具体的には、到着レート更新に関する設計を行い、到着レート更新をフロー毎にラウンドロビンで行うことにより、更新タイミングにおける負荷分散を行うことが可能であることを明らかにして。また、設定パラメータの動的制御方式のハードウェア設計を行い、目標動作速度が達成できたことを実証している。

(5) スケーラビリティに関して、リモートサーバがルータを通過する全フローを管理し、ルータはリモートサーバから通知される一部のフローのみを管理することを特徴とするパケット廃棄方式を提案し、これによりルータは小サイズのメモリを保持するのみでよいため、高速、高スケーラブルに動作しつつ、公平性を提供することができるなどを明らかにしており、計算機シミュレーションにより定量的にその有効性を立証している。

以上のように、本論文は、情報ネットワークにおけるサービス品質および性能の向上に関して有用な研究成果を上げている。よって、博士 (情報科学) の学位論文として価値あるものと認める。