



Title	モバイルインターネットにおける輻輳制御に関する研究
Author(s)	松下, 陽介
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45827
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 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	まつ 下 陽 介		
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)		
学位記番号	第 19520 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科通信工学専攻		
学位論文名	モバイルインターネットにおける輻輳制御に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 滝根 哲哉		
	(副査)		
	教授 三瓶 政一	教授 村田 正幸	助教授 山本 幹
	教授 河崎善一郎	教授 小牧 省三	教授 馬場口 登
	教授 北山 研一	教授 元田 浩	

論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章は、本論文の背景となる研究分野に関して現状を述べ、本研究の位置づけを明らかにした。

第 2 章では、モバイルインターネットにおける輻輳制御の概要を述べた。インターネットにおける輻輳制御は従来、固定系有線ネットワークでの利用が前提とされており、ネットワーク中でのパケットロスが輻輳が原因により発生するという性質を用いて設計がなされている。ところが、モバイルネットワークでは無線伝送誤りやハンドオーバー等の輻輳とは無関係な原因によりパケットロスが発生する。その結果、不必要な輻輳制御が動作し、TCP の性能が著しく劣化する。本章では、これら 2 つの原因による TCP の性能劣化とそれらに対してすでに提案されている方式について詳細に説明した。さらに、本論文で対象とする次世代モバイルネットワークにおける TCP の必要条件について述べ、既存研究に対する本論文の位置づけを明らかにした。

第 3 章では、モバイルインターネットにおける TCP トラフィック間の親和性について検討した。モバイルネットワークでは、ハンドオーバーによりフローの経路が動的に変更されるため、ネットワーク内部でのトラフィック量の空間的な分布が急激に変動する。これは、ハンドオーバーフローとハンドオーバー先のフロー（非ハンドオーバーフロー）との帯域の競合が発生することを意味し、これにより伝送特性が著しく劣化する可能性がある。本章ではシステム性能の劣化が避けられない状況においてその性能劣化をなだらかに実現する技術としての Graceful Degradation を、上位プロトコル階層においても重要な概念であると位置付け、新たに無線 TCP に Graceful Degradation を導入した。具体的には、Graceful Degradation を TCP トラフィックに対し実現するためのトラフィック制御を提案し、その性能評価を行った。

第 4 章では、有線・無線 TCP 混在環境下における輻輳制御に着目した。無線ネットワークにおいては、無線伝送誤りが原因のパケットロスにより TCP のスループットが大きく劣化する事が知られている。そのため無線 TCP の性能評価と改善方法について多くの研究がなされてきた。ところが、それらの研究では無線伝搬路の影響による TCP のスループット劣化についてのみ検討されており、有線 TCP との相互作用についてはあまり議論されていない。そこで、本章では有線・無線 TCP が混在する環境における公平性について検討し、公平性実現のためのパケット廃棄法を提案した。また、性能評価により、提案方式の有効性を明らかにした。

第5章では、異種メディア体間のハンドオーバー発生時における TCP 輻輳制御について検討した。近年の携帯端末の高度化に伴い、様々な無線アクセスサービスが統合された Wireless Overlay Network の構築に関する研究が注目されている。Wireless Overlay Network は、ひとつの無線端末で同時に複数の無線ネットワークに接続するシステムであり、ネットワークの状態やアプリケーション、ユーザの要望などに応じてセッション中に接続する無線ネットワークを自由に切り替えることを可能とするものである。異種メディア体間でハンドオーバーを行った場合には、TCP はその帯域の変化に追従する事ができず、その性能が大きく劣化する。本章では ACK-Pacing を用いた TCP 輻輳制御法を提案した。また、性能評価により、提案方式の有効性を明らかにした。

第6章では、本研究で得られた結果の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

本論文は、モバイルインターネットにおける輻輳制御に関する研究成果をまとめたものであり、全文は以下の6章より構成されている。

第1章では、本研究の背景となるモバイルインターネットについて概説し、本研究の位置付けおよび意義を述べている。

第2章では、本論文で対象とする輻輳制御である TCP について説明を行い、有線系ネットワークでの適用を前提として開発された TCP が、モバイルインターネットにおいて運用された場合の問題点を述べている。また、これらの問題点に対して、これまでに提案されている方式を整理し、輻輳制御の観点での本論文の位置づけを明らかにしている。

第3章では、ハンドオーバーにより TCP フローが新しいエリアへ移動した場合に、新しいエリアに既に存在していたフローにこの移動フローが与える影響、という新しい観点での公平性について検討している。前のエリアで大きな帯域を得ていた TCP フローが移動した場合、新しいエリアの既存フローに多大な影響を与える。この影響を緩和する方式として、移動フローならびに既存フローの双方に対し、公平な利用帯域までなだらかな性能劣化を実現する、Graceful Degradation の概念を提案している。計算機シミュレーションによる性能評価により、提案方式によって移動フローが既存フローに与える甚大な影響を緩和できていることを示している。

第4章では、全リンクが有線リンクである TCP と、一部が無線リンクである TCP とが混在する環境において、無線リンクの伝送路品質劣化を回避するためのデータリンク層再送制御の影響を考察している。無線 TCP に対しては、データリンク層再送制御に伴う往復伝播遅延の増大があり、これに起因するスループット低下が見られることを明らかにしている。さらに、有線 TCP と無線 TCP とが混在する環境で、双方の平均スループットを均衡化し公平性を実現する方式の提案を行っている。また、性能評価により、提案方式により無線 TCP のスループットが有線 TCP のスループットとほぼ等しくなり、公平性が実現できていることを検証している。

第5章では、無線アクセスとして複数の異種メディアが提供されている状況で、これらのメディア間でのハンドオーバーが起こった場合に TCP の性能劣化が発生することに着目し、この性能劣化を改善する新しい方法を提案している。具体的には、ハンドオーバー発生後の使用可能帯域にあわせて、受信ノードから送信ノード宛に送出する ACK を利用して適切な伝送レートへと変化させる方法を提案している。計算機シミュレーションを用いた性能評価により、提案方式がハンドオーバーにより帯域が増加する場合、減少する場合のいずれの場合にも柔軟に対応できる方法であることを明らかにしている。

第6章では、本研究で得られた成果を総括している。

本論文で得られた成果は次の通りである。

- (1)あるエリアで大きな帯域を得ていた TCP フローがハンドオーバーにより新しいエリアへ移動した場合、移動フロー並びに新しいエリアにおける既存 TCP フローのスループットは急激に減少する。そこで、移動フローならびに既

存フローの双方に対し、公平な利用帯域までなだらかな性能劣化を実現する、Graceful Degradation の概念及びこれを実現する方式を提案し、その有効性を確認している。

(2)エンド-エンド間のパス上の一部に無線リンクがある TCP の場合、無線リンクのデータリンク層再送制御に伴う往復伝播遅延の増大によってスループットが劣化する。結果として、このような TCP が全リンクが有線リンクである TCP と混在する環境では、両者のスループットに不公平が生じることを明らかにした。さらに、両者が混在する環境において双方の平均スループットを均衡化し公平性を実現する方式の提案を行い、不公平性が解消できることを示している。

(3)複数の異なる無線アクセスメディアが提供されている場合、これらのメディア間でハンドオーバーが起こると TCP のスループットが劣化する。そこで、ハンドオーバーした受信ノードから送信ノードへの ACK 送出を制御することにより、ハンドオーバー後の利用可能帯域の増加あるいは減少に柔軟に対応でき、かつ適切な伝送レートへと変化する方式を提案し、スループットの劣化を抑制できることを示している。

以上のように、本論文はモバイルインターネットにおける輻輳制御に関する多くの知見を得ており、通信工学の発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。