



Title	ネットワーク・端末総合系におけるTCPスループットの上限値に関する研究
Author(s)	伊藤, 正也
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2697">https://hdl.handle.net/11094/2697</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	伊藤 正也
博士の専攻分野の名称	博士(情報科学)
学 位 記 番 号	第 22561 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 12 月 11 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	ネットワーク・端末総合系における TCP スループットの上限値に関する研究
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

近年、ネットワークの高速・広帯域化が急速に進む一方、端末機器としての PC については、高速化の点ではネットワークに比べて比較的遅く、その処理速度はネットワークの実効転送速度と比較して同程度あるいは逆に遅いという状況になって来ている。ネットワークは、種々の要因から輻輳とパケットロスが発生するため、大容量な非リアルタイム系通信では、状況に応じた輻輳制御と再送制御を提供する TCP が広く用いられている。このため、スループットは TCP の挙動に大きく依存し、遅延特性に反比例する形では、遅延が極端に小さくなると、スループット値は無限に大きくなり、ネットワーク帯域を超えるという矛盾があった。またこれまでに、TCP スループットの限界についての評価はなされていないのが現状である。

TCP の主機能は、ネットワークの輻輳制御と再送制御である。このとき、送信端末側からネットワークへ送出するパケット量の制御が重要な役目を果たすため、ネットワークの遅延特性とネットワーク帯域(通信路容量)特性を知る必要がある。遅延特性は、従来から周回遅延時間として送信端末側で測定され TCP 制御に利用されている。しかし、ネットワーク帯域特性は、今まで実時間内に測定する有効な方法がなく、TCP 制御に効果的にあまり利用されていない。

これらの背景の下、本論文では、TCP 通信系をネットワーク・端末総合系として捉え、ネットワーク帯域特性を受信端末内パケット通過時間から求める。従来は、端末 PC の処理速度は、ネットワーク帯域に比べて非常に速く無視できたが、光ネットワークの普及により端末速度が無視できなくなってきた。そこで、PC 内部構成に基づく処理速度を考慮し、従来から示されている TCP スループットの評価値より正確な上限値を理論的に求め、測定により得られる端末内部の遅延時間から算出されるスループット

上限値と比較検証した。

さらに、ネットワーク・端末総合系レイヤーモデルのソケットバッファ方式における端末 PC を、ネットワーク帯域遅延積の検知器と考えたフィードバック制御系として捉えることにより、上限値に限りなく近いスループット特性を示す、最適な TCP 幅轍ウインドウ制御アルゴリズムを提案する。

#### 論文審査の結果の要旨

近年、ネットワークの高速・広帯域化が急速に進んでいるが、端末機器については、機能面の充実は目覚しいものの、その処理速度はネットワークの実効転送速度と比較して遅いという逆転現象が起きている。一方、TCP/IPプロトコルベースのネットワークでは、IPパケットロスの影響を考慮した幅轍制御と再送制御を特徴とするTCPプロトコルが広く用いられており、エンドツーエンドでの通信スループットの支配要因となることから、これまでに高スループットを目的としたTCP制御方式のアルゴリズムの研究や、スループットの上限値を求める研究が数多くなされてきた。TCPの主機能は、ネットワークの幅轍制御と幅轍によるパケットロスを補償する再送制御であり、送信端末側からネットワークへ送出するパケット量の制御が重要な役目を果たすため、ネットワークの遅延特性とネットワーク帯域特性を知る必要があるが、ネットワーク帯域特性については、これまで実時間内で測定する有効な方法がなく、TCP制御には効果的に反映されていない。また、従来のスループット評価法では、データ転送時間を周回遅延時間のみで表すため端末間周回遅延時間が極端に小さくなると、スループット値が無限に大きくなりネットワーク帯域を超えるという矛盾があった。このため、広範囲の遅延特性に適用できるTCPスループットの限界性能についての評価法は確立されていない。

本論文では、TCP通信系をネットワーク・端末総合系として捉え、ネットワーク帯域特性を受信端末内パケット通過時間から求める方式を提案している。光ネットワークの普及により端末の処理速度がネットワーク帯域と同程度あるいはそれ以上になる場合を想定して、端末ハードウェア構成や転送メカニズムおよび最大パケット転送サイズなどで規定されるTCPスループットの上限値を理論的に算出し、従来のTCPスループット評価値に比べより正確な上限値であることを示している。測定により得られる端末内部の遅延時間から算出されるスループット上限値と比較検証し、その正当性を明らかにしている。TCPスループットは、端末メモリ間のデータ転送量対遅延時間比と定義でき、TCPデータ通信はエンドツーエンド端末とその間のネットワーク帯域を最大限有効に利用しスループットを最大にするフィードバック制御系と見なすことができる。この制御系において、送信端末をコントローラ、受信端末をセンサーとみなして、エンドツーエンドのTCPスループット上限値の理論的考察を行い、TCPスループットの上限値に限りなく近い特性を示すTCP制御の具体方式を提案している。

以上のように、本論文は、情報ネットワークにおけるスループット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。