



Title	Control Theoretic Analysis and Evaluation for Congestion Control Mechanisms in the Internet
Author(s)	久松, 潤之
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46641
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	ひさまつひろゆき 久松潤之
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学位記番号	第 20494 号
学位授与年月日	平成 18 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	Control Theoretic Analysis and Evaluation for Congestion Control Mechanisms in the Internet (制御理論を用いたインターネットにおける輻輳制御機構の解析および性能評価に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 村田 正幸 (副査) 教授 今瀬 真 教授 中野 博隆

論文内容の要旨

パケット交換ネットワークにおいて、フィードバック型の輻輳制御は不可欠である。現在のインターネットでは、データ系のサービスにおいて、フィードバック型の輻輳制御機構として、TCP (Transmission Control Protocol) が用いられる。一方、リアルタイム系のサービスのための、輻輳制御機構がいくつか提案されている。これらの提案されている輻輳制御機構のうち、DCCP (Datagram Congestion Control Protocol) が最も有力視されている。これら TCP や DCCP はネットワークのエンドホストで動作する。一方、ネットワーク内において、輻輳制御を行うものとして、アクティブキュー管理機構がある。本論文では、これらの輻輳制御機構がフィードバック型の制御を行うことに着目し、これらの性能評価を行う。

現在のインターネットのトラフィックは TCP がその大部分を占めている。TCP はアドホックにさまざまな機能が追加されてきたため、TCP の性能、動作の理論的な裏付けはなく、数学的解析による TCP の性能評価が必要である。そこで、まず、ネットワーク全体をフィードバックシステムとして捉えるモデル化手法を提案した。さらに、この手法を用いて、TCP の過渡特性を解析した。その結果、帯域遅延積が TCP の安定性や過渡特性を大きく左右することを明らかにした。

また、近年、大規模なネットワークの設計手法や性能解析手法に対する要求が高まっている。インターネットの性能を決める重要な要素の一つは、TCP の輻輳制御であるが、大規模ネットワークの設計問題においては TCP のフィードバック制御に基づく輻輳制御方式が考慮されていない。そこで、1 万本を越える TCP コネクションが存在する大規模ネットワークを対象とした解析手法を提案し、提案手法の有効性を示した。

ネットワークの広帯域化に伴い、リアルタイム系アプリケーションのトラフィックが増加し、今後より増加することが想像される。そこで DCCP と RED が存在するネットワークに対して、定常および過渡特性解析を行った (RED を使うことでリアルタイム系のアプリケーションのエンド間の遅延を減らすことが期待される)。その結果、RED の制御パラメータの一つである、移動指数平均の重みが小さいほど、DCCP/RED の安定性および過渡特性が劣化することを示した。この問題を解決するために、RED がパケット棄却率を決定する関数に変更を加えた、RED-IQI (RED with Immediate Queue Information) を提案し、その有効性を示した。

論文審査の結果の要旨

パケット交換ネットワークにおいて、フィードバック型の輻輳制御は不可欠である。本論文では、インターネットにおける輻輳制御機構がフィードバック型の制御を行うことに着目し、これらの性能評価を行っている。

まず、データ系のトラヒックの転送を行う TCP の性能評価を行っている。現在のインターネットのトラヒックは TCP (Transmission Control Protocol) がその大部分を占めている。TCP の主要な機能である輻輳制御方式については、これまで多くの研究がなされてきており、さまざまな改善方式が提案・実装されてきた。それらの研究のほとんどが、パケット棄却率を一定と仮定した上で、TCP の定常特性を評価している。しかしながら、TCP の過渡特性が明らかにされていない。また、実際のネットワークにおいて、パケット棄却率は変動しており、TCP の過渡状態における性能がネットワーク全体の性能に与える影響は大きい。従って、TCP の過渡特性を明らかにすることは重要といえる。そこで本論文では、まず、ネットワーク全体をフィードバックシステムとして捉えるモデル化手法を提案している。さらに、この手法を用いて、TCP の過渡特性を解析している。その結果、帯域遅延積が TCP の安定性や過渡特性を大きく左右することを明らかにしている。

次に、リアルタイム系のトラヒックの転送を行うトランスポート層プロトコルの性能評価を行っている。リアルタイム系のアプリケーションのために、複数のトランスポート層プロトコルが提案されているが、DCCP (Datagram Congestion Control Protocol) が現在最も有力視されている。DCCP はその輻輳制御機構を選択できる。現在は AIMD 型のウィンドウ制御、TCP-Friendly なレート制御が選択できる。どちらの輻輳制御機構も、その定常特性は明らかにされているが、過渡特性は明らかにされていない。そこで、すでに提案した、TCP を含むネットワーク全体をフィードバックシステムと捉えるモデルを拡張して、DCCP と RED が存在するネットワークに対して、過渡特性解析を行っている (RED を用いることでエンド間の遅延を減らすことが期待される)。その結果、RED の制御パラメータの一つである、移動指数平均の重みが小さいほど、DCCP/RED の安定性および過渡特性が劣化することを示している。この問題を解決するために、RED がパケット棄却率を決定する関数に変更を加えた、RED-IQI (RED with Immediate Queue Information) を提案し、その有効性を示している。

最後に、TCP がフィードバック制御であることを考慮した、大規模ネットワークの解析手法を提案している。インターネットの性能を決める重要な要素の一つは、TCP の輻輳制御であるが、大規模ネットワークの設計問題においては TCP のフィードバック制御に基づく輻輳制御方式が考慮されていない (ネットワークに存在するトラヒックが一定であると仮定した上で、評価している)。従って、現実にある大規模なネットワークに TCP トラヒックが流れた時にネットワークがどうなるか、エンド間の TCP スループットはどうなるか、といった検討がこれまで行われていない。そこで、100,000 を越える TCP コネクションが存在する、大規模ネットワークの解析手法を提案し、その有効性を示している。

以上のように、本論文において、インターネットにおける輻輳制御機構に関する多くの研究成果を挙げており、博士として審査の価値があると考えられる。