

氏名	おだ ひろき 織田 弘樹
本籍	大阪府
学位の種類	博士 (情報学)
学位の番号	甲第42号
学位授与年月日	平成26年 3月14日
学位授与の要件	本学学位規則第14条
学位論文題目	無線 LAN における次世代トランスポート層プロ トコルCompound TCP に関する研究
論文審査委員	主査教授 登尾啓史 副査教授 上善恒雄 副査教授 渡邊郁

論文内容の要旨

本論文では、広帯域なネットワーク向けに提案された Compound TCP の無線 LAN における問題点をシミュレーションにより明らかにし、さらに Compound TCP を改善した Compound TCP+ を提案している。加えて、シミュレーションおよび実験ネットワークによる実験により、Compound TCP+ の有効性を示している。

本論文では、まず、現在のインターネットで広く用いられているトランスポート層プロトコルである TCP の制御を説明し、その後、広帯域ネットワークにおける TCP の問題を説明している。さらに、その問題を解決する既存の手法を説明している。そして、既存の手法のうち、多数の手法には問題があることを述べ、Compound TCP が最も将来性があることを述べている。

次に、現在の無線 LAN の普及状況や、無線 LAN におけるアクセス制御を説明し、次に、無線 LAN において TCP を用いた場合にスループット公平性が失われる原因と、その問題に対する既存の改善手法を説明し、さらに、その問題点を述べている。

そして、広帯域高遅延なネットワーク向けに提案された Compound TCP の輻輳制御を説明し、上記の無線 LAN における TCP の問題を、Compound TCP が持ちうることを述べている。その後、無線 LAN における Compound TCP の性能評価を行っている。その

結果, Compound TCP に TCP と同様の問題があること, すなわち, 無線 LAN において Compound TCP を用いた場合, 同一環境下で通信を行っているにも関わらず, スループットが非常に高い端末とスループットが非常に低い端末が混在することを明らかにしている.

さらに, 無線 LAN における Compound TCP の問題を解決する Compound TCP+ の輻輳制御を提案している. Compound TCP+ は, ネットワークが軽度の輻輳状態である場合の制御を Compound TCP に導入している. 具体的には, Compound TCP+ は, アクセスポイントのバッファがあふれるような重度の輻輳状態となる前に, 損失ウィンドウを減少させている. これにより, Compound TCP+ は, アクセスポイントのバッファあふれを回避し, 無線 LAN においてスループット公平性が失われる Compound TCP の問題を解決している.

次に, 無線 LAN における Compound TCP+ をシミュレーションおよび実験ネットワークにおける実験によって性能評価を行っている. シミュレーション結果から, Compound TCP+ の公平性は Compound TCP よりも高いことを示し, さらに Compound TCP+ を用いた場合の合計スループットは, Compound TCP を用いた場合の合計スループットと同程度であることも示し, また, 既存の公平性向上のためのプロトコルよりスループットが高いことも示している. さらに, 実験ネットワークにおける実験において, Compound TCP+ の公平性は Compound TCP よりも高いことから, 無線 LAN において Compound TCP+ がネットワーク帯域を公平に共有できることを示している.

最後に, 広帯域ネットワークにおける Compound TCP+ の性能評価を, シミュレーションにより行っている. その結果, ボトルネックリンクの帯域が 10 [Gbit/s] の回線において, Compound TCP+ は, 10 [Gbit/s] のスループットを得ることを示し, 広帯域ネットワークにおいて帯域を有効に活用できることを示している.

論文審査結果の要旨

本論文では、まず、シミュレーションによる性能評価から、アクセスポイントに対して接続される無線端末の増加に伴って、Compound TCP は、TCP と同様に、スループットの公平性が失われることを示している。さらに、無線 LAN において Compound TCP を用いた場合、遅延ベースの輻輳制御は動作せず、損失ベースの輻輳制御のみにより、ネットワーク中に送出するパケット数が決定されることを明らかにしている。これより、無線 LAN において Compound TCP を用いた場合、その輻輳制御は TCP と同一の輻輳制御となり、スループットの公平性が失われることになる。

現状の Compound TCP の研究は、広帯域環境において、いかに高いスループットを達成できるかという論文がほとんどで、無線 LAN 環境での Compound TCP の振る舞いを明らかにしたものはない。これを明らかにしたところに、まず本論文の新規性はある。

また本論文では、無線 LAN において Compound TCP の問題を解決する Compound TCP+ を提案している。この Compound TCP+ では、遅延ベースの輻輳制御が決定する遅延ウィンドウが下限値になったとき、損失ベースの輻輳制御が決定する損失ウィンドウを増加させない。これによりアクセスポイントのバッファあふれを防ぎ、無線 LAN においてコネクション間のスループット公平性の維持に成功している。

本論文では、Compound TCP+ におけるハイブリッド型の輻輳制御として、遅延ベースと損失ベースを連携させた輻輳制御を提案しているが、この手法は全く新しいものである。一般に、インターネット通信では、送信側と受信側の端末の所持者は常に異なる。そのため、送信側と受信側の両者の変更（プロトコルへの移行）が必要な手法は実際には使えない。これに対して、Compound TCP+ の導入は、送信側のみの変更で済むことから汎用性が高く、OS の標準化の際に組み込める可能性もある。これは Compound TCP+ の優れた能力である。

次に、シミュレーションによる性能評価を行い、Compound TCP+ が無線 LAN において高い公平性を得ることを示し、さらに、既存の無線 LAN におけるスループット公平性改善手法と比較して、Compound TCP+ は、公平性を維持しつつ、スループットの劣化を抑える輻輳制御方式であることを示している。さらに、Compound TCP+ を Linux カーネル上に実装し、実験ネットワークにおける実験を行っている。実験ネットワークにおける実験から、Compound TCP+ が無線 LAN において高い公平性を維持することを示している。また、広帯域なネットワークにおける Compound TCP+ の性能評価をシミュレーションにより行い、その結果、Compound TCP+ は、Compound TCP と同様に、広帯域なネットワークにおいて、その帯域を有効に活用することを示している。

シミュレーションおよび実験ネットワークにおける実験において、Compound TCP+ が

無線 LAN において高い公平性を得ることを示していること，また既存の手法と比較して，高いスループットを得られることを示しており，さらに，広帯域環境において，その性能が十分に発揮されることも確認している．これらの評価より，Compound TCP+ の有効性は十分示されている．

以上のように，本論文は，博士学位論文として十分な新規性と有効性を内包している．したがって，本論文の審査結果を「合格」とする．

論文審査委員

主	查	教授	登	尾	啓	史
副	查	教授	上	善	恒	雄
副	查	教授	渡	邊		郁

論文審査結果の要旨

最終試験の結果、合格と認める。

論文審査委員	主	査	教授	登	尾	啓	史
	副	査	教授	上	善	恒	雄
	副	査	教授	渡	邊		郁