

モバイルネットワークにおけるMPTCP輻輳制御の性能評価 -パケットロス率がビデオストリーミング品質に与える影響調査-*

Performance Evaluation of MPTCP Congestion Control in Mobile Networks

-A Study on the Impact of Packet Loss Rate on Video Streaming Quality-

近藤 優吉¹
Masayoshi Kondo

カベンディッシュ ジルセウ¹
Dirceu Cavendish

野林 大起¹
Daiki Nobayashi

池永 全志¹
Takeshi Ikenaga

九州工業大学大学院¹
Kyushu Institute of Technology

1 はじめに

モバイル環境におけるビデオストリーミングの需要は高まっており、その性能を改善するために、トランスポートプロトコルであるTCPの拡張方式としてMultipath TCP (MPTCP)が期待されている。MPTCPの通信性能は複数の転送パス(サブフロー)にパケットを振り分けるスケジューラと、MPTCPの輻輳制御アルゴリズムによって変化することが確認されている[1]。そこで本研究では、標準スケジューラとMPTCPの様々な輻輳制御を組み合わせた環境において性能評価を行い、パケットロス率がMPTCPビデオストリーミングに与える影響を調査する。

2 MPTCPによるビデオストリーミング

MPTCPは、複数の経路を同時に使用可能であるが、アプリケーション層からは単一のTCPソケットとして使用できるため、ユーザは複数経路を意識することなくビデオストリーミングを行うことができる。フロー制御はサブフローごとに行われており、通常のTCPで使用される独立にフロー制御を行うuncoupled方式(Cubic, Compound等)の他に、サブフロー間で連携してウィンドウサイズを調整するcoupled方式(LIA, OLIA, BALIA等)が提案されている。一方で、MPTCPはパケットスケジューラにより各パケットのサブフローを決定する。標準スケジューラであるLow RTT First (LRF) Schedulerは、各経路のRTTのみを基準にサブフローを決定する。そのため、モバイル通信回線(LTE)とWi-Fiなど、RTTが大きく異なる2つの経路を使用する場合には、多くのパケットはRTTの短いWi-Fi経路に転送される。しかし、Wi-Fi等の通信可能エリアが狭い無線リンクでは、無線通信品質が急激に劣化することによって、パケットロスが発生することがある。ビデオストリーミングでは、パケットロスが発生すると、不完全なビデオフレームは破棄され、ビデオ品質が低下する可能性がある。

3 性能評価

パケットロスが発生する環境におけるMPTCPの輻輳制御方式とスケジューラの組み合わせによる性能評価を図1に示す環境で実施した。サーバからクライアントへサイズ409MB、ビデオレート5.24Mb/sのビデオをHTTPによりストリーミングを行う。ビデオ品質の評価指標は、Picture discard及びBuffer underflowの発生回数とし、5回計測した結果の平均値を求める。スケジューラはLRFを使用し、輻輳制御方式としてCubic, Compound, LIA, OLIA, BALIAを使用する。ネット

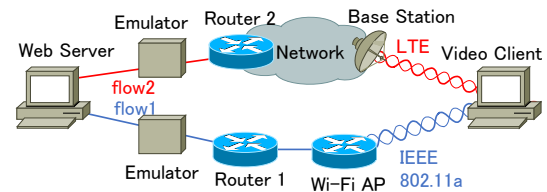
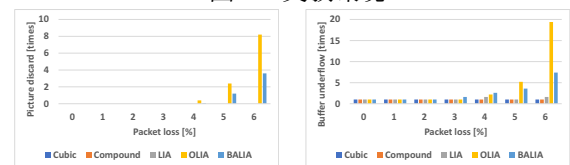


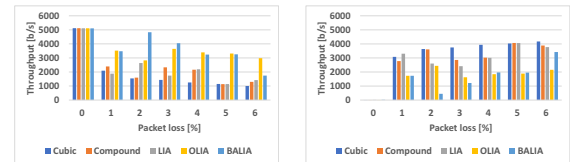
図1 実験環境



(a) Picture discard

(b) Buffer underflow

図2 ビデオ品質特性



(a) Throughput Wi-Fi

(b) Throughput LTE

図3 各経路のスループット測定結果

ワークエミュレータを用いて、Wi-Fi経路(flow1)に1から6%のパケットロスが発生させた場合の性能評価を行う。

4 結果と考察

図2にパケットロス率が0から6%までのMPTCP輻輳制御方式ごとのビデオ品質を示す。パケットロス率が5%以上になるとOLIA, BALIAの両方でビデオ品質が低下している。これは、図3に示す各経路のスループット特性の結果より、coupled方式であるOLIA, BALIAは、パケットロスが発生しているにもかかわらずWi-Fi経路を使用したためだと考えられる。

5 まとめ

本研究では、モバイルネットワークにおいて、パケットロス率がMPTCPビデオストリーミング品質に与える影響を標準スケジューラと様々な輻輳制御方式を組み合わせで調査した。今後は動的に通信品質が変化する環境を構築し、性能評価を行う。

参考文献

- [1] M.Kondo, et al. "Path Schedulers Performance on Cellular/Wi-Fi Multipath Video Streaming" Proc. of INTERNET2021, July, 2021.

*本研究の一部は、JSPS 科研費 20K11792, 及び国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究による成果を含む。