

学生番号	19676130	氏名	水口 新太
論文題目	TCP セグメント連続転送に基づく 経路利用率推定のための MPTCP コネクション切替手法に関する研究		

1 はじめに

送受信者間の複数経路による TE(Traffic Engineering) では各経路の利用状況把握が必要となる。TCP 転送の場合、送信者はセグメントの連続転送(パケットトレイン方式)による経路利用率の推定が可能となる。しかし ACK セルフクロッキングにより ACK が間欠的に返送されるため、後続のセグメント連続転送が困難となる。本研究では、MPTCP(Multi-Path TCP)により被測定経路に複数の仮想コネクションを確立し、経路の負荷変動を考慮して転送性能劣化を抑制しつつセグメント連続転送を維持するコネクション切替手法を提案する。

2 経路利用率推定

TCP セグメント転送による連続セグメントの最初と n 番目の ACK 受信間隔を r_n , その最小値を r_{min} とすると、以下より正規化 ACK 受信時間 E が求まり、経路利用率を推定できるが、ACK セルフクロッキングにより継続的な利用率推定が困難になる。

$$E_n = r_n / r_{min}. \quad (1)$$

3 TCP コネクションを用いた ACK 待機手法

送信端末は送信した全セグメントに対する ACK を受信するまで待機しセグメント転送をすることでセグメント転送の連続性維持を可能とする。

4 MPTCP による複数コネクション切替手法

図 1 のように MPTCP により複数コネクションを切り替えることで、連続転送性を確保する。

4.1 逐次コネクション切替手法 [1]

コネクション 1(2) で複数セグメントを連続転送し、後続のセグメント転送をコネクション 2(1) に切り替える。

4.2 負荷変動を考慮したコネクション切替手法の提案

i 番目の連続セグメント転送における平均 ACK 受信間隔 A_i の差分 ΔA_i を求める。

$$A_i = \sum_{k=1}^{N_i} \frac{\Delta T_k}{N_i}, \quad \Delta T_i = r_{i,j} - r_{i,j-1}. \quad (2)$$

N_i : i 番目に転送された連続セグメント数

$r_{i,j}$: i 番目の連続セグメント中 j 個目の ACK 受信時刻

$$\Delta A_i = A_i - A_{i-1}. \quad (3)$$

$\Delta A_i < -0.01[ms]$ の場合に経路利用率が減少して ACK セルフクロッキングの解除が必要と判断して転送コネクションを切り替える。

5 シミュレーション環境と評価指標

図 1 で送受信ノード Src-Dst 間に MPTCP の仮想コネクションを 2 本確立し、サイズ 100[MB] のファイルを TCP 転送し経路利用率を推定する。各リンク帯域は 100[Mb/s], ルータ R1-R2 間には背景トラヒックとして 5 秒間 50[Mb/s], その後 20 秒間 $X(60 \sim 80)[Mb/s]$ の CBR が発生するものとする。評価指標に正規化 ACK 受信時間 E_n , ファイル転送時間 $t[s]$ を用いる。

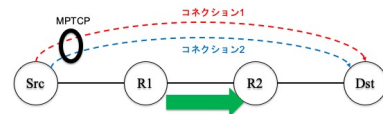


図 1. シミュレーショントポロジ

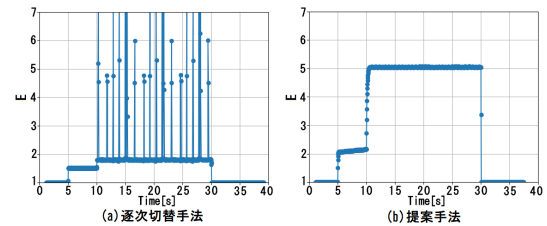


図 2. 正規化 ACK 受信時間 E

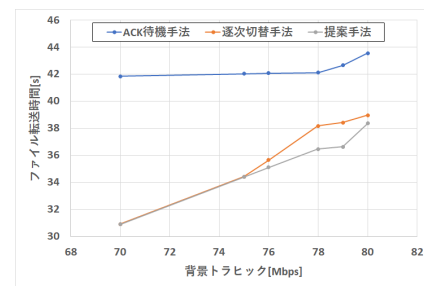


図 3. ファイル転送時間

6 シミュレーション結果と考察

図 2 は $X=78[Mb/s]$ の時の逐次切替手法と提案手法における E_n を示す。図 2(a) より、利用率が増加した時に逐次切替を行うと、維持性の確保が悪影響を及ぼしてパケットロスを発生させるため、 E_n が大きく変動するが、図 2(b) より、提案手法では変動時のみにコネクションを切り替えるため、安定した推定が可能となることがわかる。

ファイル転送時間を示した図 3 より、ACK 待機手法では転送待機の影響で性能が劣化する。MPTCP によるコネクション切替により、劣化を抑制するが、逐次切替では高負荷時に無駄な切替による劣化が生じるのに対し、提案手法では安定した転送を可能とする。

7 まとめ

MPTCP による負荷変動を考慮したコネクション切替手法により、転送性能の劣化を抑制した経路利用率推定が可能であることを示した。

参考文献

[1] 寺床八真和, 川原憲治, "MPTCP を利用したセグメント連続転送に基づく経路利用率推定手法", 電子情報通信学会 2020 総合大会, B-7-30, 2020 年 3 月。

研究業績

水口新太, 川原憲治, "TCP セグメント連続転送に基づく経路利用率推定のための MPTCP コネクション切替手法", 電子情報通信学会 2021 総合大会発表予定。