

学生番号	15232083	氏名	水口 新太
論文題目	TCP リンク利用率推定における ACK セルフクロッキングの影響緩和のための MPTCP 適用方式に関する研究		

1 はじめに

インターネットの利用者の増加に伴う経路利用率の変動に対して柔軟なトラフィック制御を行うためには、TCP 送信端末自身による推定が重要となる。その方式としてパケットトレイン方式による ACK 受信間隔に基づく手法が提案されているが、ACK セルフクロッキングにより推定が困難になるという問題が発生する。

本研究では、リンク利用率推定における ACK セルフクロッキングの影響を緩和し、かつ転送性能の劣化を抑制するため、MPTCP の適用について検討し、有効性を評価する。

2 TCP 利用率推定と ACK セルフクロッキング

TCP 送信端末がデータセグメント転送を兼ねて経路利用率を推定する場合、連続セグメント転送に対する受信端末からの ACK セグメント到着間隔を利用することが提案されている。しかし、経路における背景トラフィックにより到着間隔が大きくなると、その後の送信端末からのセグメント転送間隔が同期する ACK セルフクロッキングが生じる。したがって、背景トラフィック量の変動が大きいと連続転送による利用率推定が困難になる。

2.1 ACK 待機手法 (従来手法)

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た後連続してセグメント転送を行うことで ACK セルフクロッキングの影響を解除する。しかしながら、ACK 待機後にセグメント転送を再開することで転送性能が劣化する。

2.2 MPTCP を用いた Subflow 切替手法

従来手法に対し、MPTCP を利用して送受信端末間の同一経路上にコネクション (Subflow) を 2 本確立し、ACK セルフクロッキングが発生した場合に、Subflow を切り替えてセグメント転送する手法を検討する。なお、切り替えタイミングは背景トラフィックの転送の終了時とし、輻輳ウィンドウサイズは両 Subflow に対して共有するものとする。

3 シミュレーション環境と評価指標

シミュレータに NS-3(Network Simulator Ver.3) を用いる。ACK 待機手法では図 1 の上図に示す TCP を、提案手法では図 1 の下図に示すような同一経路に 2 つの Subflow を持つ MPTCP 転送を想定する。送信端末からのデータセグメント転送開始後、3[s] から 0.1[s] 間 50[Mbps] の CBR(Constant Bit Rate) に従う UDP パケットが背景トラフィックとしてルータ間で転送されるものとする。

評価指標として ACK 受信間隔と転送完了時間を定義する。

- ACK 受信間隔: $ACK_{interval} = ACK_{n+1} - ACK_n$
(ACK_n :連続セグメントの n 番目の ACK 受信時刻)
- ファイル転送完了時間: $T[s]$

4 シミュレーション結果と考察

通常転送および、提案手法における ACK 受信間隔 $Ack_{interval}$ をそれぞれ図 2, 3 に示す。また、図 3 は左が Subflow1, 右が Subflow2 における $Ack_{interval}$ を示す。通常転送時の最小 ACK 受信間隔は 0.12[ms] であるが、背景トラフィック転送後は ACK セルフクロッキングにより 0.20[ms] ~ 0.28[ms] となることがわかる。 $Ack_{interval}$ が変動するのはルータにバッファリングされる際に背景トラフィックと TCP トラフィックが競合するためである。提案手法では、Subflow1 で ACK セルフクロッキングが生じた後 Subflow2 へ切り替えることで、Subflow2 では最小 ACK 受信間隔である 0.12[ms] となり、解除されている。なお、ACK 待機手法も同様である。

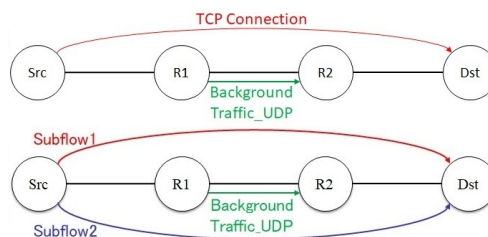


図 1: 上:TCP 転送 下:MPTCP 転送

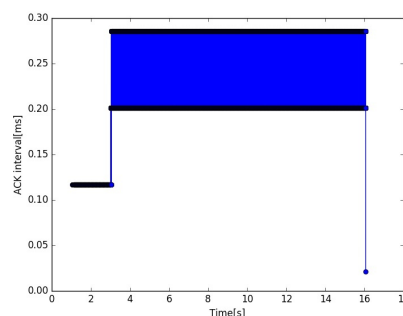


図 2: 通常転送時における ACK 受信間隔推移

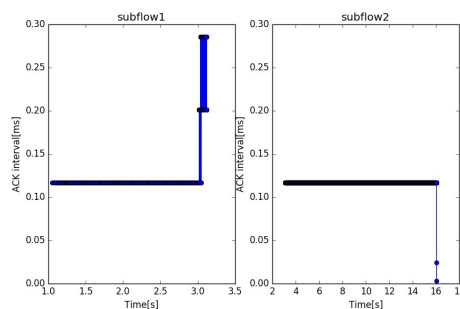


図 3: 提案手法における ACK 受信間隔推移

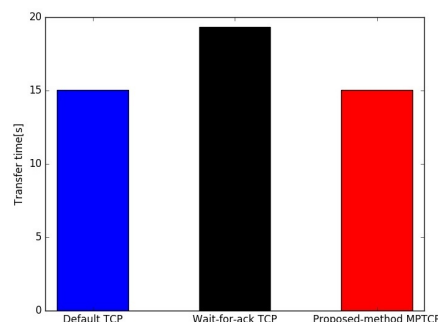


図 4: 通常転送時, ACK 待機手法, 提案手法の転送完了時間

各手法における転送完了時間を図 4 に示す。図 4 より、通常転送時 $T = 15.046[s]$ に対して ACK 待機手法では $T = 19.333[s]$ となり劣化するが、これは ACK 待機による転送効率低下が大きく影響している。一方、提案手法では Subflow 切替による ACK セルフクロッキングの解除を行うため、 $T = 15.046[s]$ となり通常転送時と同性能となる。よって、転送効率が維持された Subflow 切替が行われていることがわかる。この結果から、提案手法が有効であるといえる。

5 まとめ

MPTCP を利用した Subflow 切替手法により、ACK セルフクロッキングの解除と同時に転送性能の劣化を抑制することで、経路利用率の推定精度向上に寄与するものと考えられる。