

学生番号	14232047	氏名	寺床 八眞和
論文題目	MPTCP を利用した空間的統括 TE における Subflow 利用率の簡易推定方式に関する研究		

1 はじめに

インターネットの普及によるトラフィック増加に対応するため、収容機器が増設され消費電力量も増大している。送受信ノード間に複数の経路が存在する場合、経路の利用率が高い場合には負荷分散を目的とした、低い場合には、省電力化を意識した経路制御が望ましい。このように、経路利用状況に応じて負荷分散/集約することを空間的統括トラフィックエンジニアリング (Traffic Engineering:TE) と呼ぶ。そこで本研究では、MPTCP による End-to-End の空間的統括 TE の実現に向け TCP のフロー制御機構を利用した経路利用状況の推定方式を検討する。

2 空間的統括 TE

ある送受信ノード間に複数の経路が存在する場合、経路利用率が負荷分散閾値 T_{dist} より高い場合は経路分散を行い、経路利用率が省電力閾値 T_{eco} より低い場合は、経路集約を行い未使用経路を省電力化することにより、転送性能と省電力性能の両者の向上を目指す。

3 MPTCP (Multipath TCP)

複数経路に TCP コネクションを確立し、複数の TCP コネクションを 1 セッションとして利用することで耐障害性やスループットを向上させる TCP の拡張機能である。

4 経路推定手法

空間的統括 TE において、省電力化もしくは、負荷分散による輻輳回避と転送性能の改善を図るためには、各経路の利用状況に応じて転送経路を決定する必要がある。そこで本研究では、ACK 受信後に N 個の連続セグメントの転送特性を利用するパケットトレイン方式において、送信ノードにおけるその ACK 受信間隔とトラフィック量の関係により推定する。

$$R_i = \frac{\Delta r_{i,j}}{\Delta r_{min,i}} \quad (1)$$

ここで、 $r_{i,j}$ は i 番目のセグメント群の j 個目のセグメントの ACK 受信時刻、 i 個目の連続セグメント転送群における j 番目のセグメントの ACK 受信時刻差を $\Delta r_{i,j} = r_{i,j} - r_{i,0}$ 、その最小値を $\Delta r_{min,i} = \min_j(\Delta r_{i,j})$ とし、 R_i を連続セグメント群 i における正規化した ACK 受信間隔と定義し、経路利用率との関係を調べる。

5 シミュレーション

ネットワークモデル：図 1 で、全リンクの帯域 $1[Gbps]$ 、MPTCP のサブフローの TCP は NewReno とする。

送信トラフィックモデル：src-dst 間で、MPTCP により $10[MB]$ のファイルをセグメントサイズ $1400[B]$ で転送する。

背景トラフィックモデル：経路利用率推定時は、転送レート R_L の断続ポアソン過程 (R_L, α, β)、空間的統括 TE 性能評価では、各経路平均転送レート R_L の拡張断続ポアソン過程 ($R_a/R_b/R_c, \alpha, \beta$) に従い、セグメントサイズ $1000[B]$ で転送する。平均 ON/OFF 時間は $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} = 0.5[sec]$ とする。

評価指標

- 転送性能 : ファイル転送時間 $T[sec]$
- 省電力性能 : 経路 i の T におけるアイドル時間の割合

6 シミュレーション結果および考察

図 1 の経路 1 のみでファイル転送を行い、 R_i に対する背景トラフィックの ON 状態時の転送レートの影響を図 2 に示す。この図より、ウィンドウサイズ j が 4 以下の場合は R_L によらず R_i が一定のため経路利用率の推定は困難である。

表 1: MPTCP を用いた空間的統括 TE 性能評価

$R_L [Mbps]$	省電力性能 [%]	MPTCP 転送時間 [s]
100	33.24	20.51
200	17.48	20.44
300	10.02	19.86

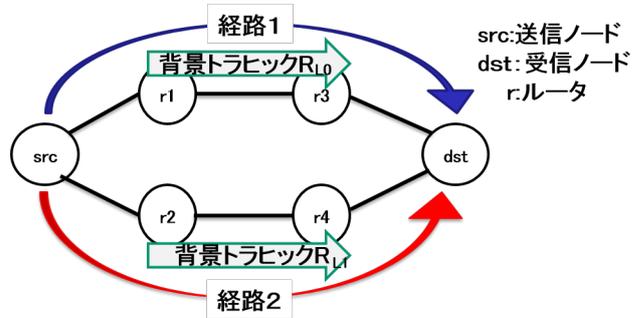


図 1: MPTCP シミュレーショントポロジ

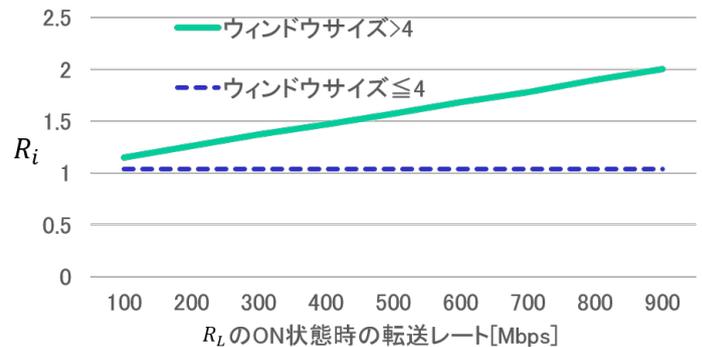


図 2: 背景トラフィックレートと R_i の関係

一方、 $j > 4$ の場合、線形的に増加するため、経路利用率を推定可能である。先行研究 [1] では経路切り替え閾値を R_L に対して、 $T_{eco} = 300[Mbps]$ 、 $T_{dist} = 500[Mbps]$ としており、それぞれ $R_i = 1.35, 1.56$ に相当する。そこで、前セグメント群の値 R_i により経路切り替えを行うものとする。

表 1 は、MPTCP により 2 経路利用時の統括 TE の性能を示す。背景トラフィック量 $R_L = 100[Mbps]$ の時、省電力性能=33[%] が達成可能で、ファイル転送時間も 1 経路利用の TCP 転送時間 $20.74[s]$ と比較して $20.61[s]$ と改善される。 R_L の増加につれて、省電力性能は小さくなるが、負荷分散 TE の適用時間が長くなるため転送時間はさらに改善することになる。以上から、経路利用状況推定方式は有効であることがわかる。

7 まとめ

MPTCP を利用した End-to-End 空間的統括 TE において各経路の利用状況を TCP のセグメント転送特性に基づき推定し経路切り替えを行う有効性を示した。

参考文献

- [1] 波左間貴大, 川原憲治, "マルチパス TCP を利用した End-to-End 空間的統括 TE の性能評価", 電子情報通信学会 NS/IN 研究会, 2018 年 3 月発表予定。