

学籍番号	16676121	氏名	波左間 貴大
論文題目	マルチパス TCP を適用した End-to-End 空間的統括 TE の性能評価に関する研究		

### 1 はじめに

インターネットにおいて、トラフィック量増加に対する負荷分散や電力消費量削減のための省電力化が重要である。送受信ペア間に複数の通信経路が存在する場合、状況に応じて経路分散/集約することを空間的トラフィックエンジニアリング (Traffic Engineering, TE) と呼ぶが、利用状況が高い場合は輻輳回避を目的とした、一方、低い場合は省電力化を意識した経路制御をすることが望ましい。

そこで本研究では、MultiPath TCP(MPTCP) を利用し、ネットワーク利用状況に応じて転送経路を End-to-End で制御する空間的統括 TE を提案し、シミュレーションにより利用状況に対する制御指針の切替閾値が転送性能や省電力性能に及ぼす影響について評価し、その有効性を示す。

### 2 MultiPath TCP(MPTCP)

耐障害性やスループットの向上を目的とした TCP の拡張機能であり、複数の TCP コネクションをサブフローとして一括管理することで、複数経路による通信を可能とする。

### 3 空間的統括 TE

図 1 に示すような送受信ペア間に通常 TCP で利用されるコアノードを通る経路 (コア経路) と、同一ホップ数の経路 (周辺経路) を有するモデルを想定する。空間的統括 TE においては、コア経路  $L_0$  (周辺経路  $L_1$ ) に発生する背景トラフィック量  $R_{L_0}$  ( $R_{L_1}$ ) に応じて、以下のように送信ノードが利用経路を決定する。

#### 省電力 TE

- コア経路 :  $(0 \leq R_{L_0} < T_{eco0})$  and  $(R_{L_1} = 0)$
- 周辺経路 :  $(R_{L_0} = 0)$  and  $(0 \leq R_{L_1} < T_{eco1})$

#### 通常 TCP 転送

- コア経路 :  $(R_{L_0} \leq R_{L_1})$  and  $(0 < R_{L_0} < T_{dist0})$
- 周辺経路 :  $(R_{L_0} \geq R_{L_1})$  and  $(0 < R_{L_1} < T_{dist1})$

#### 負荷分散 TE

- 両経路 :  $(R_{L_0} \leq T_{dist0})$  and  $(R_{L_1} \leq T_{dist1})$

### 4 シミュレーション環境

**ネットワーク:** ノード数 50, 全リンクの帯域 1[Gbps], コスト 1, 及びルータのバッファサイズ 150[MB] とする。

**送信トラフィック:** 送受信ペア間で、MPTCP により 100[MB] のファイルをセグメントサイズ 1400[B] で転送する。サブフローの TCP バージョンを NewReno とする。

**背景トラフィック:** 送受信ノードでない任意のペア間で発生確率を  $p$  として ON 状態時の平均転送レート  $R = 100[Mbps]$  のポアソン過程に従い、セグメントサイズ 1472[B] で転送する。平均 ON/OFF 時間を  $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} = 0.01[sec]$  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  $P_{eco-i}$

### 5 結果・考察

まず、負荷分散閾値  $T_{dist}$  を検討する。ここで、背景トラフィック量は送受信ペアの 2 経路間で均一とする。  $T_{dist}$  に対する通常 TCP 転送 ("default"), 空間的統括 TE ("proposed") のファイル転送完了時間を図 2 に示す。ここで、  $T_{eco} = 230[Mbps]$  とする。この図より、  $p$  によらず、  $T_{dist}$  が小さいほど転送完了時間は改善するが、パケットロス率は増加する。これは負荷分散 TE の適用時間の割合が高くなることを意味し、本来は、低利用経路 1 経路のみで転送可能であるのに、高利用経路に分散転送する可能性が高くなるためである。よって、転送完了時間を改善しつつ、通常 TCP 転送時におけるパケットロス率を超過しないという条件を満たす  $T_{dist} = 500[Mbps]$  と設定するのが望ましい。

次に、省電力閾値  $T_{eco}$  を検討する。  $T_{eco}$  に対する空間的統括 TE の省電力性能を図 3 に示す。ここで、  $T_{dist} = 500[Mbps]$  とする。この図より、低利用率時 ( $p = 20\%$ ) においては  $T_{eco}$  によらず 35[%] 以上の大幅な省電力効果を得ることができ、  $p$  によらず  $T_{eco}$  が大きいほど省電力性能は高く

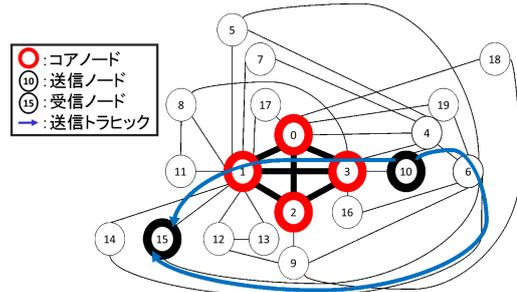


図 1: シミュレーショントポロジ

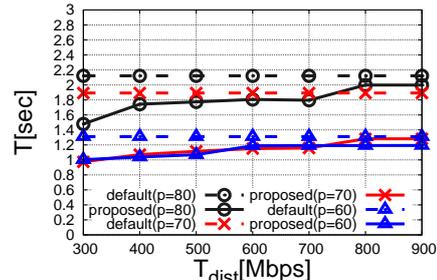


図 2: ファイル転送完了時間における  $T_{dist}$  の影響

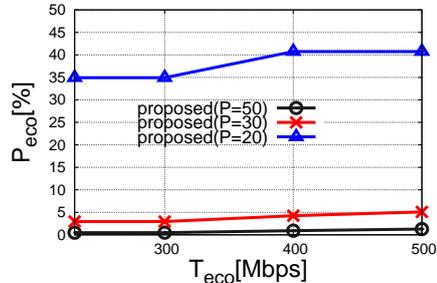


図 3: 省電力性能における  $T_{eco}$  の影響

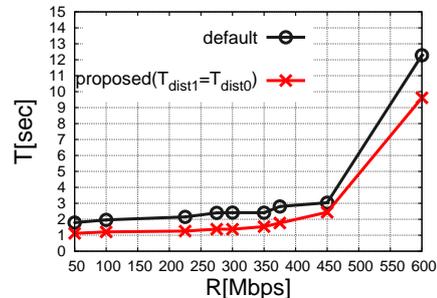


図 4: ファイル転送完了時間における  $R$  の影響

なるが、パケットロス率が悪化するので、  $T_{eco} = 300[Mbps]$  と設定するのが望ましい。

通常 TCP 転送と検討した切替閾値に従う空間的統括 TE の各経路における背景トラフィックの平均転送レート  $R$  に対するファイル転送完了時間を図 4 に示す。この図より、  $R < T_{dist}$  の場合でも転送完了時間が向上し、  $R$  によらない転送性能の向上ができ、低利用率時の省電力効果も期待できるため空間的統括 TE の効果が示される。

### 6 まとめ

ネットワークの利用状況によらず転送性能を改善し、省電力化も期待できるという MPTCP を適用した空間的統括 TE の有効性を示した。今後は、ネットワーク構成ノード数や送受信ペア数の設定閾値への影響を調査する必要がある。

#### 研究業績

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”, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 東京都市大学, Sep. 2017.

波左間貴大, 川原憲治, “マルチパス TCP を適用した 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.