

学籍番号	18676120	氏名	寺床 八眞和
論文題目	End-to-End 空間的統括 TE のための MPTCP による簡易利用率推定方式に関する研究		

## 1 はじめに

任意のデータ送受信者間において負荷分散/経路集約を行い転送性能や省電力性の向上を図る空間的統括 TE(TrafficEngineering) では各経路の利用状況を把握する必要がある。データ転送に TCP を仮定すると、セグメントの連続転送を利用したパケットトレイン方式による経路利用率推定が可能になる。しかし経路利用率が高くなると受信者からの ACK 返送が間欠的になり、送信側における後続セグメントの連続転送が困難となる。本研究では、MPTCP(MultiPathTCP) を利用した経路利用率推定手法を提案し空間的統括 TE にて適用した場合の性能評価を行う。

## 2 MPTCP 推定手法

TCP では、ウィンドウサイズ制御に基づきセグメント連続転送を行う。そこで、 $i$  個の連続セグメント転送における正規化 ACK 受信間隔  $T_i = \frac{r_i}{r_{i,min}}$  を定義する。ここで、 $i$  番目(最終)と先頭セグメントの ACK 受信間隔を  $r_i$ 、その最小値を  $r_{i,min}$  とする。転送経路利用状況により  $r_i$  は増加するが、 $r_{i,min}$  で正規化することでウィンドウサイズ  $i$  によらず  $T_i$  は経路利用率に比例する。

しかし、上記手法では、経路利用率が高くなると受信者からの ACK 返送が間欠的になる ACK セルフクロッキングの発生により次セグメントの連続転送が保証されず、経路利用率推定精度の劣化に繋がる。そこで、図 1 に示すように MPTCP を用いて 1 物理経路に 2 仮想コネクションを確立して管理し、送信側がコネクション 1(2) で連続セグメント群を転送し、その先頭セグメントの ACK を受信したら  $T_i$  の計測と同時にコネクション 2(1) により後続のセグメントを連続転送する。

## 3 空間的統括 TE

送受信ノード間に複数経路が存在する場合、TCP では最短経路により、転送するが、各経路の利用率が低い ( $R_{eco}$  未満) 場合は経路集約による省電力化、高い ( $R_{dist}$  以上) 場合は負荷分散による転送性能の向上を図る方式で、[1] では MPTCP により各物理経路に仮想コネクションを確立し制御する方法を提案し、 $R_{eco} = 0.3$ 、 $R_{dist} = 0.5$  が適切であることを示している。

## 4 シミュレーション

図 1 で、各リンク帯域を  $100[M]$  とし、src(送信ノード)-dst(受信ノード) 間に 1 物理経路に 2 コネクションを確立し、MPTCP にて管理し、src から dst へファイルサイズ  $10[MB]$ 、セグメントサイズ  $1400[B]$  で転送する。

### 4.1 経路利用率推定

図 1 の経路 0 において、 $r$ (中継ルータ) 間の背景トラフィックはレート  $R_{back}$  のポアソン過程に従う。 $R_{back}$  に対する平均正規化 ACK 受信間隔  $T$  を評価し、空間的統括 TE の閾値との関係を示す。

### 4.2 空間的統括 TE 性能評価

図 1 で、4.1 より求めた  $T$  を利用し、2 経路利用状態に応じた空間的統括 TE を下記の指標により評価する。両経路のルータ間の背景トラフィックは拡張断続ポアソン過程を想定し、平均 ON/OFF 時間を  $1[s]$ 、ON 状態時の転送レートが  $10/40/80[M]$  でランダムとし、平均レート  $R_L$  とする。

転送性能:  $1 \text{ ファイル転送終了時間 } [s]$   
 省電力性能:  $\frac{\text{機器の省電力可能時間}}{1 \text{ ファイル転送終了時間}} * 100[\%]$

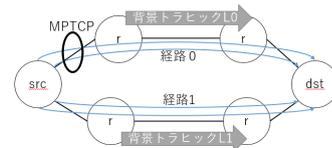


図 1: シミュレーショントポロジ



図 2: 空間的統括 TE 性能評価

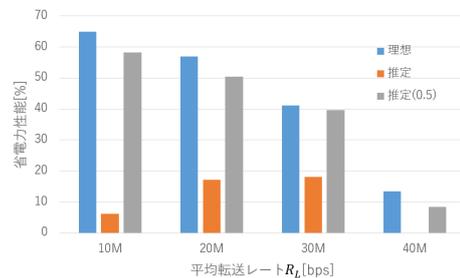


図 3: 空間的統括 TE による省電力性能

## 5 シミュレーション結果および考察

### 5.1 経路利用率推定

図 2 は背景トラフィック  $R_{back}$  と  $T$  の関係を示す。 $R_{back}$  が大きくなるにつれて  $T$  も線形増加することがわかる。よって  $T$  から  $R_{back}$  を推測することが可能となり空間的統括 TE の経路利用率に関する閾値は  $R_{back} = 0.3$  が  $R_{eco} = 1.36$  に、 $0.5$  が  $R_{dist} = 1.56$  に相当すると考えられる。

### 5.2 空間的統括 TE 性能評価

図 3 は各経路の平均レート  $R_L$  に対する省電力性能を示す。図中の”理想”はレート変動と共に制御指針が切り替わる場合の、”推定”は 2 の正規化 ACK 受信間隔  $T_i$  の計測によりレート変動を推定し制御する場合を示す。この図より”推定”では、 $R_L$  に関わらず省電力性能は小さい。これは省電力 TE と通常 TCP 転送では 1 経路しか利用せず他経路の  $T_i$  が更新されないためである。そこで経路未転送時間を  $X[s]$  としその時間が経過したら強制的に該当経路にてセグメント転送/利用率推定し、制御指針を決定する。図 3 の”推定 (0.5)”は  $X=0.5[s]$  の場合を示すがこれにより、理想時と同等の省電力性能が可能となることわかる。

### 5.3 まとめ

複数物理経路を一括管理する MPTCP による空間的統括 TE において各経路に 2 本の仮想コネクションを確立して利用率推定を行う手法を提案して適用し、推定方法、および空間的統括 TE の有効性を示した。

## 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

## 研究業績

寺床 八眞和, 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 総合大会, 2020 年 3 月発表予定