

学籍番号	14676102	氏名	荒木 雅斗
論文題目	マルチパス TCP を利用した End-to-End 空間的省電力 TE		

## 1 はじめに

近年、ネットワークにおける省電力化が急務である。任意の送受信ノード間に複数経路の転送が存在し、最小ホップ経路の利用率が低い場合、他経路に迂回することで前者の経路を構成するリンク/ルータの省電力化を図る空間的省電力トラフィックエンジニアリング (Traffic Engineering: TE) が有効である。しかし、トランスポートプロトコルに TCP を想定すると、転送コネクションは固定でネットワークの利用状況に応じた経路切替をすることは困難である。

本研究では、MultiPath TCP (MPTCP) [1] を適用した End-to-End の空間的省電力 TE の実現方法について検討し、シミュレーションによる有効性を検証する。

## 2 MultiPath TCP (MPTCP)

MPTCP は、事前に複数経路で TCP コネクションを確立し、各コネクション (サブフロー) 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の向上を目的とした TCP の拡張機能である。

## 3 省電力 MPTCP

ネットワークの省電力化を図る目的として以下を変更する。

- 経路切替機構：低利用経路の省電力化
  - 送信ノードはセッション中の各サブフローから、高利用経路のサブフローを選択してトラフィックを転送する。
    - 経路切替タイミング：セグメント群転送開始時
    - 経路切替判断：各サブフローの背景トラフィック有無
- パラメータ引継機構：転送性能の変動抑制
  - ネットワークの利用状況により、他経路のサブフローへ切り替えて転送するが、その際ウィンドウサイズ等の各種 TCP パラメータも引き継ぐ。

## 4 シミュレーション環境

シミュレータには ns-3 を利用し、図 1 のネットワークポロジを想定する。ここで、送信ノード  $S0(1)$  は 3 に示す省電力 MPTCP により受信ノード  $D0(1)$  へ転送する。この時、各送受信ノード間の経路 (サブフロー) 数は 2 となり、通常経路を青、代替経路を赤で示す。R はルータを示し、各リンク帯域は 100 [Mbps]、通常経路と代替経路の RTT はともに 4.8 [ms] とする。以下にトラフィックモデルを示す。

- 送受信ノード間トラフィック (省電力 MPTCP)
  - TCP バージョン：NewReno
  - セグメントサイズ：1400 [Byte]
  - 広告ウィンドウサイズ：65535 [MByte]
  - ファイル転送時間：600 [s]
- 背景トラフィック (UDP)
  - $L_0, L_1$  で ON / OFF モデルにしたがい発生
    - 平均の指数分布 ON 状態時間：1.5 [s]
    - 平均の指数分布 OFF 状態時間：2.0 [s]
    - セグメントサイズ：1024 [Byte]
    - 転送レート：30 [Mbps]

## 5 結果と考察

転送時間 28.0~32.0 [s] における、リンク  $L_0, L_1$  の利用状況をそれぞれ図 2, 3 に示す。

図より、約 20.0~約 22.0 [s] で  $L_0$  にのみ背景トラフィックが発生し、 $S0, S1$  ともに  $L_0$  において転送するため、同時時間帯の  $L_1$  は未利用状態となる。約 22.0~22.5 [s] では、 $L_0, L_1$  ともに背景トラフィックが発生しており、 $S0, S1$  各々の

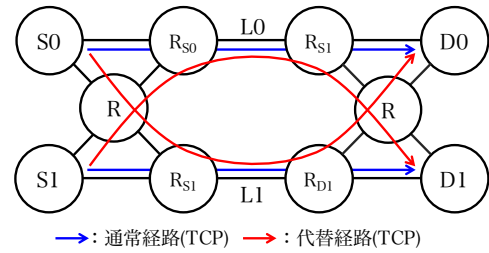


図 1: ネットワークポロジ

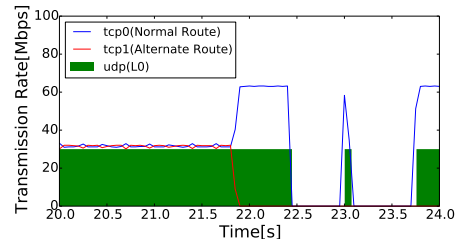


図 2:  $L_0$  の利用状況

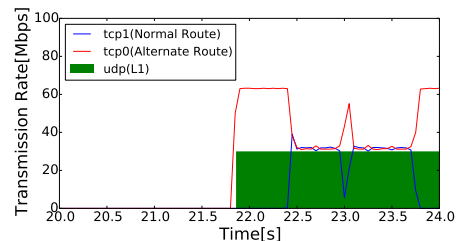


図 3:  $L_1$  の利用状況

通常経路で転送するため、両経路ともに利用状態となる。そして、約 22.5~23.0 [s] では  $L_1$  にのみ背景トラフィックが発生し、 $S0, S1$  ともに  $L_1$  において転送するため、同時時間帯の  $L_0$  は未利用状態となることがわかる。

ここで、各送受信ノード間の通常経路が未利用となる時間 (省電力化可能時間) は  $L_0$  で 146.46 [s]、 $L_1$  で 144.82 [s] となる。4 より、平均の指数分布 ON / OFF 状態時間が 1.5 [s] / 2.0 [s] であるため、各背景トラフィックが OFF 状態となる割合は約 57 % となるが、両リンクともにファイル転送時間のうち約 24 % の省電力化可能時間が得られることがわかる。

以上より、通常の TCP 通信においては、各送信ノードは背景トラフィックの有無によらず通常経路固定で通信するため、 $L_0, L_1$  とも常に利用されるが、省電力 MPTCP の適用により  $L_0, L_1$  のどちらか一方に背景トラフィックが転送されている時、両 TCP フローをそのリンクを経由する経路に集約することで、他方の経路の利用状況が 0 となり、省電力化を図ることが可能となることがわかる。

## 6 まとめ

MPTCP の機能を変更/拡張し、セグメント群転送時に各経路の利用状況に応じて経路を切り替えることによる End-to-End 空間における省電力 TE の実現可能性を示した。

今後、各サブフローの利用状態推定方法とそれに基づく経路切替方法の検討が必要と考えられる。

## 研究業績

荒木雅斗, 川原憲治, “マルチパス TCP を利用した End-to-End 空間的省電力 TE”, 電子情報通信学会 総合大会, 九州大学, Mar. 2016.

## 参考文献

- [1] A. Ford et al., “TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses”, RFC 6824, 2013