

学籍番号	15676103	氏名	伊東 拓海
論文題目	マルチパス TCP を利用した End-to-End 省電力 TE の実現に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットの普及に伴うネットワーク機器の増加により、消費電力が増大しネットワークの省電力化が急務となっている。ネットワークの省電力化手法として、ある送受信ノード間に複数経路が存在する場合、高利用経路にトラヒックを集約し低利用経路の省電力化を図る省電力トラヒックエンジニアリング (TE) がある。省電力 TE の実現にあたり、複数経路に接続を確認し、同時利用するマルチパス TCP (MPTCP) の適用が有効であると考えられる。

本研究では、MPTCP を利用して省電力 TE を実現する必要機能を抽出し、省電力 MPTCP を提案、実装し、テストベッドネットワークにおける転送実験にて、その有効性を示す。

2 マルチパス TCP (MPTCP)

MPTCP は、複数経路で接続 (サブフロー) を確立し、単一セッションとして利用し転送性能と対障害性の向上を図る TCP の拡張機能である。

3 省電力 MPTCP

3.1 省電力 TE の必要機能

1. サブフロー利用状況観測：適切なサブフロー選択/切替のためにサブフローのトラヒック転送状況を観測
2. サブフロー選択/切替：各サブフローから、高利用の 1 サブフローを選択して、トラヒックを転送する。選択は連続セグメント転送開始時に利用状況により判断

3.2 機能設計

2 本のサブフローが存在する場合の機能設計を以下に示す。

1. サブフロー利用状況観測
 - 利用サブフロー：連続セグメント転送開始時に $RTT(RTT_{use})$ を観測
 - 未利用サブフロー：セグメント転送がないため、T 秒毎に計測用の 10 セグメントを送信 (probe モード) し、 $RTT(RTT_{nose})$ を観測

2. サブフロー選択/切替

- サブフロー切替：連続セグメント転送開始時に、切替を行うか判断する。以下に示す条件 (a) では未利用サブフローのトラヒックの有無を判断し、条件 (b) では利用サブフローの過度な利用率上昇を判断する。(a) もしくは (b) を満たした場合、切替を行い、それ以外は利用しているサブフローを継続利用する

$$(a) RTT_{nose} - RTT_{use} > T_{probe}$$

$$(b) RTT_{use} - RTT_{(use, min)} > T_{use}$$

($RTT_{(use, min)}$ = 利用サブフロー RTT の最小値)

- パラメータ制御：利用していたサブフローの輻射ウィンドウサイズ $cwnd_{use}$ を基準に切替後の未利用サブフローの $cwnd_{nose}$ を調整

$$cwnd_{nose} = r \times cwnd_{use}$$

4 実装実験

テストベッドネットワークのトポロジを図 1 に、各ノードの構成を表 1 に示す。送信ノードに省電力 MPTCP を実装し、10[sec] 間のトラヒック転送を行い、背景トラヒックとして UDP トラヒック (50[Mbps]) を転送する。経路 L0, L1 は以下のように定義する。

- L0：src-R0-dst のサブフロー。RTT10[ms]
- L1：src-R1-dst のサブフロー。RTT10[ms]

省電力 MPTCP の各パラメータは、probe モード間隔 $T=1.0$ [sec], $T_{probe}=0$, $T_{use}=10$ [ms], $r=1$ に設定する。評価指標として、省電力性能を以下のように定義する。

$$\text{省電力性能} = \frac{L0, L1 \text{ における未利用時間}}{\text{送受信ノード間トラヒック転送時間}}$$

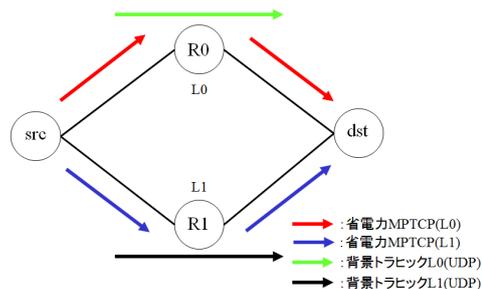


図 1: テストベッドネットワークのトポロジ

表 1: 使用端末

端末	OS	メモリ容量	リンク速度
src	Ubuntu14.04LTS	2[GB]	100[Mbps]
dst	Ubuntu14.04LTS	1[GB]	100[Mbps]
R1(2)	Ubuntu14.04LTS	1[GB]	100[Mbps]

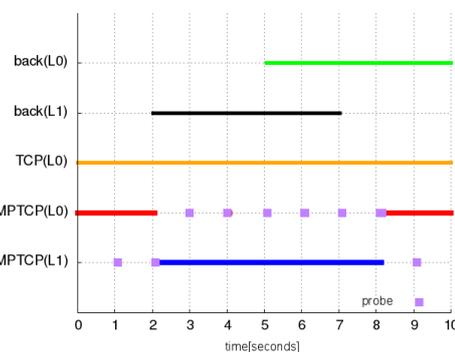


図 2: 各トラヒックの転送状況

5 結果および考察

各トラヒックの転送状況を図 2 に示す。この図において、横軸を転送時間、縦軸を転送方式とし、各転送方式の直線部分はトラヒック転送を示しており、MPTCP における四角の点は probe モードによるセグメント転送を示す。図 2 より、通常の TCP では、接続確立時に L0 を選択すると、L0 を常に利用するため、その省電力化可能時間は 0 となる。一方、L1 では背景トラヒックが未発生である 0.0~2.0[sec] と 7.0~10.0[sec] の 5[sec] が L1 における省電力化可能時間となり、トータルの省電力性能は 25% となる。

一方、省電力 MPTCP では 1.0[sec] 毎に未利用サブフローの利用状況を観測し、サブフロー切替により、どちらかのサブフローに背景トラヒックが発生している場合、そのサブフローにトラヒックの集約ができるため、L0 の省電力化可能時間は 2.0~5.0[sec], L1 における省電力化可能時間は 0.0~2.0[sec], 8.0~10.0[sec] となり、省電力性能は 35% となる。

以上より、背景トラヒックの有無を検知し、トラヒックの集約ができていることから、省電力 MPTCP の機能が正しく実装されていることがわかる。また、省電力 MPTCP によって省電力 TE が実現可能であると考えられる。

6 まとめ

MPTCP に必要機能を追加した省電力 MPTCP を実装し、転送実験を行うことで省電力 TE への有効性を示した。今後はサブフロー利用状況観測および切替判断の検討が必要であると考えられる。

研究業績

伊東拓海, 川原憲治, “Multi-Path TCP を利用した End-to-End 省電力 TE の実装”, 電子情報通信学会 NS/IN 研究会, 2017 年 3 月 発表予定