

学生番号	11232008	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 の実装に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットの普及により、各ネットワーク機器の消費電力が増大し、それらの省電力化が急務となっている。ネットワーク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し、最小ホップ数経路(通常経路)の利用率が低い場合、他経路に迂回することで通常経路の省電力化を図る省電力トラフィックエンジニアリング(Traffic Engineering: TE)がある。ホスト間のトランスポートプロトコルである TCP では、コネクション確立時に 1 経路が選択されるため、経路の利用状況の変化に対応した経路切替は困難である。そこで、複数経路でコネクションを確立し、同時利用可能なマルチパス TCP(MPTCP) を利用した省電力 TE が検討され、シミュレーションにより有効性が確認されているが、実装に向けての問題点の整理と対応が必要である。

本研究では、省電力 TE に必要な機能を MPTCP に実装し、テストベッドネットワーク上で動作確認および有効性の評価を行い、実装可能性について検討する。

2 マルチパス TCP(MPTCP)

MPTCP は、複数経路でコネクションを確立し、それらを単一セッションとして利用することで転送性能と耐障害性の向上を図る TCP の拡張機能である。輻輳ウィンドウサイズ等のパラメータは、経路ごとに独立している。なお、全経路を同時利用する他に、コネクション確立経路を意図的に利用しない backup モードが存在する。

3 実験概要

3.1 省電力 MPTCP としての変更点

各コネクションの利用状況に応じた利用経路の切替は困難で、輻輳ウィンドウサイズ等のパラメータはコネクションごとに独立しているため、経路切替を行う場合、転送性能の劣化が危惧される。また、自動的な経路切替のためには、利用状況の観測が必要となる。そのため、省電力 MPTCP を実現するために以下のような処理を追加する。

- RTT の観測：セグメント転送時の RTT の観測値と最小値の差分に対する閾値と比較することにより、経路利用状況の推定
- 経路切替処理：利用率の増加を検知したら、利用経路を backup に指定し、backup に指定されている他の経路の設定を解除して経路切替
- 輻輳ウィンドウサイズの同期：利用経路の各種パラメータを他経路に設定することで転送性能劣化を抑制

3.2 実験環境

想定ネットワークを図 1 に示す。各リンク速度は 100[Mbps] とし、通常はルーティング処理で最小ホップ数経路を利用するため、図 1 中の上の経路が通常経路となる。ここでは通常経路の省電力化の目的として、代替経路の利用状況に応じた経路切替を検討する。省電力 TE の実装に関しては、送信端末の MPTCP の制御機構の変更が必要となるため、Linux カーネル内に必要な機能を実装する。各端末の動作を以下に示す。

- 送信ノード：省電力 MPTCP を実装し、iperf を利用して 10[s] 間データを送信。輻輳ウィンドウサイズを測定
- 受信ノード：通常の MPTCP を導入
- 代替経路中のルータ：転送遅延設定

3.3 実装実験

以下の環境で省電力 MPTCP を適用し、経路切替時の輻輳ウィンドウサイズの同期を検証する。

- データ送信開始後 3.5[s] から 6.5[s] の間、代替経路の遅延時間が 10[ms] 増加

また、以下の通信方式を定義し、上の環境で転送性能を比較する。

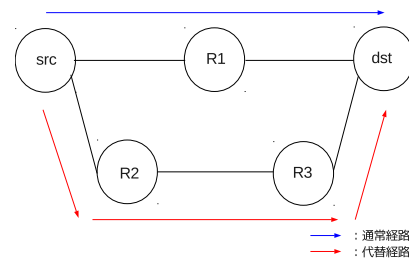


図 1: 想定ネットワーク

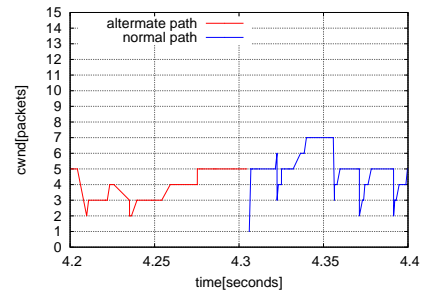


図 2: 輻輳ウィンドウサイズ

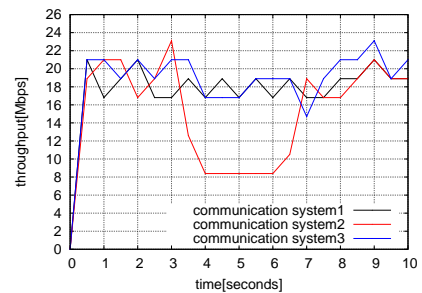


図 3: スループットの変化

1. TCP を用いて通常経路で通信
2. 通常の MPTCP で代替経路のみを選択し通信
3. 省電力 MPTCP で両経路切替利用

3.4 評価指標

- 輻輳ウィンドウサイズ：実装後の動作確認
- 送信ノードのスループット：転送性能評価

4 実験結果と考察

省電力 MPTCP で経路切替時の輻輳ウィンドウサイズの推移を図 2 に示す。4.3[s] 付近より、経路切替時にウィンドウサイズは一度初期化されてしまうが、次のウィンドウサイズ更新時に値が引き継がれていることがわかる。

図 3 に各通信方式におけるスループット特性を示す。通常の MPTCP は経路の状態に関係なく代替経路を利用するため、一時的な遅延時間の増加により、通常の TCP よりスループットが劣化する。省電力 MPTCP では、代替経路の遅延増加後すぐに経路切替を行い、状態が回復したら再び代替経路を利用するため、スループットの維持だけでなく、可能な限り通常経路の利用時間を短くすることができる。このことから、省電力 MPTCP には省電力効果の向上が期待できる。

5 まとめ

本研究では、省電力 TE を実現するために必要な機能を整理して MPTCP に実装し、経路の状態に応じて経路切替を行うことで省電力化を行いつつ、転送性能を維持できることが示された。