

学生番号	13232034	氏名	品川 順哉
論文題目	省電力 MPTCP における複数コネクション確立手法に関する研究		

1 はじめに

インターネットの普及によりネットワーク機器による消費電力が増加しており、それらの省電力化が急務となっている。ある送受信ノード間に複数経路が存在するとき、低利用経路のトラヒックを他経路に迂回させることで未使用経路中のリンク/ルーターの省電力化を図る空間的省電力トラヒックエンジニアリング (Traffic Engineering: TE) がある。空間的省電力 TE の実現には、各経路の利用状況に応じて切り替える必要があるため、任意の送受信ノード間に複数コネクション確立可能なマルチパス TCP (MPTCP) の利用が検討されている。しかし、MPTCP ではそれらの経路を利用者が事前に設定する必要がある。

本研究では、ネットワーク層のルーティングアルゴリズムである OSPF (Open Shortest Path First) のオプションである ECMP (Equal Cost Multi Path) と協調した MPTCP における複数経路の自動コネクション確立手法を提案する。

2 マルチパス TCP (MPTCP)

複数経路で事前にコネクションを確立し、それらのコネクションをサブフローとして同時に利用することで耐障害性やスループットの向上を図る TCP の拡張機能である。

3 ECMP

任意のルータにおいて宛先ノードまでの最短経路が複数存在する場合、パケットやフローごとに転送経路を変更してトラヒックを分散する機能である。ここでは、ECMP の転送リンクは送信元 IP アドレスと宛先 IP アドレスで識別されるフローごとに一意に決定するものとする。

4 提案手法

任意の送受信ノード間に複数の最短経路の存在を前提とし、それらを全て省電力 MPTCP で利用するサブフローとして確立する。そのため、送信ノードのインターフェースに異なる N 個の IP アドレスが割り当てられていることを仮定し、以下の手順により行う。

- 送信ノードは SYN を送信する。この時、送信ノードが所持する N 個の IP アドレス中で、コネクション確立に使用されていない 1 つの IP アドレスを送信元 IP アドレスとする。
1. の SYN に対し、受信ノードは SYN-ACK を返す。この時、IP オプションとして Record Route を使用し、転送経路中のルータが自身の IP アドレス (経路情報) を各 SYN-ACK に記入し、送信ノードへ返送する。
- 送信ノードは SYN-ACK を受信し、経路情報を記憶する。取得済みの経路情報と比較し、異なる経路の場合は受信ノードに ACK を送信してその経路を確立し、手順 1. に戻る。一方、同経路の場合は RST を送信してそのコネクションを無効とし、コネクション確立を終了する。

5 シミュレーション

ns-3 (Network-Simulator Ver.3) を用いてシミュレーションを行う。想定ネットワークトポロジは図 1 に示す。

- ネットワークモデル
各リンク帯域 100 [Mbps], 各リンク遅延 1 [ms]
- トラヒックモデル
TCP バージョン NewReno, セグメントサイズ 1400 [Byte], 転送ファイルサイズ 50 [MByte]

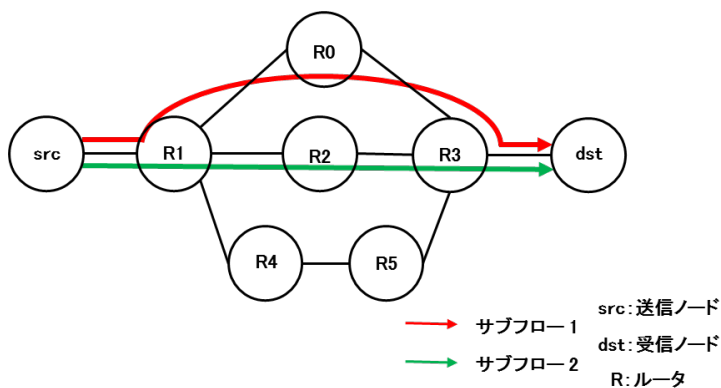


図 1: ネットワークトポロジ

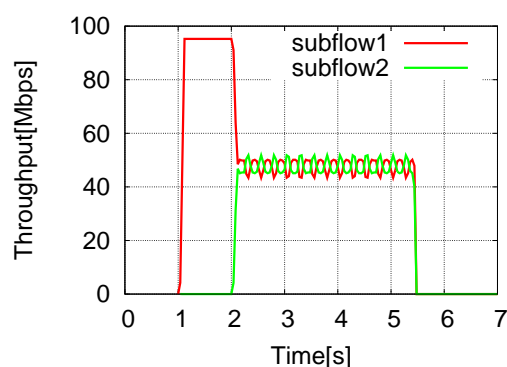


図 2: スループットの推移

5.1 評価

提案手法において ECMP による複数経路のコネクション確立を達成していることを確認し、その後のデータ転送により転送スループット特性を調査する。

6 結果と考察

図 1 において送受信ノード間には、サブフロー 1 が示す経路とサブフロー 2 が示す経路の 2 通りの最短経路が存在する。シミュレーションにより、最初のコネクション確立ではサブフロー 1、2 回目のコネクション確立ではサブフロー 2 でフローが確立され、その後各フローがそれぞれの経路で通信が行われていることが確認できた。

図 2 は全リンク帯域が 100 [Mbps] のスループットの推移を示す。コネクション確立後、まずサブフロー 1 のみでデータを転送し、1 秒経過後にサブフロー 2 においてもデータ転送を開始する。最初はサブフロー 1 が 100 [Mbps] に近い帯域を使用していることがわかる。その後、サブフロー 2 のデータ転送が開始されるとそれぞれのサブフローがリンク帯域の約半分の 50 [Mbps] で転送できていることがわかる。よって、両サブフロー合わせて 100 [Mbps] 程度のスループットが確認できた。

以上より、ECMP を用いた経路制御を行った MPTCP はリンク帯域を十分に使用可能である。

7 まとめ

本研究では、ECMP でフローごとに転送するパケットの経路を決定することにより MPTCP において複数経路でコネクション確立することが可能であることを示した。また、それらの確立されたコネクションを利用してリンク帯域を十分に使用可能であることを示した。