

省電力化のためのMPTCPによるSDNを用いた スイッチ間帯域切り替え方式の実ネットワークでの検証

木村 亮介†

木村 成伴‡

筑波大学 情報学群 情報科学類†

筑波大学 システム情報系 情報工学域‡

1. はじめに

近年、インターネットトラフィックが急増し、ネットワークにおける通信速度向上が求められている一方でネットワーク通信機器の消費電力の削減も重要な課題になっているが、ネットワーク機器の省電力化とネットワークの性能の向上はトレードオフの関係にある。そこで著者の研究室では省電力化のためのMPTCPによるSDNを用いたスイッチ間帯域切り替え方式を提案した[1]。

2. 省電力化のためのMPTCPによるSDNを用いたスイッチ間帯域切り替え方式

文献[1]の方式では、図2.1対象ネットワークに示すような大学などの組織が所属する単一、または複数の拠点と、外部ネットワークを接続するために所有する、SDNスイッチで構築された組織内ネットワークの消費電力を削減することを目的としている。ここで、ある拠点に接続するホストはインターネットに接続するサーバと複数のサブフローからなるMPTCPコネクションで通信するものとし、拠点間のホスト同士で通信しないものとする。このとき、本方式では各拠点とインターネットを接続するリンクで設定可能な低帯域と高帯域に加えて、複数の低帯域リンクを、その合計消費電力が単一の高帯域リンク消費電力を超えない本数まで束ねて、MPTCPによるマルチパス通信を、これらの低帯域にSDNで分散させることで実現する中間帯域を提供する。

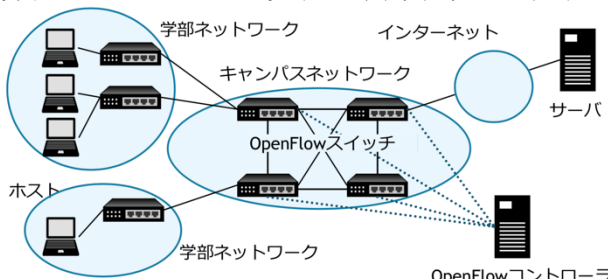


図 2.1 対象ネットワーク

Verification on Real Networks for Adaptive Link Rate Switching Using MPTCP in SDN-based Networks for Power Savings
†Ryosuke Kimura, College of Information Science, University of Tsukuba

‡Shigetomo Kimura, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

本方式の動作例を以下に示す。図 2.2 において、ある拠点に接続する図左の PC が組織ネットワークを通して、外部ネットワークのサーバに接続したとする。この時点で、組織ネットワークのMPTCPコネクションの数(j)は1となる。初期状態では、組織ネットワークのリンクは全て低帯域(100Mbps)であり、図左の拠点と外部ネットワークとの間の排他的パスの数(n)は2である。また、PC1台に与える目標最低帯域 B_{thresh} は70Mbpsなので、これは1本の低帯域リンクで提供できる。そこでコントローラは、PCが作成した2本のサブフローを共に最短経路に入れる。図2.3のように、PCが2台($j=2$)になると1本の低帯域リンクでは目標最低帯域($2 \times B_{\text{thresh}}=140\text{Mbps}$)を提供できない。そこでコントローラは、サブフローを2本の排他的パスに分配する中間帯域で送信する。図2.4のように、PCが3台($j=3$)となると、中間帯域では目標最低帯域($3 \times B_{\text{thresh}}=210\text{Mbps}$)を提供できないので、最短経路を高帯域(1Gbps)として、全てのサブフローをこの経路で送信する。ALR (Adaptive Link Rate)では $j=2$ の時点で高帯域に切り替えていたのに対し、本方式では中間帯域を用いることで省電力化を実現している。

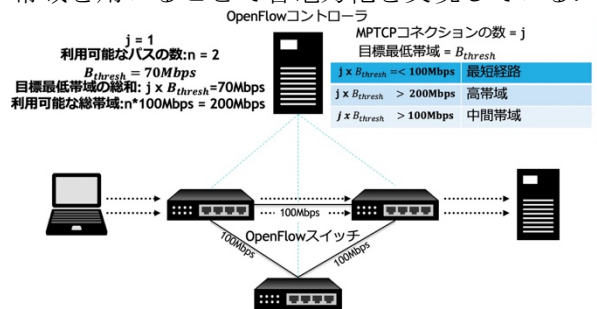


図 2.2 $j=1$ の場合の動作例

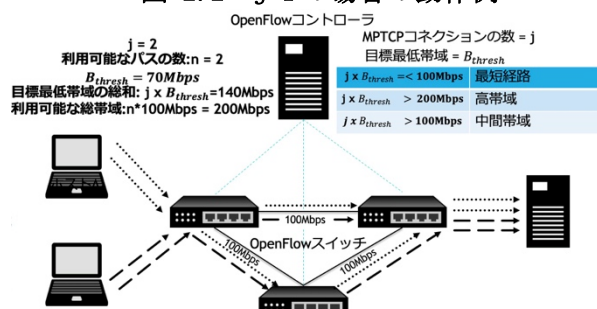


図 2.3 $j=2$ の場合の動作例

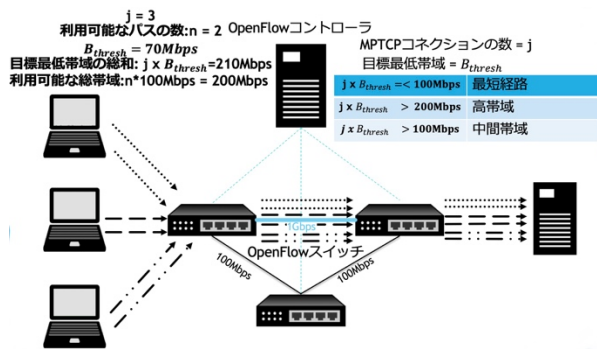


図 2.4 j=3 の場合の動作例

本方式では、PC を用いた OpenFlow スイッチによる通信実験によって消費電力が削減されることを示したが、実ネットワークで用いた場合でも有効であることを検証する必要がある。

3. 実ネットワークでの検証実験

本章では以下に示す実験を行い、本方式の実ネットワークでの有効性を示す。

本実験で使用するトポロジを図 3.1 に、機器の仕様を表 3.1 に示す。コントローラはスイッチングハブを通して各スイッチにつながっており、スイッチ1はホスト1,2,3に、スイッチ2はサーバ1,2,3につながっている。都合により OpenFlow スイッチはスイッチ1とスイッチ2の二台のみで、スイッチ3はPCを用いた OpenFlow スイッチを用いる。文献 [1]の実験と同様に、各ホストの目標最低帯域を100Mbpsとし、スイッチ間の低帯域は100Mbps、高帯域は1Gbpsである。

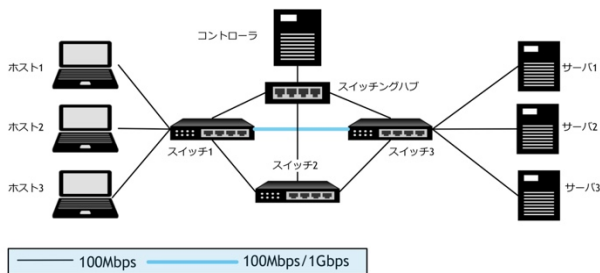


図 3.1 実験で用いたトポロジ

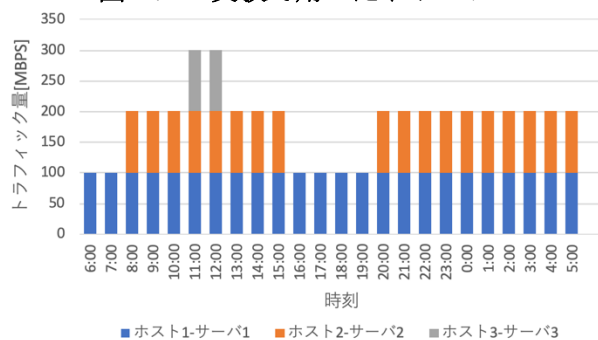


図 3.2 トラフィックパターン

更に、文献 [1]と同様に、キャンパスネットワークを想定した図 3.2 のトラフィックを各ホスト・サーバ間で転送する。これらに加えて、ホ

スト 2 からサーバ 2、ホスト 3 からサーバ 3 へ 10Mbps (データサイズ 64 バイト、パケット長 92 バイト) の UDP による CBR トラフィックも流す。前者はスイッチ 1→スイッチ 3 の最短経路、後者スイッチ 2 を経由するようにスイッチにあらかじめフローエントリをインストールする。以上の条件でスイッチ 3 台の 24 時間の積算消費電力と各ホストとサーバ間のスループットを計測する。

表 3.1 実験で使用した機器の主な仕様

機器	CPU	メモリ
ホスト	Core i7-860 2.8GHz, Intel	8GB
	OS	Ubuntu 16.04 LTS
	メモリ	8GB
サーバ	Core i7-860 2.8GHz, Intel	8GB
	OS	Ubuntu 16.04 LTS
	メモリ	8GB
スイッチ 1, 3	FXC V150-4T2X	
スイッチ 2	Core 2 Duo 3.00GHz *2	4GB
	OS	Ubuntu 18.04.01LTS
	メモリ	4GB
コントローラ	Core 2 Duo 3.00GHz *2	4GB
	OS	Ubuntu16.04LTS
	メモリ	4GB

比較のために従来の ALR (本方式で提供していた中間帯域を省いたもの)でも同様の実験を行う。また、OpenFlow コントローラは Trema, Linux のカーネルは MPTCP Linux Kernel Implementation を用いる。各スイッチの積算消費電力の計測は SANWA SUPPLY の TAP-TST8N, スループットの計測は Wireshark を用いる。

4. まとめ

今後、実験用ネットワークを設定し、通信実験を行う。また、本方式は拠点と外部ネットワークでのみ通信することを想定していたが拠点間で通信できるように改善する必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K11253 の助成を受けたものである。

参考文献

[1] 西口雅人, 木村成伴, “省電力化の為に MPTCP による SDN を用いたスイッチ間帯域切り替え方式,” 情報処理学会会誌, Vol. 60, No. 2 (掲載予定), 2019.

[2] P. Reviriego, J.-A. Hernandez, D. Larrabeiti, J. A. Maestro, “Burst Transmission for Energy-Efficient Ethernet,” IEEE Internet Computing, Vol, 14, No. 4, pp. 50-57, 2010.