

学生番号	10232019	氏名	川上 秀太
論文題目	省電力対象リンクの利用状況に基づく動的 TCP セグメント転送移行方式の性能評価		

## 1 はじめに

近年、ブロードバンドサービスの発展、普及に伴いインターネットのトラフィック量は飛躍的に増加している。それに伴い、ネットワーク機器も増設されているため、ネットワーク機器の省電力化が急務となっている。

LAN/スイッチルータの省電力化手法として、ポート転送速度の動的制御が提案されている。これは、各ポートの転送速度が低いほど消費電力が小さくなる特徴を利用し、到着トラフィックに応じて動的に転送速度を切り替える手法である。しかし、この手法を TCP トラフィックに適用した場合、その輻輳制御機構により転送性能が劣化してしまう恐れがある。そのため、セグメント転送の空き時間(アイドル時間)に着目し、ポート転送速度を切り替えることで省電力化を行う必要がある。しかし、ポート転送速度切り替えには数十 [msec] を要するため、それ以上のアイドル時間を対象に省電力化を行う。

これまで、アイドル時間の増加を目的として、ルータ収容フロー数やパケット到着率などの指標を用いてリンク利用状況を把握し、コネクション確立後の連続セグメント転送毎に強制移行する手法が有効であることが示されているが、本研究では移行判断に他の指標を用いた手法について調査する。

## 2 提案手法

転送移行にあたり、対象リンクの利用率が高い状況で転送移行をすると十分なアイドル時間の集約が行えず、さらに転送性能が劣化する。そのため、リンク利用率が低い状況を判断する必要がある。これまで、ルータ収容フロー数などの情報からリンク利用状況を間接的に判断しているが、それらは実際の利用状況と密接に関係していないため、ルータキュー長を利用した動的転送移行と、ルータからの情報を用いずにリンク利用状況を判断するために RTT を利用した動的転送移行を提案する。

### 2.1 方式 1: ルータキュー長に基づく動的転送移行

対象リンクの接続ルータにおけるルータキュー長が閾値  $queue\_thresh[pkts]$  以下で転送移行を行う。

### 2.2 方式 2: RTT(往復遅延時間)に基づく動的転送移行

RTT の最小値とセグメント転送から ACK 受信時の測定値の差が閾値  $rtt\_thresh[msec]$  以下で転送移行を行う。

## 3 シミュレーションモデル

NS-2(Network Simulation Ver.2) を用い、ネットワークトポロジは、 $n$  対  $n$  のダンベル型モデルを想定する。各リンク帯域幅 100[Mbps], バッファサイズ 1000[pkts], パケットサイズ 1500[Byte], ファイルサイズ 100[KByte], ノードペア数 10 ノード, 各ノードの発生フロー数 100 本, 速度切り替え時間  $T_{ch}=30[msec]$ ,  $RTT=20[msec]$ , リンク利用率 5[%] を基本とする。評価指標として、省電力性能と転送性能を定義する。

- 省電力性能:

$$R_{sw}[\%] = \frac{\text{速度切り替え可能時間の総和 [sec]}}{\text{シミュレーション時間 [sec]}} \times 100$$

- 転送性能: フローの平均転送終了時間  $T_{ave}[sec]$

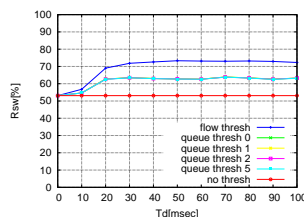


図 1: 移行時間と省電力性能 (方式 1)

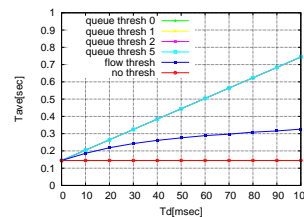


図 2: 移行時間と転送性能 (方式 1)

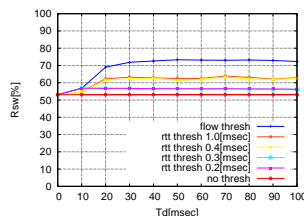


図 3: 移行時間と省電力性能 (方式 2)

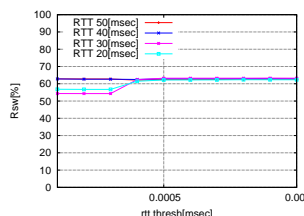


図 4: rtt\_thresh の影響

## 4 シミュレーション結果と考察

### 4.1 方式 1: ルータキュー長に基づく動的転送移行

移行時間  $T_d=0\sim 100[msec]$ ,  $queue\_thresh=0\sim 5[pkts]$  の省電力性能  $R_{sw}$  を図 1, 転送性能  $T_{ave}$  を図 2 に示す。  $T_d=20[msec]$  で  $R_{sw}$  は増加し省電力効果を示すが、転送性能は  $T_d$  に比例して劣化する。なお、 $queue\_thresh$  によらず省電力性能が変わらないのは、リンク利用率 5[%] の場合、平均的なキュー長はほぼ 0 であるためである。既存手法のルータ収容フロー数に基づく動的転送移行手法と比較すると、省電力性能と転送性能共に劣るため、判断指標としては不相当であるといえる。

### 4.2 方式 2: RTT に基づく動的転送移行

$rtt\_thresh=0.1\sim 2.0[msec]$  の省電力性能を図 3 に示す。 $rtt\_thresh=0.4[msec]$  と  $1.0[msec]$  の場合  $T_d=20[msec]$  で省電力効果があることがわかる。また、RTT ごとの  $rtt\_thresh$  の違いによる省電力性能を図 4 に示す。 $RTT=20[msec]$  と  $30[msec]$  の時  $rtt\_thresh=0.4[msec]$  で省電力性能が向上しその後ほぼ一定となっている。 $RTT=40[msec]$  と  $50[msec]$  で省電力性能が  $rtt\_thresh$  によらず変化しないのは、 $RTT < T_{ch}$  の場合、転送速度の切り替えが不可能だった期間が転送移行をすることで切り替え可能となる時間の増加が省電力化へと繋がるが、 $RTT > T_{ch}$  だと転送移行をしなくても転送速度を切り替え可能であるため  $rtt\_thresh$  によらず省電力効果が変わらないと考えられる。既存手法と比較すると、 $rtt\_thresh$  を適切な値にすることで  $T_d$  の変化による省電力効果は同じように変化するが、方式 1 と同じように省電力性能と転送性能は劣化する。しかし、実際に既存手法で利用状況の判断をしようとするデータ転送以外のトラフィックが発生し、転送性能が劣化する恐れがあるため、送信ノードが自律的に利用率を判断できる点では本手法が優れているといえる。

## 5 まとめ

省電力対象ルータのキュー長や送信ノードにおける観測 RTT による動的転送移行を提案し、有効性について調査をした。両手法について省電力化に有効な閾値について調査し、それぞれ閾値を適切な値に設定することで省電力化に有効であることがわかった。なお、方式 2 は送信ノードが自律的に省電力対象リンクの利用率を判断できる点で優れていると考えられる。