

学籍番号	11674032	氏名	村上 慎
論文題目	NW 機器省電力化のための TCP セグメント転送移行によるリンクアイドル時間集約方式に関する研究		

## 1 はじめに

ネットワーク機器の省電力化手法の一つとして、LAN スwitch/ルータの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量が小さい特徴を利用し、到着トラフィック量に応じて動的に転送速度を切替える手法である。しかし、この手法を TCP トラフィックに適用するとフロー制御機構により転送性能が劣化する恐れがあるため、転送の空き時間 (以後、アイドル時間) に転送速度切替を行う必要がある。さらに、ポート転送速度の切替には数十 [msec] を要するため、ポート転送速度の切替時間 (以後、切替時間) 以上のアイドル時間が省電力化の対象となる。本研究では、アイドル時間増加を目的とした TCP フローに対する連続セグメント転送移行手法を提案し、移行時間や移行条件が省電力性能と転送性能に及ぼす影響を明らかにする。

## 2 提案手法：連続セグメント転送移行手法

アイドル時間増加を目的とした既存手法としてデータ転送移行手法が提案されている。これは TCP コネクション確立後のデータ転送開始タイミングを強制的に遅延することで、リンクのアイドル時間の集約を行う方式である。しかし、1 コネクションが 1 セグメントで構成される通信を想定した基礎評価であったため、大容量ファイル (1 コネクション複数セグメント) の通信ではその効果が不明である。そこで、大容量ファイルの通信に適応するため既存手法を拡張し、連続セグメント転送移行手法を提案する。TCP の送信ノードは確認応答セグメントの受信を契機にウィンドウサイズに応じた連続データセグメントを転送するが、この転送時に判断して一定時間  $T_d$  遅延させる。なお、移行条件は以下を検討する。

方式 1: 確率  $P$  による自律的な移行

方式 2: 対象リンクの収容 TCP フロー数に閾値  $f_{thresh}$  を設定し、常時測定する収容 TCP フロー数が閾値以下の場合に移行

## 3 シミュレーションモデルと評価指標

ネットワークポロジは  $n$  対  $n$  の送受信ノードをルータ 2 台で接続したダンベル型を想定する。通信シナリオは各ノードペア間で 100 個のファイル転送を行い、その発生間隔は指数分布に従う。ノードペア数  $n = 10$ 、往復遅延時間  $RTT = 40[msec]$ 、切替時間  $T_{ch} = 50[msec]$  を規定値とする。なお、対象リンクの正規化転送トラフィック量をリンク利用率と定義し、各ノードのファイル発生間隔の変更によりリンク利用率を調整するものとする。提案手法の評価指標として、省電力性能および転送性能を以下に定義する。

省電力性能 切替可能状態率:  $R_{sw} = \frac{\text{速度切替可能時間の総和 [sec]}}{\text{全シミュレーション時間 [sec]}}$

転送性能 ファイル平均転送終了時間:  $T_{ave}[\text{sec}]$

## 4 シミュレーション結果と考察

### 4.1 方式 1: 移行確率 $P$ の影響

移行時間  $T_d = 40[msec]$ 、リンク利用率 5[%] とした時の、方式 1 の  $P$  に対する  $R_{sw}$  および  $T_{ave}$  を図 1 に示す。 $P$  の増加に伴い  $R_{sw}$  が増加することから、 $P$  が大きいほど省電力性能の向上が期待できる。一方、 $P$  に比例して  $T_{ave}$  は増加するため、転送性能は劣化する。これは、 $P$  が大きいほど移行回数が増加し、フローの転送時間に対して移行回数分だけ移行時間が累積されるためである。よって、方式 1 においては省電力性能と転送性能はトレードオフの関係にあることがわかる。

### 4.2 方式 1: 移行時間 $T_d$ と切替時間 $T_{ch}$ の関係

リンク利用率 5[%]、移行確率  $P=90[\%]$ 、切替時間  $T_{ch}=30, 50, 70[msec]$  の時の、方式 1 の  $T_d$  に対する  $R_{sw}$  を図 2 に示す。図より、

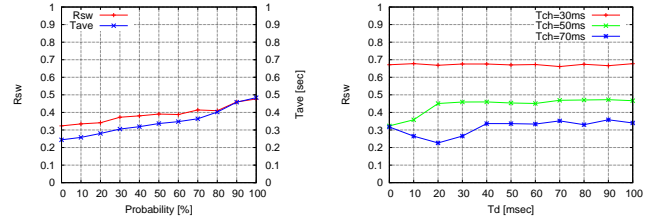


図 1: 確率  $P$  の影響 (方式 1)

図 2:  $T_d$  と  $T_{ch}$  の関係 (方式 1)

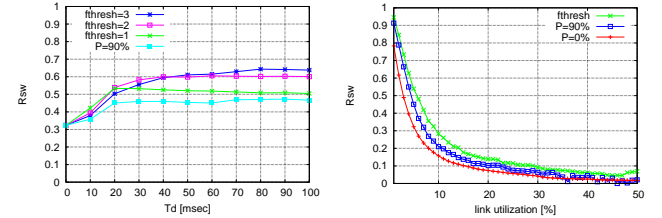


図 3:  $f_{thresh}$  の影響 (方式 2)

図 4: 有効リンク利用率

$T_{ch}=30[msec]$  では  $T_d$  の値によらず  $R_{sw}$  はほぼ一定の値となる。これは、無移行時においてアイドル時間の大半が既に  $T_{ch}$  より大きく、転送移行の効果が得られないためである。 $T_{ch}=50[msec]$  の場合、 $R_{sw}$  は  $T_d \geq 20[msec]$  で増加する。これは、 $RTT = 40[msec]$  付近のアイドル時間分布のピークが  $20[msec]$  以上シフトして  $T_{ch}$  より大きな値となるためである。以上のことから、 $T_{ch}=70[msec]$  の場合は、 $R_{sw}$  は  $T_d \geq 40[msec]$  で増加するが、その改善効果は余り大きくない。

したがって、切替時間  $T_{ch}$  と移行時間  $T_d$  に関して

$$RTT < T_{ch} < RTT + T_d \quad (1)$$

の場合に提案手法が有効であることが示される。

### 4.3 方式 2: フロー閾値 $f_{thresh}$ 、移行時間 $T_d$ の影響

リンク利用率 5[%] の時の、方式 1 ( $P=90[\%]$ ) および方式 2 ( $f_{thresh} = 1, 2, 3$  [本]) の  $T_d$  に対する  $R_{sw}$  を図 3 に示す。方式 2 では  $T_d$  によらず方式 1 よりも大きくなり、省電力性能が向上する。なお、 $T_d=10[msec]$  で  $f_{thresh}=1$  の時に、 $T_d=20 \sim 40[msec]$  で  $f_{thresh}=2$  の時に  $R_{sw}$  は最大となり、 $T_d$  の増加に対して最適な  $f_{thresh}$  が増加する。しかし、 $T_d$  が増加するほど転送時間が増加することから省電力効果が得られる式 (1) の範囲で  $T_d$  を設定する。

### 4.4 有効リンク利用率

4.2, 4.3 より移行時間  $T_d=20[msec]$  に設定し、方式 1 ( $P=90[\%]$ ) および方式 2 ( $f_{thresh}$  = 各パラメータにおける最適値) のリンク利用率に対する  $R_{sw}$  を図 4 に示す。図より、リンク負荷が高くなると減少しており、方式 1 では 35[%] 程度で  $R_{sw}$  の増加が見られない。それに対して方式 2 では利用率 50[%] まで  $R_{sw}$  が増加する。なお、先行研究 (1 コネクション 1 セグメント) ではリンク利用率の有効範囲が最大 2[%] であったため、提案手法、特に方式 2 により中負荷程度のリンク利用率に対して適応可能となることが分かる。

## 5 まとめ

ネットワーク機器省電力化のための TCP フローに対する連続セグメント転送移行手法を提案し、有効性および有効範囲の調査を行った。まず、方式 1 について有効な  $T_d$  を調査し、方式 2 について有効な  $f_{thresh}$ 、 $T_d$  を示した。また、方式 2 により提案手法のリンク利用率に対する適応可能範囲を広げることが可能となった。

### 研究業績

村上 慎 他, “ネットワーク機器省電力化のための TCP セグメント転送移行によるリンクアイドル時間集約方式,” 信学技報 IN2012-151, 平成 25 年 1 月