

学籍番号	14676115	氏名	高見 真
論文題目	ネットワーク機器省電力化のための TCP 転送移行とウィンドウサイズ調整の実装		

1 はじめに

近年、世界的なインターネットの急激な普及により、各ネットワーク機器の消費電力が増加し、その省電力化が急務となっている。これまで、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が、TCP トラフィックを対象とした場合、輻輳制御機構により転送性能が劣化する恐れがあるため、セグメント転送されていない時間 (アイドル時間) に転送速度の切り替えを行う。省電力効果を高める目的でアイドル時間を集約する方法として、連続 TCP セグメントの転送開始時間を一定時間移行する転送移行手法が提案され、シミュレーションより有効性が示されている。

本研究では、実機環境において TCP セグメント転送移行手法を実装し、省電力対象リンクの利用状況を考慮した転送移行手法について性能評価する。

2 TCP 連続セグメント転送移行手法とウィンドウサイズ制御

TCP 送信ノードは確認応答セグメントの受信を契機としてウィンドウサイズに応じたセグメントを連続して送信する。連続セグメント転送移行手法では、この連続セグメントの転送開始タイミングを時間 T_d 遅延させることにより、ポート転送速度の切り替えに要する時間 T_{ch} 以上のアイドル時間を増加させる。しかし、対象リンクの利用率が高い場合、転送移行による十分なアイドル時間の確保ができず、転送性能が大幅に劣化するため、対象リンクの収容 TCP フロー数などの利用状況に応じた移行判断が必要である。また、転送移行の累積により 1 ファイルの転送終了時間が増大し転送性能劣化を引き起こすが、転送移行時にウィンドウサイズを一定数 (増加ウィンドウサイズ ΔW) 増加することで、転送性能の劣化抑制が可能となる [1]。

3 実験環境

ネットワークトポロジは図 1 のダンベル型を想定する。各リンク帯域 100[Mbps]、送受信ノード対 10 組で構成する。省電力対象リンクはルータ間 ($R_1 - R_2$) とし、TCP バージョンは NewReno とする。各ノードの処理を以下に示す。

送信ノード: 受信ノードに対して 100[Kbyte] のデータを 50 個転送する。省電力対象リンクの平均利用率が 5% 程度になるように指数分布に基づく送信間隔を設定する。

ルータ R_2 : パケットキャプチャを行い、対象リンクのアイドル時間および収容 TCP フロー数を測定する。

ネットワークエミュレータ: 送受信ノード間の往復遅延 RTT=40 [msec] となるように設定する。

評価指標として、以下を定義する。

省電力性能 速度切替可能率 $R_{sw} = \frac{T_{ch}$ 以上の総アイドル時間 [sec]}{全ファイル転送完了時間 [sec]} \times 100 [%]
 転送性能 平均ファイル転送完了時間 T_{ave} [sec]

4 実験結果

4.1 移行時間 T_d の省電力性能への影響

本実験では、省電力対象リンクの利用状況をルータ収容 TCP フロー数で判断するため、その情報をルータから送信ノードにフィードバックする機構を実装している。速度切り替え時間 $T_{ch} = 50$ [msec] の場合の速度切替可能率 R_{sw} を図 2 に示す。対象リンクの利用状況を考慮せず、各ノードが確率 P で転送移行を行う場合 (図中 $P=90\%$, $\Delta W=0$)、無移行時 ($T_d=0$) と比べ T_d の増加に伴い省電力効果が向上することがわかる。さらに、対象リンクの利用状況に応じた移行判断として、収容フロー数が閾値 F_t 未満の場合に移行

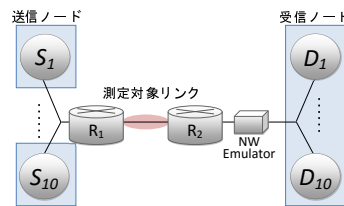


図 1: ネットワークトポロジ

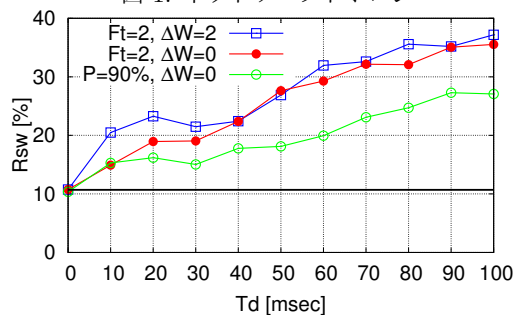


図 2: T_d に対する省電力性能

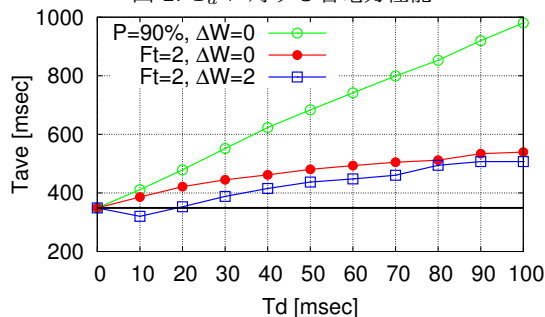


図 3: T_d に対する転送性能

する場合 (図中 $F_t=2, \Delta W=0$) では、確率的な移行時に対して 5~10% 程度高くなる。以上より、転送移行による省電力性能の向上と、対象リンクの利用状況に応じて動的に移行判断する方法の有効性が確認できる。

4.2 ウィンドウサイズ調整による転送性能への影響

転送移行時にウィンドウサイズを ΔW 増加する機能を実装し、速度切り替え時間 $T_{ch} = 50$ [msec] の場合の平均ファイル転送完了時間 T_{ave} を図 3 に示す。この図より、移行時間 T_d が増加するほど T_{ave} は増加するが、ウィンドウサイズ増加時 (図中 $F_t=2, \Delta W=2$) では、ウィンドウサイズ増加なし ($F_t=2, \Delta W=0$) と比較して T_{ave} は全体的に減少する。ここで、 $T_d = 20$ [msec] に着目すると、図 3 より無移行時と同程度の性能であるにもかかわらず、図 2 より R_{sw} は約 15% 程度改善することがわかる。

5 まとめ

LAN スイッチ・ルータ省電力化のための TCP 連続セグメント転送移行手法の実装を行った結果、実機環境上においても転送移行により省電力効果を高めつつ、ウィンドウサイズ制御により転送性能を維持した省電力 TCP の有効性が確認された。

研究業績

高見真, 川原憲治, “リンク省電力化のための TCP セグメント転送移行方式の実装”, IEICE 総合大会, 2016 年 3 月 発表予定

参考文献

[1] 古屋貴之 他, “TCP セグメント転送移行とウィンドウサイズ制御による省電力のためのリンク利用時間集約方式”, 信学技報 IN2013-191, 2014 年 3 月