

学生番号	08232035	氏名	古屋 貴之
論文題目	TCP フローのデータ転送移行による省電力制御方式の基礎評価に関する研究		

1 はじめに

近年、ネットワークの発展・普及により、企業や家庭・個人でのインターネット利用が急激に増加している。それに伴い、ネットワーク機器の設置台数もまた急激に増加しているため、その省電力化は重要な課題である。

これまで、ネットワーク機器の省電力化手法として LAN スイッチ/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、ポート転送速度を低く切り換えることで、省電力効果を得る手法である。しかし、TCP トラヒックに適用すると、そのフロー制御機構により、輻輳を引き起こし転送性能を劣化させる恐れがある。したがって、データ転送を行っていない時間(アイドル時間)に着目し、アイドル時間に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、ポート転送速度の切り替えには数十 [msec] 要するため、それより大きなアイドル時間が制御対象となる。

これまで、TCP フローのセグメント転送を確率的に一定時間移行し、ポート転送速度切り替え可能なアイドル時間を増加する手法が提案されているが、本研究では対象リンクの輻輳状態を考慮する手法について調査する。

2 動的データ転送移行手法 (提案手法)

TCP 基本機構の 1 つである 3 ウェイハンドシェイクに着目し、コネクション確立後のデータ転送を一定時間 T_d [msec] 待機することで、データ転送を移行する。また、輻輳状態把握のため対象リンクの収容 TCP フロー数を計測し、この値に対する閾値 $fthresh$ [本] を設定し、閾値 $fthresh$ 以下の場合転送移行することで、動的データ転送移行を実現する。この様子を図 1 に示す。

3 シミュレーションモデル

NS-2(Network-Simulation Ver.2) によるシミュレーションを行う。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モデルで、各送信ノードは発生間隔が指数分布に従う TCP フローを転送する。リンク帯域幅 10 [Mbps], パッファサイズ 10 [pkts], パケットサイズ 1500 [byte], ファイルサイズ 1500 [byte], 送信フロー数 1000 [本], フロー平均発生間隔 1.0 [sec], 往復遅延時間 0.02 [sec], ノードペア数 $n = 30$, 待機時間 $T_d = 50$ を基本として各パラメータの影響を調査する。1 フロー 1 パケットと仮定し、動的データ転送移行手法の基本特性評価をする。

転送速度切り替えに要する時間 T_{ch} [msec] より大きなアイドル時間の総和を転送速度切り替え可能時間 T_{sw} [sec] として、省電力性能の評価指標に以下を定義する。

- 転送移行による T_{sw} の増加量 I_{sw} [sec]
- 全アイドル時間に占める T_{sw} の割合 R_{sw} [%]

$$R_{sw} = \frac{T_{sw} \times 100}{\text{全アイドル時間 [sec]}}$$

なお、 $T_{ch} = 20$ とする。さらに、各フローの平均転送時間を転送性能の指標とする。

4 シミュレーション結果と考察

4.1 動的データ転送移行の有効性評価

待機時間 $T_d = 1 \sim 100$ の場合のアイドル時間増加量 I_{sw} を図 2 に示す。確率的データ転送移行は、確率 $P = 90\%$ (図中 *probability: 90*) とし、提案手法における $fthresh = 1 \sim 5$ の場合と比較する。この図より、動的データ転送移行は、確率的データ転送移行に対し大きく省電力効果が

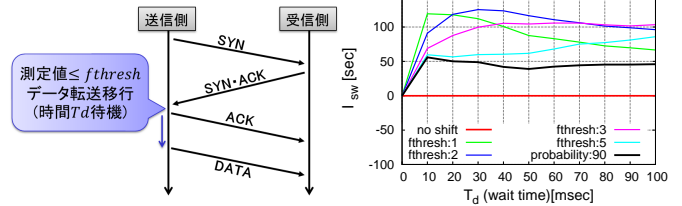


図 1: 動的データ転送移行

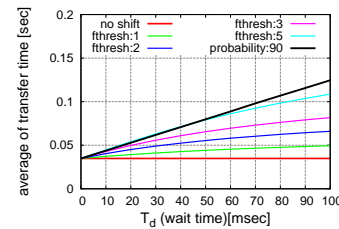


図 3: 待機時間と転送性能

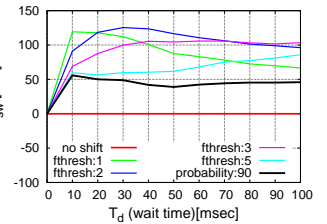


図 2: 待機時間と省電力性能

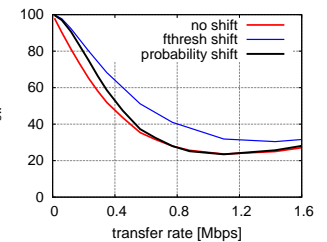


図 4: 転送レートと省電力性能

向上することがわかる。これは、確率手法は転送移行による各 TCP フローのセグメントの連結転送が不十分なのに対し、提案手法は効果的にセグメントを連結してアイドル時間を増加するためである。

また、 T_d の増加につれ最適な閾値 $fthresh$ は増加することがわかる。これは、 T_d が大きいと、1 フローの継続時間が長くなり、収容 TCP フロー数が増加した状態が続くため、複数セグメントの転送移行でセグメントの連結が大きく重なるため、 $fthresh$ を大きくすることにより、省電力効果が向上するものと考えられる。しかし、 T_d の増加につれ省電力効果は減少しているため、待機時間 T_d は小さく設定する必要がある。

一方、各フローの平均転送時間を図 3 に示す。この図より、確率的な移行は待機時間 T_d の増加に伴い、平均転送時間が線形的に増加するのに対し、閾値を $fthresh = 1$ と小さく設定した場合、平均転送時間は T_d の増加に関わらずほぼ一定であることがわかる。また、 $T_d = 100$ の時、確率的な移行は 100 [msec] 近く平均転送時間が遅れるのに対し、 $fthresh = 1$ では約 10 [msec] の遅れしか生じておらず、本手法は無駄な転送移行を防ぐことが可能となることがわかる。

4.2 転送レートの影響

提案手法で $fthresh = 2$ 、既存手法で $P = 90\%$ の時、ノードペア数を変化した場合の平均リンク転送率を定義し、 R_{sw} との関係を図 4 に示す。この図より、転送レートが大きくなるにつれ確率的な転送移行は省電力効果が減少し 0.6 [Mbps] 付近で効果が無くなるが、動的な移行は転送レートが 1.6 [Mbps] を越えるまで大きな省電力効果を維持できることがわかる。これは、動的な転送移行は、転送レートが高くリンクが輻輳を起こしやすい場合でもトラヒックの少ない状態を判断し、省電力効果の向上に繋がる転送移行を多く行うためだと考えられる。

5 まとめ

ルータ間リンクで収容される TCP フロー数に従い、転送を一定時間待機させる手法を提案し、リンクのトラヒック状態に合わせた動的な転送移行をすることで大きく省電力性能が向上し、同時に転送性能の劣化を小さくできることが明らかとなった。