

学生番号	09232004	氏名	有馬 雄貴
論文題目	多段ネットワーク環境における TCP データ転送移行による省電力制御方式に関する性能評価		

1 はじめに

近年、コンピュータネットワークの発展・普及により、企業や個人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、ネットワーク機器が占める消費電力量は急激に増加しているため、機器の省電力化が課題である。

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。この手法は、ポート転送速度を低く切り替えることで、省電力効果を得る手法であるが、TCP トラフィックに適用した場合、そのフロー制御機構によりパケットロスや輻輳が生じ、転送性能が劣化する恐れがある。そのため、データ転送されていない時間(アイドル時間)に着目し、アイドル時間にポート転送速度の切替を行う必要がある。この際、切替には数十 [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。先行研究では、TCP フローの集約リンク省電力化のために、コネクション確立後のセグメント転送を遅延する移行手法が提案されているが、異なる RTT を有する送受信ノードが混在するトポロジでの有効性は不明である。

本研究では、多段ネットワークにおける手法の省電力・転送性能評価を通して効果的な転送移行方式を検討する。

2 動的データ転送移行手法

TCP 基本機構である 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について一定時間 T_d [msec] 移行させることで、データ転送移行を実現する。対象リンク $R_2 - R_3$ の収容 TCP フロー数に関する値 f_{thresh} と比較し、新規フロー確立時に収容フロー数が閾値 f_{thresh} 以下の場合に実行する(図 1 参照)。これにより、アイドル時間を集約し、ポート転送速度を切替可能な時間を増加させることで省電力化を図る。

2.1 既存方式(図中 " f_{thresh} ")

制御対象リンクを経由する TCP フローの RTT /経由ルータ数に関わらず条件を満たす場合 T_d 移行する。

2.2 改善方式(図中 " $E - f_{thresh}$ ")

TCP フローの経由ルータ数 m に応じて各送信ノードは $T_{d(m-1)}$ 移行する。

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。ネットワークトポロジは、図 2 のような n 対 n (1 ホップノード数: n_1 , 2 ホップノード数: $n_2, n = n_1 + n_2$) の送受信ノードをルータ 3 台で接続した多段トポロジで、各送受信ノード間に TCP フローを確立し、1 セグメント(サイズ 1500[Byte]) 送信する。なお、フローの発生間隔は指数分布に従うものとする。リンク帯域幅 100[Mbps], バッファサイズ 10[pkts], 送信フロー数 1000[本], 平均フロー発生間隔 1.0[sec], 1 ホップ往復遅延時間 $RTT_1 = 0.20$ [msec], 2 ホップ往復遅延時間 $RTT_2 = 40$ [msec] とする。このような多段ネットワーク環境における動的データ転送移行手法の性能評価を行う。

4 評価指標

転送速度切替に要する時間(以降切替時間) T_{ch} [msec] より大きなアイドル時間の総和を転送速度切替可能状態時間 T_{sw} [sec] とし、省電力性能と転送性能を以下のように定義する。

- 省電力性能: 切替可能状態時間の増加量

$$I_{sw} [sec] = (\text{転送移行時の } T_{sw}) - (\text{無移行時の } T_{sw})$$
- 転送性能: 各フローの平均転送終了時間 T_{ave} [sec]

なお、切替時間 $T_{ch} = 50$ [msec] とする。

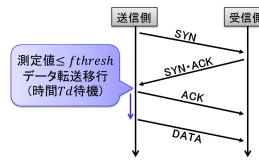


図 1: 動的データ転送移行



図 3: アイドル時間分布

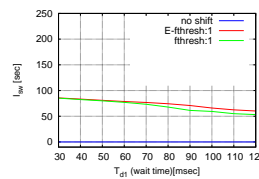


図 5: $R_1 - R_2$ 間リンクの省電力性能

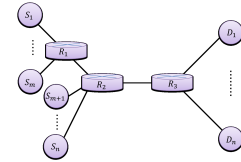


図 2: ネットワークトポロジ

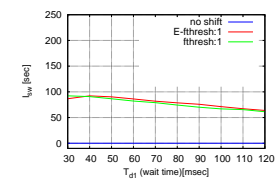


図 4: $R_2 - R_3$ 間リンクの省電力性能

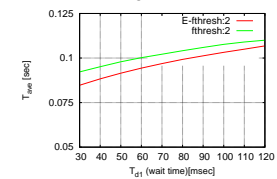


図 6: 2 ホップノードの転送移行時間

5 シミュレーション結果と考察

5.1 $R_2 - R_3$ 間 (1 ホップ) リンクにおける性能

ノードペア数 $n=5$ ($n_1 = 3, n_2 = 2$) において、1 ホップノード移行時間 $T_{d1} = 40$, 2 ホップノード移行時間 $T_{d2} = 20$, 閾値 $f_{thresh} = 1$ の場合の $R_2 - R_3$ 間リンクのアイドル時間分布を図 3 に示す。無移行時のアイドル時間のピークは RTT_1 と RTT_2 の 2 つの値付近に存在することがわかる。ノード間 RTT の値に応じた異なる移行時間の設定により、各ピーク $RTT_1 + T_{d1}, RTT_2 + T_{d2}$ を切替時間 T_{ch} 以上の 60 [msec] に移行できるため、改善方式の効果が期待される。

図 4 に $R_2 - R_3$ 間リンクの省電力性能を示す。横軸は 1 ホップノードの移行時間 T_{d1} で、改善方式における 2 ホップノード移行時間 $T_{d2} = T_{d1} - 20$ [msec] と異なる値を改善し、既存方式においては $T_{d2} = T_{d1} (= T_d)$ とする。なお両方式とも移行閾値 $f_{thresh} = 1$ とする。この図から、改善方式において $T_{d1} \geq 40$ とすることで既存方式より有効であることがわかる。これは、既存方式に比べ移行時間 T_{d2} が小さく、収容フロー数の増加が抑制され、移行回数が増加するためである。また、既存方式においては、 $T_d \geq 40$ で両ホップノードフローのアイドル時間を T_{ch} 以上に移行するが、その状況においても改善方式が効果的であることは注目に値する。

5.2 $R_1 - R_2$ 間 (2 ホップ) リンクにおける性能

図 5 に $R_1 - R_2$ 間リンクの省電力性能を示す。この図から、 $R_1 - R_2$ 間リンクを省電力対象とした転送以降を行っていないにも関わらず、 $T_{d2} \geq 60$ において改善効果がみられることがわかる。

$f_{thresh} = 2$ の場合の 2 ホップノードフローの転送性能 T_{ave} を図 6 に示す。改善方式において、転送性能の大幅な向上がみられる。これは既存方式に比べ移行時間 T_{d2} を低く設定しているためである。このことから、 RTT が異なる環境下において、改善方式は転送性能向上に有効であることがわかる。

6 まとめ

本研究では、多段ネットワーク環境における動的データ転送移行手法の有効性の評価と、経由ノード数/ RTT に応じて移行時間を変更する方式を検討した。その結果、移行時間を変更しアイドル時間を集約することで、省電力性能を維持しつつ転送性能が向上できることを明らかにした。