

学籍番号	10674012	氏名	窪園 晃一
論文題目	TCP フローのデータ転送移行による省電力化のためのリンク利用時間集約方式に関する研究		

## 1 はじめに

近年、インターネット利用の高度化に伴う企業や家庭における大容量コンテンツの普及等により、トラフィック量が急増している。それに従い、ネットワーク機器の収容台数が増加し、機器の消費電力も増加しているため、それらの総消費電力を抑制することが重要である。ネットワーク機器の省電力化手法の一つとして、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、各ポートの転送速度が低い程、消費電力量が少ないことを利用し、到着トラフィック量に応じて動的に転送速度を切り替える。しかし、TCP トラフィックを対象とした場合、そのフロー制御機構により転送性能に影響を及ぼす恐れがある。そのため、リンクが利用されていない時間(アイドル時間)を検知し、転送速度の切替を行う方式が有効である。しかし、転送速度の切替には数十[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。

本研究では、複数の TCP フローで多重されたリンクで、機器を低転送速度状態に移行する時間を増加するデータ転送移行手法を提案し、その効果をシミュレーションにより評価する。

## 2 転送移行手法

TCP では転送信頼性を保証するために、コネクション管理、確認応答、フロー/輻輳制御の基本機構を有する。図 1 に示すように、コネクション管理における 3 ウェイハンドシェイクの最後の確認応答後のセグメント転送タイミングを確率  $P$  で移行時間  $T_d$  だけ遅延させ、リンクを共有する複数の TCP フローのセグメント転送、及びリンクのアイドル時間を集約し、転送性能を維持しつつリンクの低速度化を効率的に行い省電力化を実現する。本手法における省電力性能の指標として転送速度切替に要する時間以上のアイドル時間の総和を切替可能状態時間として以下の二つを定義する。

- 切替可能状態時間の増加量  $T_{sw}$
- 切替可能状態率  $R_{sw} = \frac{\text{切替可能状態時間 [sec]}}{\text{全送信終了時間 [sec]}}$

なお、タイミング制御による基本特性を評価するために 1 フロー 1 パケットで構成されるものとする。

## 3 シミュレーションモデル

$n$  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したがう TCP フローを各受信ノードへ転送する。リンクの帯域幅 100[Mbps]、ファイルサイズ 1460[byte]、ノードペア数  $n = 5$ 、送信フロー数 1000 本、フローの平均発生間隔 1000[msec]、往復遅延時間  $RTT = 20$ [msec] を基本として、各パラメータの影響を調査する。

## 4 シミュレーション結果と考察

### 4.1 移行確率と移行時間の影響

移行確率  $P$  を変化した場合の移行時間と切替可能状態時間の増加量  $T_{sw}$  の関係を図 2 に示す。ここで、速度切替時間  $T_{ch} = 30$ [msec] と仮定する。この図より、 $T_d = 10$ [msec] 以上で、切替可能時間が最大約 70[sec] 増加し省電力効果が見込めることがわかる。また、移行確率  $P$  が大きくなるほど切替可能時間が増加することから、転送移行が省電力性能の向上に効果的であることがわかる。

### 4.2 往復遅延時間の影響

移行確率  $P = 0.9$ 、切替時間  $T_{ch} = 50$ [msec] において、往復遅延時間  $RTT$  が変化する場合の移行時間  $T_d$  と切替可能状態時間の増加量  $T_{sw}$  の関係を図 3 に示す。この図より、 $RTT < T_{ch}$

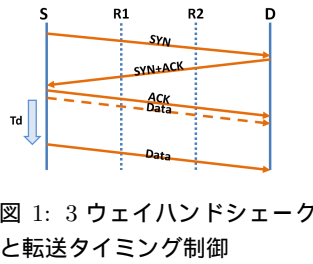


図 1: 3 ウェイハンドシェイクと転送タイミング制御

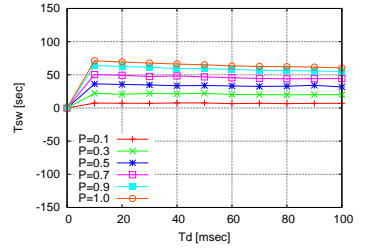


図 2: 移行確率  $P$  の影響

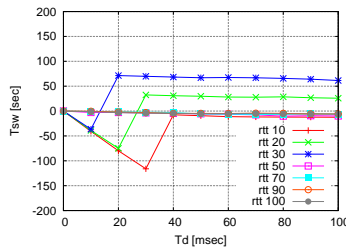


図 3: 往復遅延時間の影響

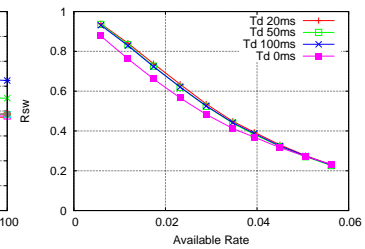


図 4: 利用率と切替可能状態率

$RTT + T_d$  の領域において、 $T_{sw}$  の増加、すなわち転送移行の有効性が確認できる。これは、 $RTT < T_{ch}$  の場合、移行しなければ低転送速度状態への切替えが不可能であった期間が切替可能な期間となるため、 $T_{ch} - RTT + T_d$  は、その移行時間を加えた期間が  $T_{ch}$  を越えないと効果がないことを示す。さらに、このことから  $RTT > T_{ch}$  の場合、移行しなくても切替可能であるため効果がないことになる。ここで、移行が有効な領域における  $T_{sw}$  を比較すると、 $RTT < T_{ch}$  の場合、 $RTT = 20$ [msec] の時、 $T_{sw} = 40$ [sec]、 $RTT = 30$ [msec] の時、 $T_{sw} = 70$ [sec] となり、後者の方がより効果的であることがわかる。これは、移行時間  $T_d$  が等しい場合、 $RTT$  が大きいほど  $T_{sw}$  の増加に寄与するためである。

### 4.3 リンク利用率の影響

移行確率  $P = 0.9$ 、切替時間  $T_{ch} = 30$ [msec] の時、送受信ノードペア数を変化した場合のリンク利用率を定義し、切替可能状態率  $R_{sw}$  との関係を図 4 に示す。この図より、無制御時 ( $T_d = 0$ ) と  $T_d = 20$ [msec] を比較すると、リンク利用率が低い場合は省電力性能が向上しており、リンク利用率 0.02 の場合では最大で約 7% 向上するが、リンク利用率が大きくなるにつれて効果が減少しリンク利用率 0.05 付近で効果が見られなくなることがわかる。リンク利用率が低い場合、大きなアイドル時間が多く存在し、転送移行によるデータ転送が他の転送に影響せず、効果的に切替可能なアイドル時間の生成に寄与できるためである。

## 5 まとめ

TCP トラフィックを対象としたネットワーク省電力化を行うためのデータ転送移行手法についてシミュレーションにより評価した。 $n$  対  $n$  ノード間のリンクに連続発生する TCP 通信において、各送信ノードが確率的に固定時間分だけデータ転送を移行する場合、リンク利用率が低い場合において、移行確率を大きくし、低転送速度状態へ切替が可能となるアイドル時間を生成できる場合に省電力性能が改善可能であることを明らかにした。

### 研究業績

窪園 晃一 他, "TCP フローコネクション確率タイミング制御によるリンク利用時間集約方式に関する研究" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 Sept.2011