

学生番号	08232076	氏名	福田 成美
論文題目	空間的省電力 TE における TCP フローの性能評価に関する研究		

## 1 はじめに

近年、ブロードバンドサービスの発展・普及に伴いネットワークのトラフィック量は飛躍的に増大している。それに伴いネットワーク機器が増設がされ、消費電力量も増加傾向にあるためネットワーク全体の省電力化が急務となっている。機器単体では、収容トラフィック量に応じて設定帯域を制限することが有効であるが、ネットワーク全体を考慮した場合、各ノードからのトラフィック量に応じて特定のルータ/リンクに集約/分散する必要がある。

ある送受信ノード間に複数経路が存在する場合、最小ホップ経路が低利用であれば、代替経路に迂回する空間的な省電力トラフィックエンジニアリング (TE) においては、転送経路切り替えの指標が重要となるが、対象トラフィックが TCP の場合、切り替え指標と転送性能の関係が示されていない。

そこで本研究では、代替経路の利用率や UDP/TCP 収容比率と TCP フロー迂回時の転送性能との関係をシミュレーションにより調査し、TCP の転送フローにおける経路切り替えタイミングを検討する。

## 2 空間的省電力トラフィックエンジニアリング

図 1 において、 $S$  は送信ノード、 $D$  は受信ノード、 $R$  はルータとし、送受信ノード間に複数経路が存在するネットワークを想定し、通常経路 ( $S-D$ ) が低利用の場合は、代替経路 ( $S-R-D$ ) に迂回して通常経路の省電力化を図る。

## 3 シミュレーションモデル

NS-2(Network-Simulation Ver.2) を用いてシミュレーションを行う。図 1 のようなネットワークポロジにおいて、代替経路中の  $R-D$  間に背景トラフィックが流れていることを想定する。ここで、 $S-R$ 、 $R-D$ 、 $S-D$  間の各リンクの帯域幅は 100[Mbps]、リンク遅延は 10[msec] とする。

送信ノードからの TCP フローは一定間隔でファイルを送信し、バージョンは Tahoe とする。以降これを主フローとし、代替経路の背景トラフィックが、主フロー迂回時の転送性能に及ぼす影響を調査する。

以下に背景トラフィックの設定を示す。

- UDP  
転送レートの変更により、代替経路の利用率と主フローの転送性能の関係を調査する。
- TCP  
転送フロー数の変更により、以下の二つのシナリオにおいて代替経路の利用率と転送性能の関係を調査する。
  1. 大容量ファイル転送 (ver.1)  
全ての TCP フローが、シミュレーション開始から主フローの転送が終わるまで継続している場合を想定する。
  2. 主フローと同傾向 (ver.2)  
全ての TCP フローが主フローと同じファイルサイズ/間隔である場合を想定する。

## 4 評価指標

主フローの転送終了時間として、送信元がファイルを転送開始した時刻からそのファイルの最後のパケットの ack を送信元が受信する時刻までの時間と定義する。主フローを 100 ファイル発生させそれぞれにおいて上記のフロー転送終了時間を算出し、平均値を示す。

また、転送性能評価における判断基準として、背景トラフィック 0 の場合のフロー転送終了時間の 1.1 倍以上を転送性能低下と仮定する。

## 5 結果と考察

### 5.1 背景トラフィックが UDP の場合

背景トラフィックの UDP の転送レートを 0 ~ 99[Mbps] とした場合の主フローの転送性能を図 2 に示す。送信ファイルサイズに関わらず転送レートが 93[Mbps] で終了時間の許容値 1.1 倍を超え、以降は急激に増加する。これは 93[Mbps] 以降で、主フローにロスが発生し、その再送によるものである。

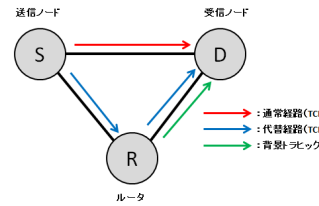


図 1: ネットワークポロジ

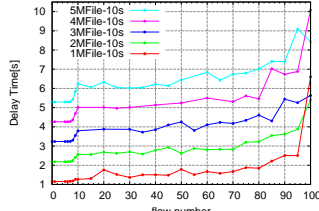


図 3: TCP の場合 (ver.1)

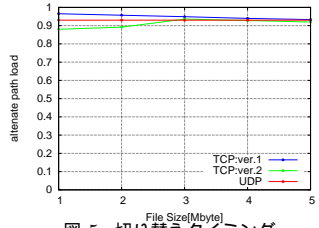


図 5: 切り替えタイミング

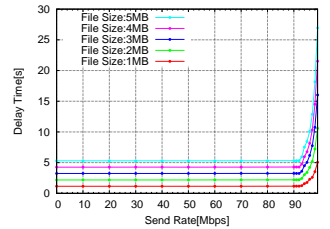


図 2: 背景トラフィックが UDP の場合

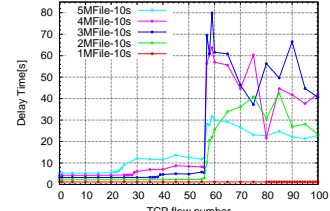


図 4: TCP の場合 (ver.2)

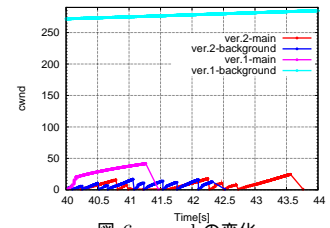


図 6: cwnd の変化

### 5.2 背景トラフィックが TCP の場合

1. 大容量ファイル転送 (ver.1)  
フロー数を 0 ~ 100 とした時の転送性能を図 3 に示す。送信ファイルサイズが 2[Mbyte] の時、許容値を満たすフロー数 9 本で、5[Mbyte] の時フロー数 10 本で許容とする 1.1 倍を超えることが確認できる。
2. 主フローと同傾向 (ver.2)  
10[s] 間隔でファイル転送する場合にフロー数を 0 ~ 100 とした時の転送性能を図 4 に示す。送信ファイルサイズが 2[Mbyte] の時、許容値を満たすフロー数が 56 本であるのに対し、5[Mbyte] の時は 23 本である。このように送信ファイルサイズが大きくなるにつれ、許容値を満たすフロー数が少なくなることが確認できる。

### 5.3 経路切り替えタイミングの調査

ここで、収容可能な TCP フロー数を  $R-D$  間でのリンク利用率に換算し、経路切り替え可能な利用率とファイルサイズの関係を図 5 に示す。背景トラフィックが UDP の場合、ファイルサイズに関わらず利用率 0.93 が切り替え指標となる。それに対し TCP の場合、図 5 において 1[Mbyte] の時、ver.1 では許容値を満たす利用率が UDP の場合より高く、ver.2 では低い。

図 6 は代替経路のフロー数が許容値を満たす時、主フローにおいて 1[Mbyte] のファイルを 1 つ転送する間の背景トラフィック (ver.1/2-background) と主フロー (ver.1/2-main) のウィンドウサイズの時間変化を示している。図 6 より ver.1 では、ver.1-background の各フローは少しずつウィンドウサイズが増加するため、ver.1-main はファイル転送を終えるまでウィンドウサイズの増加を維持し、許容の利用率が高くなる。それに対し、ver.2 では ver.2-background の急激なウィンドウサイズの増加により、ver.2-main はウィンドウサイズが変動して、1 ファイルの転送時間が長くなり許容利用率が低くなる。

## 6 まとめ

本研究では、空間的省電力 TE を用いるために TCP フロー迂回時の転送性能評価を行うことで、TCP フローにおける経路切り替えタイミングの検討を行った。この結果より、送信ファイルサイズ、迂回経路の利用率や UDP/TCP 収容比率をもとに経路切り替えの指標を示した。