

学籍番号	15676132	氏名	山田 智葵
論文題目	ネットワーク省電力化のための時間的/空間的 TE に関する研究		

1 はじめに

インターネットの普及・拡大に伴うネットワーク機器の消費電力増加により、ネットワーク省電力化を意識したトラフィックエンジニアリング (Traffic Engineering: TE) の検討が必要である。ある送受信ノード間の通信機器において強制的にトラフィックを待機し、低消費電力状態、もしくは稼働停止することで省電力化する時間的省電力 TE、複数の通信経路が存在する場合、利用状況に応じて特定経路に集約し、他経路の機器を省電力化する空間的省電力 TE がある。両者を組み合わせることで転送性能を考慮した効率的な省電力化が期待できる。

そこで本研究は、省電力対象経路と集約経路を想定した二経路モデルにおいて、時間的/空間的省電力 TE の実現のため、まず省電力性能を重視する場合の集約経路への迂回に関する影響を調査し、次に転送性能を考慮した待機時間の影響を評価することで、その性能を明らかにする。

2 時間的/空間的省電力 TE

2.1 ON/OFF 時間固定

図 1 のようなネットワークモデルを想定する。省電力対象経路 (パス 1) の通信機器においてパケット転送/非転送を ON/OFF 状態として、強制的にトラフィックを待機させ、ネットワーク機器を稼働停止することで省電力化を図る。この時、一定の ON/OFF 時間を繰り返すことで利用状況によらず一定の省電力性能を得られるが、高利用率時のパス 1 の転送性能が著しく劣化する。そこで、ON/OFF 状態に関わらずパス 1 のバッファにおいて空間的閾値 T_s を設定し、 T_s 以降の到着パケットを集約経路 (パス 2) へ迂回する空間的 TE を組み合わせることで、パス 1 の転送性能の改善を図る。

2.2 OFF 時間制御

ON/OFF 時間固定は迂回が発生することで、パス 1 の転送性能は改善されるがパス 2 の転送性能が劣化する。そのため、パス 1 の OFF 状態時に時間的閾値 $T_{on} (\leq T_s)$ を設定する。パス 1 にパケット到着時、キュー長が T_{on} を超えた時に OFF 状態から ON 状態へ遷移する。これにより、パス 2 の転送性能の改善を図る。

3 シミュレーション環境

図 1 において、各パスのパラメタはそれぞれ、バッファサイズ $K_1, K_2 = 100$ 、到着率 λ_1, λ_2 のポアソン過程、ON 状態においてサービス率 $\mu_1, \mu_2 (= 10,000)$ の指数分布に従うものとする。そのため正規化トラフィック量 ρ_1, ρ_2 はそれぞれ $\frac{\lambda_1}{\mu_1}, \frac{\lambda_2}{\mu_2}$ となる。また、パス 1 の ON/OFF 状態はそれぞれ α, β の指数分布に従い、平均 ON/OFF 時間は $\frac{1}{\alpha}, \frac{1}{\beta}$ となる。パス 2 は ON 状態のみを有するものとする。なお、 $\frac{1}{\alpha} = 25[msec], \frac{1}{\beta} = 100[msec], T_s = 0.95$ とする。

3.1 評価指標

- パス 1 の省電力化率 P_{ps}

$$P_{ps} = \text{OFF 時間割合} [\%]$$

- パス 1 → パス 2 の迂回率 P_d

$$P_d = \frac{\text{迂回パケット数}}{\text{パス 1 の到着パケット数}} * 100 [\%]$$

- パス 1 の平均転送遅延時間 $D_1 [msec]$

4 結果・考察

図 2~4 に横軸をパス 1 の正規化トラフィック量 ρ_1 とする時の P_{ps}, P_d, D_1 をそれぞれ示す。 $\frac{1}{\alpha} = 25, \frac{1}{\beta} = 100$ が ON/OFF 時間固定、 $T_{on} = 0.1, 0.5, 0.9$ が OFF 時間制御を表す。

図 2 から、 $\rho_1 = 0.025$ では $T_{on} = 0.1$ は 60%、 $T_{on} = 0.5, 0.9$ は ON/OFF 時間固定と同じ 80% あたりであるが利用率が高くなるにつれて T_{on} が小さいほど P_{ps} が急激に減少し、 T_{on} が大きいほど緩やかな減少である。ゆえに、高い省電力性能を得るには T_{on} が大きい方がよいと考える。

図 3 から、低利用率時から迂回が発生している ON/OFF 時間固定と比べて、OFF 時間制御は $\rho_1 = 0.7$ 以降の高利用率時のみ発生するため、パス 2 の大幅な転送性能の改善が

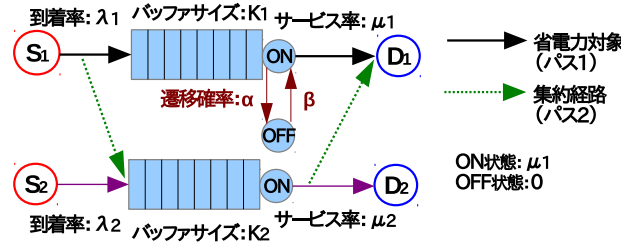


図 1: ネットワークモデル

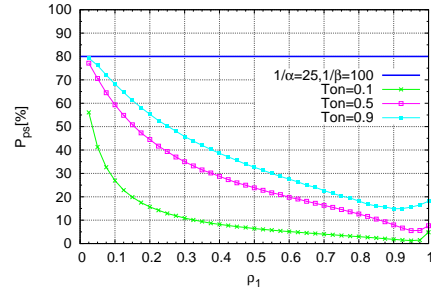


図 2: 省電力化率

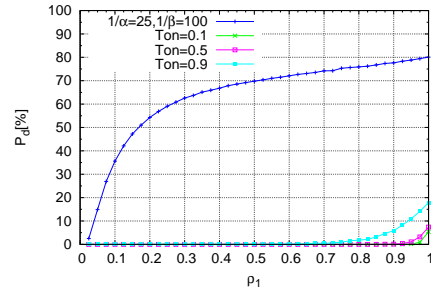


図 3: 迂回率

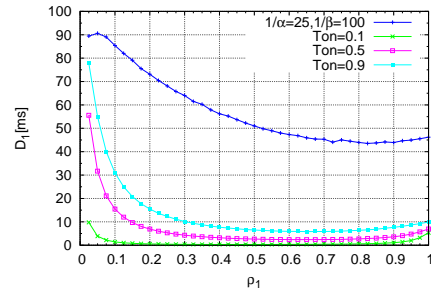


図 4: 平均転送遅延時間

できる。 T_{on} が小さいほど P_d は低く、 T_{on} が大きいほど高くなる。ゆえに、パス 2 の転送性能の改善を図るには T_{on} が小さい方がよいと考える。

図 4 から、ON/OFF 時間固定に比べて、OFF 時間制御は遅延時間が小さく、パス 1 の転送性能の改善ができる。 T_{on} が小さいほど D_1 は低く、 T_{on} が大きいほど高くなる。 $\rho_1 = 0.3$ までの低利用率時において T_{on} による差は大きく表れている。ゆえに、パス 1 の転送性能の改善を図るには T_{on} が小さい方がよいと考える。

以上を踏まえ、 $\rho_1 = 0.2$ に着目した時、 P_{ps} は T_{on} によって大きな差があるのに対し、 D_1 は T_{on} による差は小さい。また、ON/OFF 時間固定と比べ、 T_{on} によらず OFF 時間制御を用いることで各パスの転送性能は改善されているため、高い省電力性能が得られる大きな T_{on} 、特に迂回閾値 $T_s (= 0.95)$ に近い値が適切であると考える。

5 まとめ

省電力対象経路と集約経路を想定した時間的/空間的省電力 TE において迂回/待機時間の閾値設定により、対象経路の省電力化と両経路の転送性能改善が可能であることを明らかにした。