

学生番号	11232087	氏名	山田 智奨
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 の性能評価に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットの普及・拡大によるトラフィック量の急増に伴い、ルータやハブ、スイッチ等のネットワーク機器の消費電力も増加している。そのため、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に複数の通信経路が存在する場合、利用状況に応じて経路集約をし、経路中のネットワーク機器を低消費電力状態、もしくは稼働停止にすることで省電力化を行う空間的省電力 TE に加え、低消費電力状態の機器において強制的にトラフィックを待機させることで省電力化を行う時間的省電力 TE を考慮することでネットワーク全体での省電力化が期待できる。

そこで本研究では、省電力対象経路と集約経路を想定した二つの待ち行列において、省電力対象経路の packet 転送の通常転送時と低消費転送時を ON/OFF で表現し、待ち行列長に応じて到着トラフィックを集約経路に迂回、もしくは待機する時間的/空間的省電力 TE を実現するシミュレーションにより、各経路の転送性能を調査する。

2 単一パスの省電力化 (迂回なし)

これまで単一経路 (図 1 のパス 1) を省電力対象とした遅延特性の解析が行われている。ここでは、パス 1 の packet 処理に ON/OFF 状態を設定し、ON 状態を μ_1 の指数分布、OFF 状態を 0 とすることで、後者を省電力状態とし、その時間や割合が遅延特性に及ぼす影響を示している。この特性を以降、迂回なしとする。

3 時間的/空間的省電力 TE

迂回なしの場合、省電力化率の増加に伴い遅延特性は劣化するので、到着トラフィックが図 1 に示す集約経路 (図 1 のパス 2) に迂回可能な場合を想定し、以下を検討する。

3.1 空間的 TE

パス 1 のバッファに閾値 T_s を設定し、パス 1 に packet 到着時のキュー長が T_s を超える場合にはパス 2 へ迂回する。これによりパス 1 の転送遅延の改善を図ることができる。

3.2 時間的/空間的 TE

空間的省電力 TE に加えて、パス 1 の ON 状態時に閾値 $T_t (> T_s)$ を設定し、ON 状態時には T_t を、OFF 状態時には T_s を超える場合にパス 2 へ迂回する。これによって、パス 2 への迂回による転送遅延の増加を抑制しつつ、パス 1 の転送遅延の減少も図ることができる。

4 シミュレーション環境

図 1 に関するシミュレーションを作成し、評価をする。各パスのパラメータは、バッファサイズは $K_1, K_2 (= 100)$ 、到着率は λ_1, λ_2 のポアソン過程、サーバは 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。また、パス 1 の ON/OFF 状態はそれぞれパラメータ α, β の指数分布に従い、平均 ON/OFF 時間はそれぞれ $\frac{1}{\alpha}, \frac{1}{\beta}$ となる。

4.1 評価指標

- packet 平均転送遅延時間 $D_i (i = 1, 2)$

$$D_i = \frac{\text{各パスの到着 packet キュー滞在時間の和}}{\text{各パスの到着 packet 数}}$$

- パス 1 到着トラフィックの迂回率 Pd

$$Pd = \frac{\text{パス 1} \rightarrow \text{パス 2 へ迂回した packet 数}}{\text{パス 1 の到着 packet 数}}$$

5 シミュレーション結果

図 2~4 にパス 1 の正規化トラフィック量 $\rho_1 (= \frac{\lambda_1}{\mu_1})$ に対する D_1, Pd, D_2 をそれぞれ示す。パス 1 の省電力化率を 20% とした場合、稼働率は 0.8 であるため、図 2 より迂回しない場

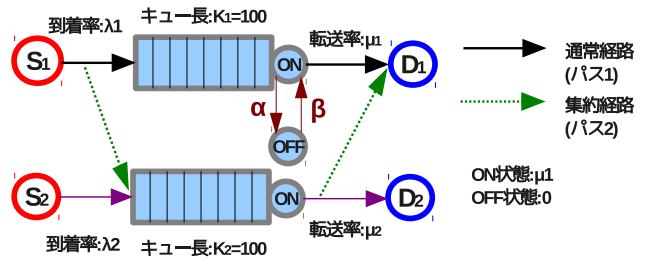


図 1: ネットワークモデル

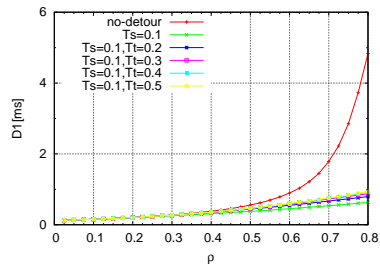


図 2: パス 1 の転送平均遅延時間

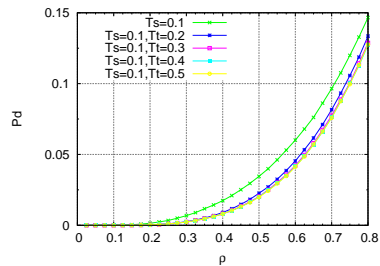


図 3: パス 1 の迂回率

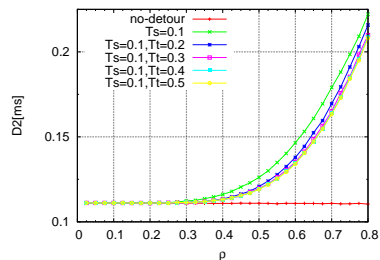


図 4: パス 2 の転送平均遅延時間

合 (図中の no-detour) の遅延は $\rho_1 = 0.8$ 付近で急増する。そこで、空間的 TE ($T_s = 0.1$) により、 D_1 は大きく改善される。しかし、図 3 より Pd の上昇に比例し、図 4 の D_2 は、大きく劣化することがわかる。

そこで空間的 TE に加えて、時間的 TE (閾値 T_t の設定) を検討すると、 T_t の増加に伴い、パス 1 の待機トラフィックが多くなるため、図 2 より D_1 は増加するがその差分は小さく、空間的 TE のみの場合と同様の傾向が得られる。それに対し、図 4 より D_2 の改善効果は高くなることがわかる。

6 まとめ

省電力対象経路と集約経路を想定したネットワーク全体の省電力化を目的とした時間的/空間的省電力 TE の省電力対象経路の省電力性能と各経路の転送性能についてシミュレーションにより評価し、省電力対象経路の転送性能を改善しつつ、集約経路の転送遅延の増加も抑制することが可能であることを明らかにした。