

B-7-20

ルータ性能の動的制御による低消費電力化とパケット棄却率推定法

Power Saving of Routers Employing Dynamic Performance Control and Packet Loss Ratio Estimation

伊藤 弘行
Hiroyuki Ito長谷川 浩
Hiroshi Hasegawa佐藤 健一
Ken-ichi Sato名古屋大学 大学院工学研究科 電子情報システム専攻
Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University

1. はじめに

トラフィック増加に伴い情報通信分野で消費される電力は増加を続けている。今後の更なるトラフィックの増加による消費電力増大の多くは、バックボーンの大規模ルータでの消費電力増に依るものであり[1]、これらの装置の低消費電力化が重要な課題である。低消費電力化の達成には、トラフィック量に応じて通信機器の性能を適応的に変化させる手法が有効であり様々な検討が進められている[2, 3]。大規模ルータにおいては装備する複数のルーティングエンジン[4]の稼働数やそのクロック周波数をトラフィック量に応じ適応的に制御し、処理性能を変化させることで効果的に消費電力削減が可能である。

これまで著者らは、トラフィック変動の周波数分割に基づくルータの動的性能制御を導入する効果について、トラフィックの急峻な変動を抑制し必要なルーティングエンジン数の削減を設計する上で重要となるバッファの振る舞いを leaky bucket モデルで近似し、基礎的な検討を行った[5]。本稿では、より高精度な結果を得るためパケット毎のシミュレーションを行い、低消費電力化効果を確認する。また、2つの評価方法で得られた結果の関連を明らかにし、計算コストに優れた leaky bucket モデルを用いた評価の有効性について示す。

2. トラフィック変動の周波数分割による制御法[5]

本稿では一定の短い時間間隔でルータへの入力トラフィックが観測可能であるとし、これを基に次時刻で必要となる処理性能を決定する。ルータに到着したトラフィック量の系列にローパスフィルタを適用して低周波成分を抽出し、高周波成分の標準偏差から決まる一定の値 α を加え、次の時刻に予想される最大トラフィック量とする。処理性能は、予想最大トラフィック量を処理できる最小の値で設定する。処理性能を超えるトラフィック量は、バッファリングされる。バッファ容量はルータの最大処理性能 C [bps] に対し最大 t 秒間蓄積可能な量、すなわち $C \cdot t$ [bit] 装備されていると仮定する。

3. 数値実験

本稿では、次のようなルータを想定し数値実験を行った。

- 処理性能が最大値の $1/20$ 刻みで変更でき、処理性能と消費電力は正比例する。
- トラフィック観測と処理性能制御は 100 ms 毎に行われるが、処理性能の変更後 10 秒間は更なる変更を行わない。

大学向け回線[6]及び日米間の回線[7]で観測された各パケットの到着時刻及びパケット長の情報を持つトラフィックデータ 1 日分を用いた。日米間の回線については、観測年の異なるもの 2 種を用いた。 C を 100 ms 間隔でのトラフィック量の最大値とし、 α を変化させ、消費電力削減効果を評価した。評価では、次の 2 つの方法を用いた。

- 1) パケット毎のシミュレーション
シミュレーション中で実トラフィックデータと同時刻、同パケット長のパケットを発生させる。バッファから溢れたパケット数の全受信パケット数に対する割合をパケット棄却率とし、評価に用いる。
- 2) leaky bucket モデルを用いたシミュレーション
実トラフィックデータは 100 ms 間隔の時系列データに変換して用いる。バッファへの蓄積量は"トラフ

ック量 - 現在の処理性能"とし (正の値かつ $C \cdot t$ 以下)、100 ms 毎に計算する。バッファへの蓄積量が $C \cdot t$ を超えた時刻数の全時刻に対する割合を超過率と定義し、評価に用いる。

なお、制御に用いるローパスフィルタのカットオフ周波数を 60π [rad/day]、 $t = 0.1$ と設定し、フィルタ出力が安定した領域で評価するため、各データの先頭 30 分間は評価に用いていない。

図 1 に 1) の方法により得たパケット棄却率と消費電力の関係を示す。低消費電力化効果はトラフィックの性質とパケット棄却率に依存している。例えば、0.01% の棄却を許容すれば、消費電力が 30 から 60% 削減可能である。

また、図 2 に超過率と棄却率の関係を示す。比例係数はトラフィックの種類により異なるものの、互いに比例に近い相関性が見られる。即ち、超過率を求めることにより棄却率を推定可能であり、これは短時間で棄却率の推定が可能であることを意味する。

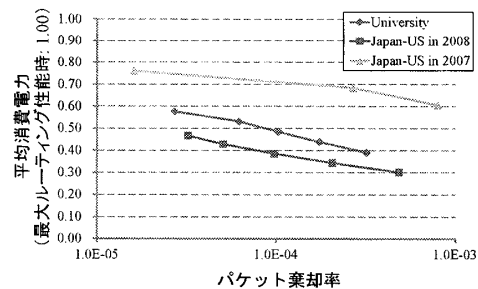


図 1. パケット棄却率と電力消費量

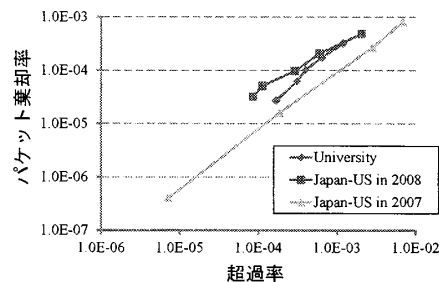


図 2. 超過率とパケット棄却率

4. まとめ

トラフィック変動の周波数分割によりルータに必要な処理性能を決定する動的性能制御を導入することによる消費電力削減効果を評価すると共に、バッファの振る舞いを leaky bucket モデルで近似するシンプルなモデルを用いたパケット棄却率推定が可能であることを示した。

謝辞：本研究は NEDO グリーン IT プロジェクトの一環である。

参考文献

- [1] C. Lange et al., Proc. ECOC, 2009.
- [2] 相原他, 信学技報 IN2006-147, Mar. 2007.
- [3] C. Gunaratne et al., Int. J. Network Mgmt vol. 15, pp. 297-310, 2005.
- [4] M. Yamada et al., ICC Workshops, 2009.
- [5] 伊藤他, 2010年電子情報通信学会総合大会 B-7-50.
- [6] <http://www.wand.net.nz/wits/> of the Leipzig
- [7] <http://mawi.wide.ad.jp/mawi/>