

B-7-48

トラフィック変動予測に基づくリンク容量の動的制御による ネットワーク低消費電力化

Power Consumption Reduction by Dynamic Link Capacity Control that Uses Traffic Prediction

早川 和希
Kazuki Hayakawa

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

トラフィックの増加に伴うネットワークの消費電力の増大は、将来にわたるネットワークの大容量化を制限する課題として顕在化している。将来トラフィックが大幅に増加した状況ではネットワーク全体で消費される電力の多くがコア・メトロネットワークにおける大規模ルータで消費されると見込まれており、これらルータの省電力化が重要な課題となっている。現在のルータは常時最大の処理性能を発揮するよう稼働するため、処理するトラフィック量に関わらずほぼ一定の電力を消費する。[1]では CISCO 12000 における消費電力の 43% がラインカードによるものであると評価されている。そのため、トラフィック量が少ない時刻に使用するラインカード数を削減し、アクティブなリンク容量を減らすことでルータの省電力化を図ることが有効である。ただし、リンク容量の削減はトラフィック変動に伴うパケットロスを引き起こすため、見込まれるトラフィック変動を考慮した制御が必要である。伊藤ら[2]はリンク容量の動的制御法を提案しているが、ネットワーク全体での検討は行なわれておらず、単一リンク上での評価にとどまっている。本研究では、実際の観測トラフィックの変動データを用い、ネットワーク全体でのリンク容量の動的制御による電力削減効果を評価する。

2. リンク容量の動的制御による省電力化

本稿では、隣接ルータ間を接続するリンクが、全て同一の複数の送受信インターフェースを用いて実現される場合を想定する。各送受信インターフェースとそれに付随するラインカードの電源をトラフィック量に応じ適宜、入・断することで消費電力の削減を図る。

一定の時間間隔でネットワーク上のトラフィックが観測可能であるとし、観測結果を基に次時刻での各リンクにおける最大トラフィック量を予測する。時刻 n においてリンク内トラフィック量の系列 $trf[n]$ にローパスフィルタを適用し、変動の低周波成分 $\widehat{trf}[n]$ を抽出し、高周波成分の標準偏差 σ に余裕度 t を乗じた値を加え、次時刻 $n+1$ における最大トラフィック量の予測値とする。この予測値を収容可能な最小限のインターフェースを使用し収容し、残りは電源断とする。

3. 数値実験

12 ノード、15 リンクで構成される Abilene 学術ネットワークにおいて、各ノード間において 5 分間隔で観測された実トラフィックデータ 1 週間分を用いた。ローパスフィルタのカットオフ周波数を 60π [rad/day] と設定し、フィルタ出力が安定した領域で評価するため、先頭 30 分間に相当する部分では制御を行っていない。リンク容量を変更する制御間隔は 15 分とした。トラフィックデータの全リンク・全時刻での最大値でトラフィックデータを正規化した。インターフェースの容量が $1/n$ ($n = 5, 7, 10$) であるとし、各リンクでの最大使用量を上回る最小の k/n (k : 整数) をそのリンクの容量とした。続いて、各リンクでのインターフェース使用数を異なる余裕度について評価し、ネットワーク全体での消費電力と、トラフィック量が使用インターフェ

ースの容量を上回った確率 (超過率) を評価した。この超過率は実際のパケットロスに比べ同一から $1/10$ 程度になることがパケット毎の数値実験で確認されている[2]。なお、簡単のため送受信インターフェース以外の消費電力は考慮していない。

図 1 に余裕度と電力削減率の関係を、図 2 に余裕度と超過率の関係を示す。省電力効果、超過率ともに余裕度に依存している。また n の値が大きいくほど粒度の細かい制御が可能になるため省電力効果が大きくなるが、 n の値が小さい場合には予測値より大きなリンク容量が確保されがちであるため超過率が小さくなっている。例えば $n = 5$ のネットワークにおいて余裕度 $t = 4$ とすれば超過率を 0.2% 以下に抑えつつ 35%~40% の省電力効果が得られることが分かる。

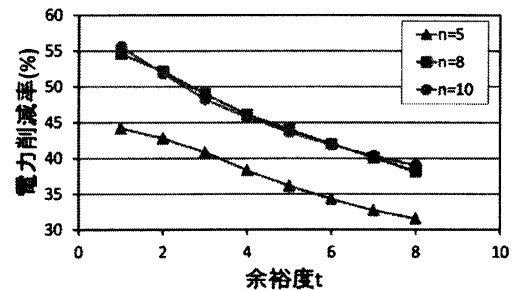


図 1. 余裕度に対する電力削減率の変動

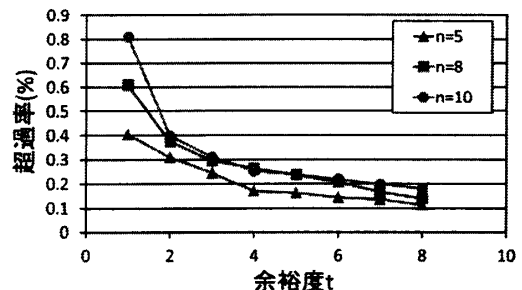


図 2. 余裕度に対する超過率の変動

4. まとめ

トラフィック変動予測に基づくリンク容量の動的制御を行う手法を提案し、ネットワーク全体における電力削減効果を、実トラフィックデータを用い評価した。提案手法の有効性が確認された。

謝辞

本研究は NEDO Green IT プロジェクト並びに、KAKENHI(23246072)の支援を受けた。

参考文献

- [1] "Power Management for the Cisco 12000 Series Router." http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0s/feature/guide/12spower.html
- [2] H. Ito et al, "Router Power Reduction Through Dynamic Performance Control Based on Traffic Predictions," IEICE Trans. Commun. to appear.