

時系列解析を用いた省電力ルーティング

Power Saved Routing through Time Series Analysis

川口 敬†

後藤 滋樹†

†早稲田大学 基幹理工学研究科 情報理工学専攻

概要

インターネットのトラフィックが増大するとネットワーク機器の消費電力も増加する。消費電力を削減することは重要な課題である。これに呼応して、経路を集約することによりネットワーク機器を sleep もしくは部分的な稼働状態にして、消費電力を削減する技術が研究されている。この方法では、トラフィックを集約しておく時間が長いほど、多くの消費電力を削減することができる。本研究は、経路を集約する時間を長くすることを目的とする。具体的には時系列解析を用いてトラフィックの予測値を求める。その情報を利用して経路集約を行う方法を提案する。さらに提案手法を集約時間や通信品質の観点から評価する。

1 提案手法

本研究の提案は、トラフィックの傾向を時系列解析によって予測し、省電力ルーティングに適用することである。具体的には、トラフィックが少なくなると予測されたときに分散から集約へ、トラフィックが輻輳すると予測されたときに集約から分散へ移行する。また、分散時と集約時でパラメータを切り替えて設定することで、集約に対してより早く判断し、集約時のバーストトラフィックへの反応回避を可能にする。

時系列解析 本研究では、自己回帰 (AR) モデルと移動平均 (MA) モデルおよび時系列データの階差を考慮した ARIMA モデル [1] を用い、 $\text{arima}(p,d,q)$ と表す。また各パラメータ p, d, q はそれぞれ AR, 階差, MA の次数を表している。

2 実験

時系列解析を用いたトラフィック予測を行うことによる集約時間、通信品質の評価を行う。通信品質を評価するためパケットのドロップ率を用いる。iperf の UDP トラフィックにより以下の 3 つのテストケースを生成し、実験を行った。

- Case1 分散から集約に向かう減少トラフィック
- Case2 集約時にバーストが発生するトラフィック
- Case3 集約から分散に向かう上昇トラフィック

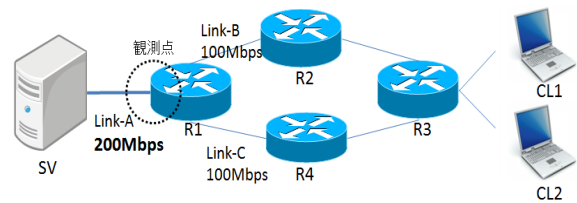


図 1: ネットワーク図

実験には、仮想環境上に図 1 のネットワークを構築した。各ルータを R1~4 で表し、トラフィックはクライアント CL1~2 からサーバ SV に向かう。ルーティングプロトコルには OSPF を用い、各ルートに等コストを設定することでトラフィックの分散環境を用意した。

図 1 の観測点において SNMP を用いてトラフィック情報を取得し、R1 においてトラフィック予測を行う。設定した閾値に従いルーティングテーブルの書き換え、および経路変更を行う。各 Case におけるトラフィックの集約時間と通信成功率を測定する。

2.1 実験環境

2.1.1 集約と分散に用いる閾値の設定

平均リンク利用率から閾値を決定する。実験環境において、50%というリンク利用率に達すると通信の劣化が見られた。また文献 [2] では、年率およそ 30%の割合でトラフィックが増大していると報告されている。これらから、回線を 5 年間運用することを想定すると、平均リンク利用率は $50 \div 1.3^5 \approx 13(\%)$ と算出できる。よって本実験で用いる平均のリンク利用率を 13% であるとした。トラフィックの観測点において、集約と判断する Link-A のリンク利用率の閾値を 13% の 1/2 である 6.5% に、分散と判断する閾値を 13% とした。

2.1.2 トラフィックの監視間隔と予測時間の設定

OSPF において、ルーティングテーブルの変更が反映され、経路が切り替わるまでの時間を測定した。10 回測定を行い、分散から集約への移行に最大 18 秒、集約から分散への移行に最大 25 秒を要したことから、トラフィックの監視間隔および予測先の時間を 30 秒とした。

2.1.3 予測モデルのパラメータ設定

ARIMA モデルのパラメータ設定を行う。分散時は予測の精度を重視し、集約時はバーストトラフィックに対

して反応しないパラメータを設定する。分散時は、もっとも予測誤差が小さくなるパラメータとして $arima(2,1,1)$ を設定し、集約時は、トラフィックの急な増大による影響を回避するため、できる限り過去の情報を参照しない $arima(1,0,1)$ を設定した。

2.2 実験結果

予測を用いる手法を提案手法、用いない手法を従来手法として、各 Case におけるトラフィックの集約時間を表 1 に示す。また経路変更の発生による通信への影響を評価するため、経路変更時の通信成功率を表 2 に示す。さらにリンク利用率の時系列変化と集約時間について、測定時間のグラフを図 2~4 に示す。

	提案	従来
Case1	172sec	148sec
Case2	300sec	237sec
Case3	417sec	385sec

	提案	従来
Case1	43%	50%
Case2	-	1%
Case3	64%	71%

Case1 表 1 および図 2 より、集約が早く行われることで、集約時間を長くすることに成功した。また表 2 から通信品質は従来とほぼ同様の値であり、集約を早めたことによる通信品質への影響は見られないという結果を得た。

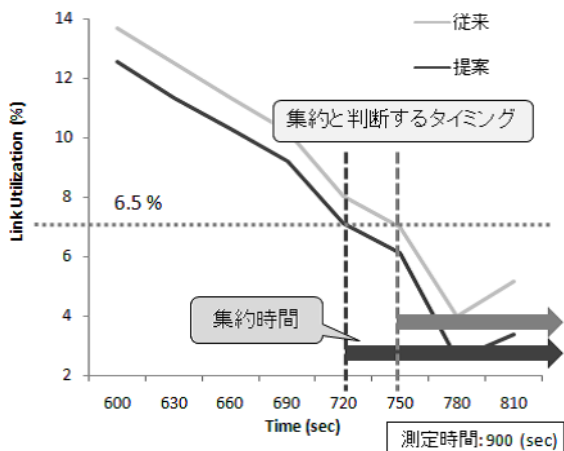


図 2: Case1 におけるリンク利用率と集約時間

Case2 図 3 より、予測データがバーストラフィックに対しては反応しないため、急激なトラフィックの増大によって発生し得る分散、集約の処理を回避できる。そのため表 2 に示すように通信の品質劣化は見られない。

Case3 図 4 より、予測の精度が落ち予想を用いない場合と比較して、提案はやや遅く分散に移行する。しかし表 2 より、それによる通信の品質劣化は見られなかった。

3 まとめ

本研究では、時系列解析によるトラフィックの予測値を用いて経路の切り替えを行うことで、トラフィックを

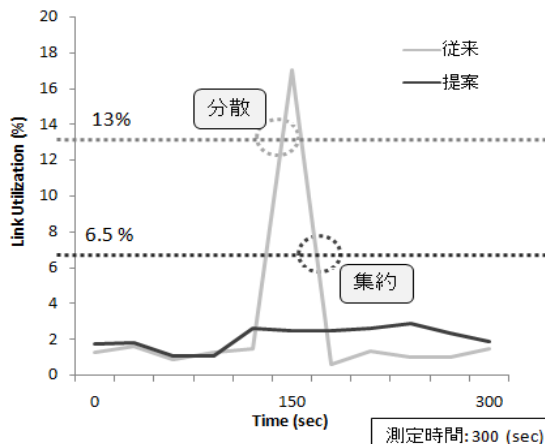


図 3: Case2 におけるリンク利用率と集約時間

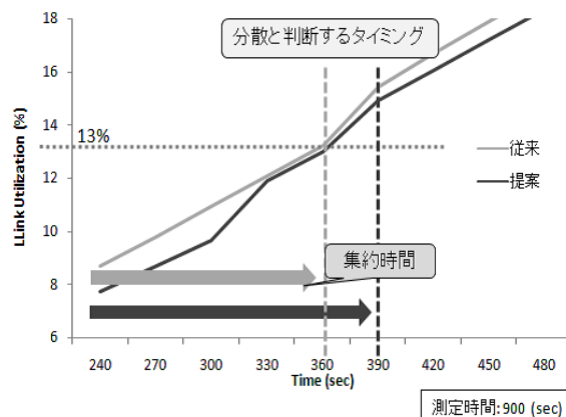


図 4: Case3 におけるリンク利用率と集約時間

一方の経路に集約する時間を長くする手法を提案した。実験の結果、予測を用いることにより、通信品質の劣化を防ぎながら、集約時間を長くできることを示した。今後の課題は、テストトラフィック以外のより実トラフィックに近い環境での実験、環境に応じて最適な予測アルゴリズムおよびパラメータを選択する方法を検討することである。

参考文献

- [1] Peter J.Brockwell, Richard A.Davis 著, 時系列解析と予測, シーエーピー出版, 2004
- [2] Kenjiro Cho, Kensuke Fukuda, Hiroshi Esaki, Akira Kato, Observing Slow Crustal Movement in Residential User Traffic, ACM CoNEXT2008. Madrid, Spain. December 2008.
- [3] Pulak Chowdhury, Energy Efficiency in Telecom Optical Networks, Workshop on Energy Efficient Networking and System Photonics in Switching, July 25, 2010.
- [4] 持永大, 小林克志, 工藤知宏, 村瀬一郎, 後藤滋樹, インターネット上のコンテンツ分布を考慮した光回線交換方式および CDN 方式の採用による省電力化の評価, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J94-B, No.10, pp.1293-1302, 2011.