

2Q-03 パスベースによるインターネット パフォーマンス測定方法*

井原 修一 中嶋 卓雄 中村 良三†

熊本大学 工学部‡

1 はじめに

ネットワークの性能評価については、IPPM(IP Performance Metrics) WGによって、トランスポートにおける性能・評価の指標および手法が検討されている [1]. 特に NTP などの絶対時刻の存在を前提とした一方向のパフォーマンス評価指標が詳細に検討されている. 一方で, Treno, Traceroute, Ping などのツールが公開され, 部分的な評価が提案されている. しかし, NTP などによる絶対時刻は必ずしも大規模なネットワークに普及しているとは言えず, 公開されているツールなども LAN などのローカルなネットワークについては詳細な解析が可能だが, インターネットなどの大規模なネットワーク網に関しては, まだその計測精度および計測時間には問題がある.

従来から提案されている評価手法は一方向性の遅延およびパケットロスなどでありおもに end-to-end の測定によって得られたデータに基づきパフォーマンスを定義する手法である. しかし, トランスポートにおけるパフォーマンスは評価できるが, ネットワーク層における特徴を含めた解析は十分に行われていない.

本研究では, 一方向による正確な測定より広範囲に渡って測定・評価が可能な双方向によるアクティブ測定を用いるとともに, 隣接ノード間のパスに沿って一連のデータパケット流れを解析するパスベースな評価手法を提案する.

具体的には, ICMP TIMESTAMP メッセージを用い, 国内のいくつかの経路について, RTT, リモート

ホストが打刻した時刻, 送受信パケットサイズ及び, パケットロスを測定する. その後, 空間的な RTT の変化に注目して自己相関およびノード間の相互相関を求めることにより, ノードにおけるパケットの流れのタイプ, すなわち中継ノードかトラフィック集中ノードかの特徴を抽出する. また, 各ノードにおいて, RTT の分散する範囲とパケットロスの関係を明確にすることにより, ノードのパケット遅延に対して柔軟性を持つか否かを抽出する手法を提案する.

2 提案する手法

各ノードの特徴を, (1) パケットの分散性, (2) パケットの保持特性について分析する.

2.1 パケットの分散性

ノードにおけるパケットの分散性とは, (1) あるノードにおけるパケットの遅延が時間差を持ち連続して受信されたパケットに影響を受けやすいか否かを評価する指標と, (2) 連続したパスに存在する複数ノードにおいて, 一定の時間差を持つパケットの受信がノード相互に影響をおよぼしやすいか否かを評価する指標として, 考える. まず, (1) については, 時間差を持つ RTT の自己相関係数により評価し, (2) については, 時間差を持つ隣接ノード間の RTT の相互相関により評価する.

ノードの振舞をノード自身の RTT の時間系列に関する自己相関係数と隣接ノード間における相互相関係数について評価する.

*A Method of Path-based Internet Performance Measurement

†Faculty of Engineering, Kumamoto University

‡Syuichi Ihara, Takuo Nakashima, Ryoza Nakamura

ノード 1 から時刻 t にパケットを送信した時のノード i までの RTT の時間系列を $x_i(t)$ とする時、ノード i における自己相関関数 $R^i(t, \tau)$ および自己相関係数 ρ^i は次のように表現される。

$$R^i(\tau) = E[x_i(t)x_i(t+\tau)]$$

$$\rho^i(\tau) = R^i(\tau)/R^i(0)$$

同時にノード 1 から時刻 t にパケットを送信した時のノード i および $i+1$ までの RTT の時間系列を $x_i(t), x_{i+1}(t)$ とする時、ノード i と $i+1$ の間の相互相関係数 R_{i+1}^i および相互相関係数 ρ_{i+1}^i は次のように表現される。

$$R_{i+1}^i = E[x_i(t)x_{i+1}(t)]$$

$$\rho_{i+1}^i = R_{i+1}^i / \sqrt{R^i(0)R^{i+1}(0)}$$

2.2 パケットの保持特性

ノードにおけるパケットの保持特性とは、ノードにおいてパケットが破棄されず保存される割合とノードからの RTT の分散によって、そのノードがパケットを保存する特性を同じパス上の他のノードとの比較により判断する。

3 実装と評価

3.1 環境

今回、ICMP_TIMESTAMP を利用するアプリケーションを実装し、評価を行った。実験環境として、(1)FreeBSD-2.2.8 を用いた。(2)パケット長を 40[byte]。(3)測定ルートは、いずれも熊本大学から通過ノード数 14 の SINET と IJ のバックボーンを含む 3ヶ所とした。

3.2 相関係数とロス率

まず、SINET と IJ の相互接続ポイントにおける各ノードにおける自己相関を図 1 に示す。この図から、RTT のゆらぎに関してはポアソンのため相関がなくランダムであることが分かる。

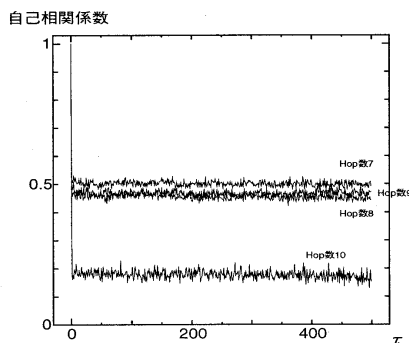


図 1 τ の変化による自己相関係数

次に、相互相関係数を図 2 に示す。この図のノード間 i とは $i-1$ と i との間の相互相関を示す。この図から、ノード 8 と 9 の間で相互相関が急に減少しており、他のパケット流による影響が大きいことが分かる。このように、相互相関係数により UPLINK 側におけるパケット流の合流地点が明らかになる。

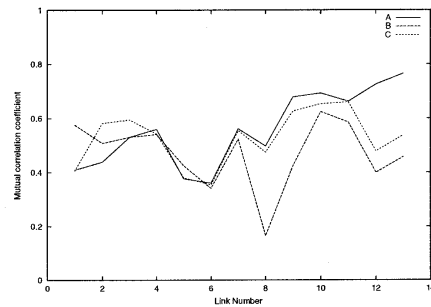


図 2 ノード間の相互相関係数

次に、あるパスにおけるパケットのロス率の RTT の関係を図 3 に示す。この図からノード 10 においてロス率が減少し、さらに急に RTT の幅も増えることから、ノード 10 の持つバッファが他のノードより大きくネットワークの揺らぎに強固であると考えられる。

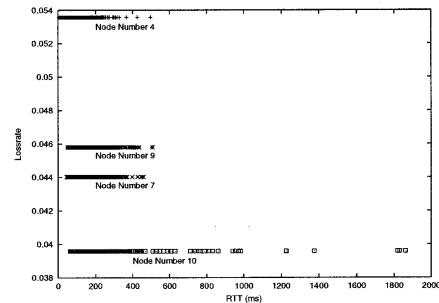


図 3 パケットのロス率と RTT の関係

4 おわりに

本研究では、ノードの特徴をパス上のパケットの流れをベースにして分析するとともに、パス上のノード間の動作を比較することによって明らかにしてきた。今後は特徴の時間的な変化を評価して、トラフィックの予測が可能なモデルに発展させたい。

参考文献

- [1] V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi and M. Mathis: "Framework for IP Performance Metrics", RFC2330, May, 1998.