

統計的手法によるネットワーク利用可能帯域の 推定と予測*

3U-4

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, Treno, Traceroute, Ping などのツールが公開され, 部分的な評価手法が提案されている. しかし, 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.

本研究では ICMP TIMESTAMP メッセージを用いて RTT, リモートホストが打刻した時刻および送信受信パケットサイズからネットワークの最大利用帯域を推定するアクティブ計測の一手法を提案するとともに, 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の特徴を抽出する手法を提案する. さらに, 具現化したシステムによりパフォーマンスおよびノードおよびネットワークの特徴を評価する.

2 提案する手法

2.1 最大利用可能帯域

ノード間の特徴として最大利用可能帯域を, (1) ICMP TIMESTAMP メッセージを用いることにより, 送信および受信パケットの挙動を個別に評価する. (2) 送信および受信パケットサイズが変化する場合の特性を評価する. に基づき推定する.

ICMP TIMESTAMP メッセージを用いた時のノード i までの利用可能帯域は次の評価式で表すことができる.

$$Y_s^i = ((T_r^i + \Delta) - T_s^1) / S_s$$

Y_s^i : ノード 1 からノード i までの送信側利用可能帯域
 T_r^i : ノード i の受信パケットのタイムスタンプ
 Δ : ノード 1 とノード i の時間差
 T_s^1 : ノード 1 の送信パケットのタイムスタンプ
 S_s : 送信パケットサイズ

受信における利用可能帯域も同様に行う. また, 時間差については送受信の帯域が等しいという前提で部分的に推定しながら, 誤差の及ぶ範囲を少なくする.

2.2 ノードの特徴抽出

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.

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.

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

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

*A Prediction and Assumption of available Network Bandwidth based on the Statistical Methods

†Faculty of Engineering, Kumamoto University

‡Syuichi Ihara, Takuo Nakashima, Ryoza Nakamura

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)測定ルートは熊大-SINET-IIJ-電盛社とした. (3)パケット長を64[byte]から1448 [byte]まで変化させ1秒間隔で測定した. 次に経路となるノードを示す.

- 1 133.95.102.254 (133.95.102.254)
- 2 133.95.14.211 (133.95.14.211)
- 3 133.95.15.215 (133.95.15.215)
- 4 kumamoto-1-A6-0-9.sinet.ad.jp (150.99.45.193)
- 5 osaka-1-A4-0-14.sinet.ad.jp (150.99.82.4)
- 6 nacsis-1-A8-0-5.sinet.ad.jp (150.99.104.101)
- 7 otemachi-gate-A0-0-1.sinet.ad.jp (150.100.59.2)
- 8 202.232.8.97 (202.232.8.97)
- 9 Otemachi-bb3.IIJ.Net (202.232.1.144)
- 10 Osaka-bb1.IIJ.Net (202.232.0.158)
- 11 Osaka-bb2.IIJ.Net (202.232.3.114)
- 12 Fukuoka-bb1.IIJ.Net (202.232.0.82)
- 13 Kumamoto.IIJ.Net (202.232.0.106)
- 14 door00.densei.co.jp (210.148.232.130)
- 15 kdssvr00.densei.co.jp (210.148.232.131)

3.2 相関係数

まず, SINETとIIJ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であり相関がなくランダムであることが分かる.

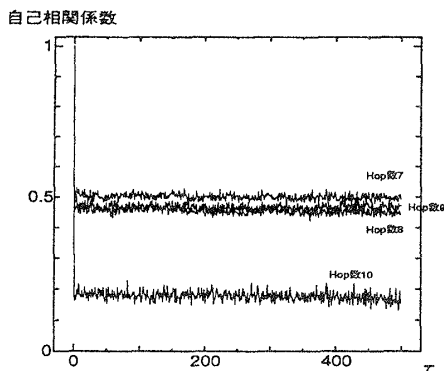


図1 τの変化による自己相関係数

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.

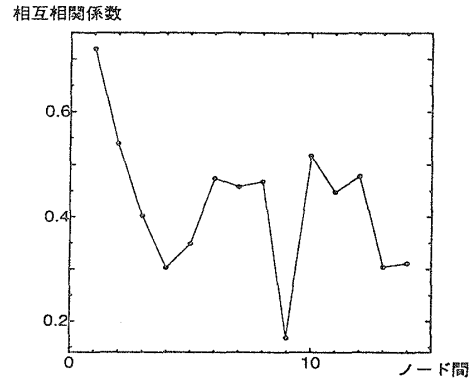


図2 ノード間の相互相関係数

3.3 帯域推定手法の比較

今回実装したツールとTreno, bingのローカルホストからノード16までの利用可能帯域を推定した結果を図3に示す.

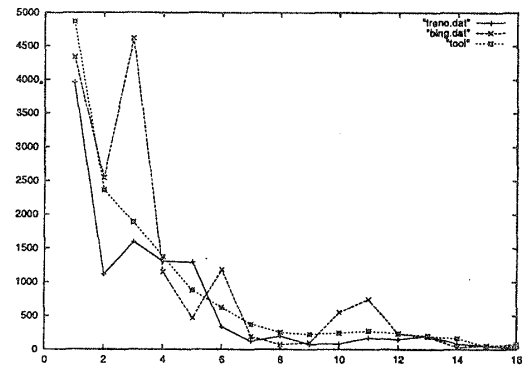


図3 利用可能帯域の推定

この結果から, ノードが進めば利用可能帯域が減少しなければいけないにもかかわらず, Treno, bingなどでは増加している場合がある. またこの3つのツールの中で提案するツールが最も大きな利用帯域を推定することができており, より精密な評価ができたと言える.

4 おわりに

本研究では, ネットワーク利用可能帯域の推定方法とノードの特徴を抽出する手法を提案し具現化した. この推定に基づき将来的な予測も可能であると考える.

参考文献

[1] IETF-IPPM-WG: "Framework for IP Performance Metrics", <http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html>