

試験パケット負荷によるパス品質劣化を考慮した高精度遅延計測

Intrusiveness-aware Accurate Estimation Technique for Network Delay Measurement

渡部 康平
Kohei Watabe

中川 健治
Kenji Nakagawa

長岡技術科学大学 電気系
Department of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology

1 はじめに

アプリケーションやネットワークの設計・制御の観点から、end-to-endの遅延を正確に計測し、その特性を理解することは重要である。代表的な遅延計測技術として、試験パケットを送出する active 計測があるが、試験パケットの送出手続きはパス品質を劣化させるため、試験パケット送出レートの増減による精度向上には限界がある [1]。本稿では、active 計測の試験パケット負荷を考慮することで、試験パケット送出レートの増減による精度向上の限界を克服し、高精度計測を提供する技術を提案する。

2 試験パケット負荷による品質劣化を考慮した計測技術

試験パケットトラフィックが流入していなかったと仮定した場合の時刻 t のキューイング遅延 $W_b(t)$ [sec] を推定するため、試験パケットトラフィックが流入している状態におけるキューイング遅延 $W_{bp}(t)$ [sec] と $W_b(t)$ の関係を明らかにする。今、ルータの j 個目のビジー区間 $[s_j, e_j]$ に着目すると、 $[s_j, e_j]$ 内の任意の時刻 t_0, t_1 ($t_0 < t_1$) について、以下の関係が成り立つ。

$$W_{bp}(t_1) = W_{bp}(t_0) + \frac{X_{bp}(t_0, t_1)}{c} - (t_1 - t_0)$$

ここで $X_{bp}(t_0, t_1)$ [bit] と c [bps] は、区間 $[t_0, t_1]$ に流入したトラフィック量と帯域をそれぞれ表す。この関係は、試験パケットトラフィックが流入していなかったと仮定した場合の遅延 $W_b(t)$ についても同様に成り立ち、両者の比較から、 $W_b(t)$ と $W_{bp}(t)$ の関係を導くことができる。

$W_b(t)$ と $W_{bp}(t)$ の関係を利用することで、時刻 T_i にルータに到着したサイズ l_i [bit] の試験パケットが受けた遅延 $W_{pb}(T_i)$ から、 $W_b(T_i)$ を以下の式で推定できる。

$$\hat{W}_b(T_i) = \begin{cases} \max \left(\hat{W}_b(T_{i-1}) + W_{bp}(T_i) - W_{bp}(T_{i-1}) - \frac{l_{i-1}}{c}, 0 \right), & \hat{s}_j \leq T_i \leq \hat{e}_j \\ W_{bp}(T_i), & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 $\hat{W}_b(T_i)$ は $W_b(T_i)$ の推定値であり、 \hat{s}_j, \hat{e}_j は、適当な遅延のしきい値 δ [sec] について、それぞれ、 $W_{bp}(T_{i-1}) < \delta \leq W_{bp}(T_i)$, $W_{bp}(T_{i-1}) > \delta \geq W_{bp}(T_i)$ を満たす j 番目の T_i とする。

3 M/M/1 による妥当性検証

提案手法の妥当性を検証するために、M/M/1 によりモデル化されたルータのキューイング遅延を計測するシ

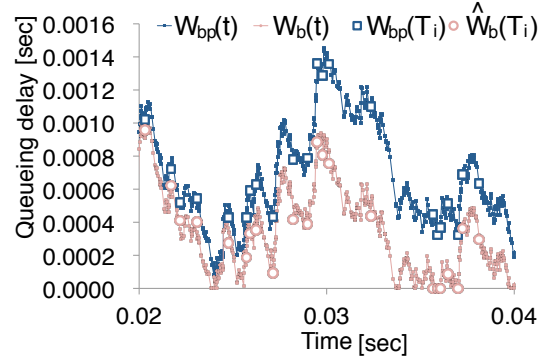


図1 $W_{bp}(t)$, $W_b(t)$, $W_{bp}(T_i)$ および $\hat{W}_b(T_i)$ の関係

ミュレーションを行った。帯域を 155.52 Mbps, 平均パケットサイズを 600 byte の指数分布に従うとして、帯域に対する通常トラフィックが占める割合が 0.9 となるように到着率を決定した。試験パケットについても同様にパケットサイズを平均 600 byte の指数分布に従うとして、到着率を 2 から 1024 packet/sec まで変化させた。

通常トラフィックと試験パケットトラフィックが共に流入する状態におけるキューイング遅延 $W_{bp}(t)$, 通常トラフィックのみが流入する状態におけるキューイング遅延 $W_b(t)$, および推定値 $\hat{W}_b(T_i)$ を比較した。図1に、 $\delta = 0.2$ msec, 試験パケット到着率を 1024 packet/sec とした場合の例を示す。図から、試験パケット負荷により $W_{bp}(t)$ と $W_b(t)$ が大きく乖離しているにもかかわらず、推定値 $\hat{W}_b(T_i)$ は $W_b(T_i)$ と極めて近い値になっており、適切に推定できていることが確認できる。

4 おわりに

本稿では、試験パケットが受けた遅延に補正を加えることで、試験パケットによる負荷を考慮した高精度計測を実現する方法を提案した。本稿では、単一ルータにより構成されるネットワークについてのみ検証を行ったが、今後は複数のルータにより構成されるネットワークでも検証を行う予定である。

参考文献

- [1] F. Baccelli, S. Machiraju, D. Veitch, and J. Bolot, "The Role of PASTA in Network Measurement," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 36, no. 4, pp. 231–242, Oct. 2006.