

# CoMPACT Monitor によるパケット遅延推定の精度向上の研究

A Study on Accuracy Improvement of Packet Delay Estimation by CoMPACT Monitor

菅野彰人  
Akihito Kanno

渡部康平  
Kohei Watabe

中川健治  
Kenji Nakagawa

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

## 1 まえがき

インターネットの急速な普及に伴いネットワークの通信品質 (Quality of Service ; QoS) が重要視されている。QoS 指標の一つである遅延の測定において、一般的な Active 測定や Passive 測定ではフロー毎の遅延をスケラブルに測定することは困難であるが、既存研究で提案されている Change of Measure based Active/Passive Monitoring (CoMPACT Monitor) [1] はスケラブルにフロー毎の遅延を推定することが出来る。本稿では、CoMPACT Monitor のユーザパケット観測法を改良することでフロー毎の遅延推定の精度を向上した。

## 2 CoMPACT Monitor

CoMPACT Monitor [1] は、Active 測定から得た遅延を、Passive 測定から得た対象とするユーザパケット数データにより測度変換することでフロー毎の遅延推定ができる。全ユーザに対して一つのプローブパケット流で済むのでスケラブルであり、かつ高精度の推定が可能である。 $Y(j)$  を時刻  $s_j$  に送出した  $j$  番目のプローブ遅延とする。プローブ遅延をユーザ遅延推定値に測度変換するため、プローブ到着時近傍のユーザパケットを観測する。ユーザパケット測定間隔  $\delta$  を設定し、 $[s_j, s_j + \delta]$  に到着するユーザ  $k$  のパケット数を  $\rho_k(j)$  とし、 $n_k$  を  $\sum_{j=1}^m \rho_k(j)$  とすると、これらを用いてユーザ  $k$  の遅延推定量を (1) とする。ここで、 $1(\cdot)$  は指示関数である。

$$Z_1(k, m, a) = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^m 1(Y(j) > a) \rho_k(j) \quad (1)$$

## 3 提案法

CoMPACT Monitor では  $\delta$  を常に一定値にしており、プローブ到着時近傍のユーザパケット量に対して最適になっているとは限らない。提案法では、 $\delta$  間でカウントするパケット数に上限値を設けることで、 $\delta$  間で安定的にパケット数をカウントし、ユーザパケット量に応じた  $\delta$  の値を用いて測度変換する。まず、従来法と同様に  $\delta$  を設定する。プローブ毎にユーザ  $k$  のパケットカウントが上限値に達したときの間隔  $\delta_j (\leq \delta)$  とする。この  $\delta_j$  を用い、ユーザ  $k$  の遅延推定量を (2) とする。

$$Z_2(k, m, a) = \frac{\sum_{j=1}^m 1(Y(j) > a) \rho_k(j) / \delta_j}{\sum_{j=1}^m \rho_k(j) / \delta_j} \quad (2)$$

## 4 シミュレーション

従来法、提案法について対象ユーザの遅延推定精度を比較するためシミュレーションを行った。シミュレーションで用いたモデルを図 1 に示す。5 対のノードを用意し、

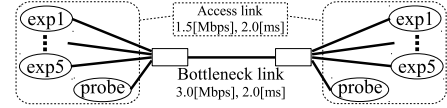


図 1: シミュレーションモデル

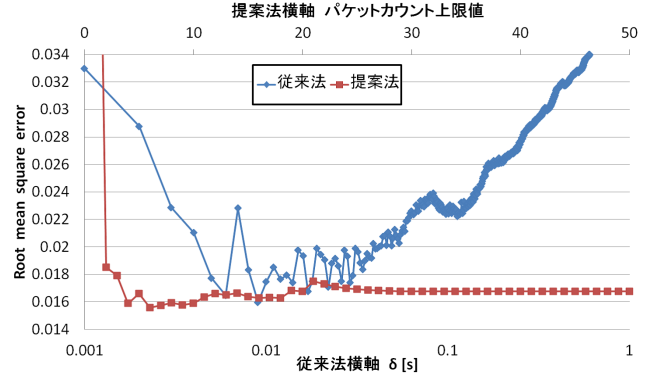


図 2: 各手法ごとの推定遅延分布

対応する端末に転送を行う。ノードから発生するトラヒックの送信区間 (ON 期間) と送信停止区間 (OFF 期間) は指数分布に従い、ON 期間での送信レートは 1 [Mbps]、平均 ON 期間はすべて 1 [s]、平均 OFF 期間はそれぞれ、2 [s], 0.5 [s], 1 [s], 1.5 [s], 5 [s] である。トラヒックは TCP で転送され、パケットサイズは 500 [byte] とした。プローブは、送信間隔 1 [s]、パケットサイズは 64 [byte] である。遅延測定対象を exp1 から送出されるパケットとする。図 2 に、exp1 の遅延分布を真値として、各手法から得た推定遅延分布の二乗平均平方根誤差を計算した結果を示す。従来法は  $\delta$  を 1 [ms] 刻みで推定遅延分布を算出した。提案法は  $\delta = 100$  [ms] と設定し、パケットカウント上限値を 1 パケット刻みとした。図 2 の下部横軸は従来法の  $\delta$  の値、上部横軸は提案法のパケットカウント上限値に対応する。

## 5 考察

図 2 より、推定精度に着目すると、従来法は  $\delta = 100$  [ms] において誤差が 0.0228 であり、提案法は上限値 10 個において誤差が 0.0159 であり、同じ  $\delta$  の値でも推定精度が向上している。また、従来法は  $\delta$  によって推定精度にばらつきが出やすいのに対し提案法ではプローブ到着時個別にユーザトラフィック量に応じた  $\delta_j$  を用いたことで固定長の  $\delta$  と比較して良い推定値が得られると考えられる。

## 参考文献

- [1] M. Aida, et.al., “A Change-of-Measure Approach ...” IEEE Trans on Inf Theory, 2008.