

# 複数フローアクティブ計測におけるバースト遅延時系列の相互補完

Mutual Complementation of Burst Delay Time Series in Active Measurement of Multi Flows

平川 慎太郎  
Shintaro Hirakawa

渡部 康平  
Kohei Watabe

中川 健治  
Kenji Nakagawa

長岡技術科学大学 大学院工学研究科  
Graduate School of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology

## 1 背景と目的

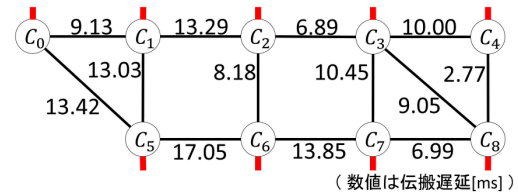
近年、インターネットサービスプロバイダとユーザとの間においてサービス品質保証 (Service Level Agreements; SLAs) の重要性が高くなっている [1]. したがって SLAs の遵守を検証することが重要であり、検証にはパケットの遅延時系列を高い精度で得ることが必要であるが、精度を高めるために遅延を測定するプローブパケットの送信レートを増やすことは、ネットワークの負荷の観点から望ましくない。

一般に遅延の測定対象となるパスは複数存在し、各パスに対する計測は並行して行われる。本研究は複数のパスに対するプローブフローによってアクティブ測定された各フローの遅延時系列を相互に補完し、プローブフローのレートを増やすことなく精度の高い遅延時系列を得ることを目的とする。

## 2 提案手法

ネットワークの複数のパスにフローを送る場合、異なるパスを通るパケットであっても同一のキューに入るならば同じキューイング遅延を経験する。あるフローと同じキューイング遅延を経験した他のフローを用いて遅延時系列を補完すれば精度の高い測定が行える。本提案法は複数のプローブフローによるアクティブ計測を行い、あるプローブフローのバースト遅延 (一時的に発生する大きな遅延) 時系列を他のプローブフローのバースト遅延時系列によって補完し、各プローブフローのレートを増やさず高精度なバースト遅延時系列の推定を実現する。

あるプローブフローの遅延時系列  $X$  を、プローブパケット  $L$  個の時刻  $t_{X_i}$  と遅延  $d_{X_i}$  を用いて、 $X = \{(t_{X_i}, d_{X_i}); i = 1, \dots, L\}$  と表す。本提案法は、まず遅延しきい値  $d_{th} > 0$  と時間しきい値  $t_{th} > 0$  を設定する。次に最小遅延  $d_{min}(X) = \min_{1 \leq i \leq L} d_{X_i}$  を伝搬遅延とみなし、 $d_{min}(X) + d_{th}$  を上回る部分を  $X$  のバースト遅延とし、バースト遅延  $N$  個の開始時刻と終了時刻を  $T_X = \{(t_{start,X}(n), t_{end,X}(n)); n = 1, \dots, N\}$  として記録する。その後、 $X$  と送信ノードまたは受信ノードが同一なプローブフローの遅延時系列  $Y$  を補完に用いる。 $(|t_{start,X} - t_{start,Y}| < t_{th}) \wedge (|t_{end,X} - t_{end,Y}| < t_{th})$  を満たすとき、 $Y$  の  $t_{start,Y}$  から  $t_{end,Y}$  までの部分を  $X$  に付加することで補完する。測定した全てのプローブフローに対して補完を行うことで、バースト遅延時系列を相互に補完する。本提案法で誤った補完を行わないためには、バースト遅延が複数のキューで同時発生しないという条件が必要である。



(数値は伝搬遅延[ms])

プローブフロー 46 Byte, 460 bps, パケット間隔平均0.1[s]  
ターゲットトラフィック 600 Byte, 388.8 kbps, パケット間隔平均1.543[ms]の指数分布  
バーストラフィック 500 Byte, 8000 kbps, 生起間隔平均4.0[s], 継続時間平均0.1[s]の指数分布

図1 複数フローが流れるネットワーク

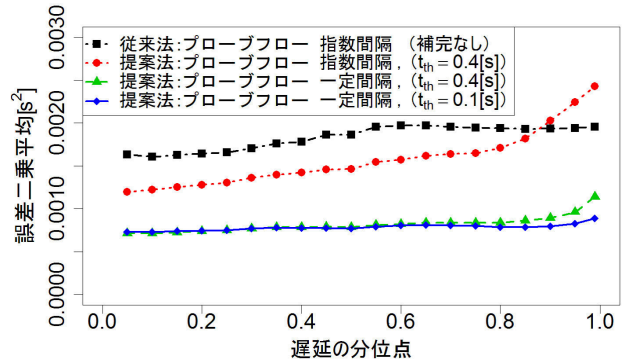


図2 バースト遅延の分位点に対する誤差二乗平均

## 3 シミュレーションと考察

本稿では Internet2 ネットワーク [2] のトポロジーを再現してシミュレーションを行った (図1). 任意の2ノード間で、測定に用いるプローブフロー、固定レートのターゲットトラフィック、バースト遅延を発生させるバーストラフィックを送受信している。

同じバーストラフィックに対して10回計測し、プローブフローとターゲットトラフィックの各バースト遅延の分位点における誤差二乗平均を求めた (図2). 従来法の指数間隔のプローブに提案法を用いることで誤差がある程度低減した。また一定間隔のプローブを用いると提案法のしきい値判定と相性が良く誤差がより低減された。さらに  $t_{th}$  を適切な値に設定すると精度が向上した。

## 4 まとめと今後の課題

本稿では複数フローを用いた補完によって、高精度なバースト遅延時系列が得られることを示した。今後は本提案法を拡張し、送信ノードと受信ノードの両方が異なるフローを補完に用いる手法について検討を行う。

### 参考文献

- [1] J.Sommers *et al.*, "Accurate and Efficient SLA Compliance Monitoring", ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol.37, no.4, p.109-120, 2007.
- [2] The Internet2 Project, <http://www.internet2.edu/>