

バースト遅延時系列の補完による複数フローアクティブ計測の高精度化

Toward Accuracy Improvement of Multi-Flow Active Measurements by Complementing Burst Delay Time Series

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
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ネットワークサービス保証 (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などを高い精度で得ることが必要である. アクティブ計測により遅延を取得する際、ネットワークの負荷の観点から遅延を測定するプローブパケットレートを少なくすることが望ましい. しかし、高精度な遅延時系列を得るためにはプローブパケットレートを多くする必要があるため、ネットワークの負荷と遅延時系列の精度にはトレードオフの関係が存在する.

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. 本稿では、複数のパスで測定された遅延時系列を用いて、プローブパケットフローのパケットレートを増やすことなく高精度な遅延時系列を推定することを目的とする.

2 提案手法の説明

ネットワークにおいて複数の経路に対してプローブパケットを送る場合、異なるパスを通過するパケットも同一のキューに入るならば同程度のキューイング遅延を経験する. 他のフローにおいて同程度のキューイング遅延を経験したプローブパケットにより遅延時系列を補完できれば、プローブパケットレートを増やさずに高精度な遅延時系列の推定値が得られる. 本提案法は、ネットワークに対してアクティブ計測を行い、バースト遅延 (瞬間的に発生する大きな遅延) に対してフロー A の遅延時系列を他のフロー B の遅延時系列により補完することで、プローブパケットレートを増やすことなく高精度な測定を実現する.

複数フローを用いたバースト遅延時系列の補完には、遅延時系列が同じキューイング遅延を経験したかどうかを判定する必要がある. そのために各フローにおいて遅延時系列の最小遅延 d_{\min} を伝搬遅延とみなし、遅延閾値 $d_{th} > 0$ を設定して、遅延時系列が $d_{\min} + d_{th}$ を上回る時刻 t_{start} と下回る時刻 t_{end} を記録する. そして、フロー A と B の遅延時系列において t_{start} と t_{end} の両方で時刻差が閾値 t_{th} 以内である場合、フロー A の遅延時系列をフロー B の遅延時系列で t_{start} から t_{end} まで補完する. 補完を正しく行うためには、複数のキューでのバースト遅延が t_{start} と t_{end} の両方で時刻差が閾値 t_{th} 以内とならないという条件が必要である.

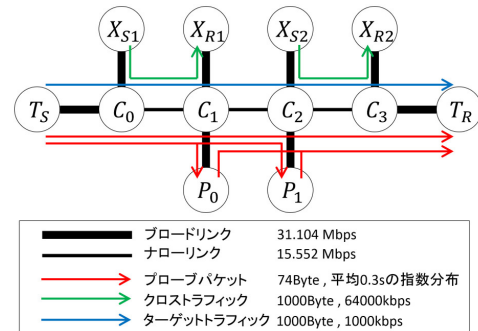


図1 複数フローが流れるネットワーク

3 シミュレーションと考察

本稿では図1のネットワークに対する遅延時系列のアクティブ計測シミュレーションを行った. Network Simulator 3 (NS-3) を用いて、指数分布に従って発生・継続するクロストラフィックにより、 $C_0 \rightarrow C_1$ 間と $C_2 \rightarrow C_3$ 間のリンクに対してバースト遅延が発生する.

シミュレーションから得られた遅延時系列において、目標とするフロー $T_S \rightarrow T_R$ を他のフロー $T_S \rightarrow P_n, P_n \rightarrow T_R (n = 0, 1)$ を用いて補完した. $T_S \rightarrow T_R$ に対して10回の計測を行い、各バースト遅延において遅延の分位点に対する推定値の分散を求めた (図2). その結果、提案法は $T_S \rightarrow T_R$ のプローブの送信レートを3倍にした場合と同等かそれ以上の測定精度であることが確認できた.

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で、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、より複雑なネットワークで提案法の有用性を検証する予定である.

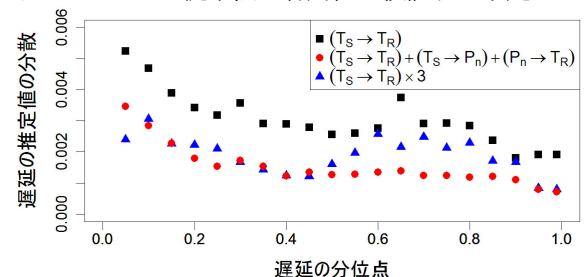


図2 分位点によるバースト遅延の推定値の分散の比較

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.