

バースト遅延の相互補完におけるクラスタリングを用いた高精度化

Accuracy Improvement in a Mutual Complement Method of a Burst Delay by a Clustering Technique

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けるサービス品質保証 (Service Level Agreements; SLAs) の重要性が高まっている。そのため SLAs の遵守の検証が重要であり、検証はパスの高精度な遅延時系列の取得が必要である。しかし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レートを増やすことは、ネットワーク負荷の観点から望ましくない。

一般に遅延の測定対象のパスは複数存在し、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のプローブフローによってアクティブ計測した各フローの遅延時系列を補完し、プローブフローのレートを増やさずに精度の高い遅延時系列を得ることを目的とする。

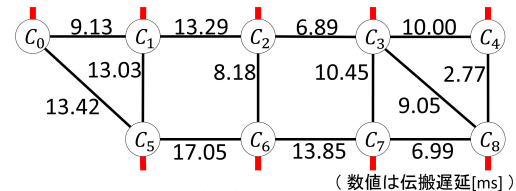
2 提案手法

ネットワークの複数のパスにフローを送るとき、異なるパスを通るフローであっても同一のキューを通れば同じキューイング遅延を経験する。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と統合し、各プローブフローのレートを増やさずに遅延時系列を推定する。

本提案法はプローブフローの統合と分離の2段階から構成される。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 個のネットワークへの送出時刻 t_{X_i} と遅延 d_{X_i} から、 $X = \{(t_{X_i}, d_{X_i}); i = 1, \dots, L\}$ と表し、遅延しきい値 $d_{th} > 0$ 、時間しきい値 $t_{th} > 0$ を設定する。最小遅延 (伝播遅延とみなす) $d_{\min}(X) = \min_{1 \leq i \leq L} d_{X_i}$ を用いて、 $d_{\min}(X) + d_{th}$ を上回る部分を X のバースト遅延として、バースト遅延の開始と終了時刻を $\{(t_{\text{start}, X}(n), t_{\text{end}, X}(n)); n = 1, \dots, N\}$ として記録する。

プローブフローの統合は、[1] で提案しているように、 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 で $(|t_{\text{start}, X} - t_{\text{start}, Y}| < t_{th}) \wedge (|t_{\text{end}, X} - t_{\text{end}, Y}| < t_{th})$ を満たすとき、 Y の $t_{\text{start}, Y}$ から $t_{\text{end}, Y}$ までの部分を X に付加する。全フローに対して補完を行い、バースト遅延時系列を相互に補完する。

上述した補完では、バースト遅延が発生している時刻で判定しており、バースト遅延が複数のキューで同時発生した場合、誤ったフローを補完に用いてしまう可能性がある。プローブフローの分離では [2] の手法を用いて、プローブフローを遅延時系列の情報に基づいてクラスタリングすることで、同じクラスターのフローのみを補完に



(数値は伝搬遅延[ms])

プローブフロー 74Byte, 740 bps, パケット間隔0.2[s] (CBR)
ユーザトラフィック(定常)600Byte, 388.8kbps, パケット間隔平均1.543[ms]の指数分布
(バースト)500Byte, 8000kbps, 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

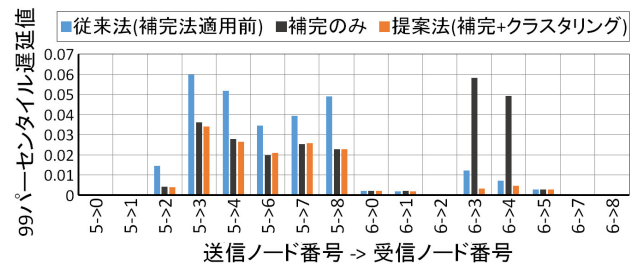


図2 99%分位点での遅延値のRMSE (一部抜粋)

用いて、異なるクラスターのフローを対象フローから取り除くことで分離する。

3 シミュレーションと考察

本稿では Internet2 ネットワーク [3] のトポロジーを参考にシミュレーションを行った (図1)。任意の2ノードの組み合わせにおいて、測定に用いるプローブフローと2種類のユーザトラフィック (定常的またはバースト的) を送受信しており、バースト遅延を発生させている。

測定を10回行い、ユーザの定常的トラフィックから得られる遅延を真値として、プローブフローへの提案法の適用前後で99%分位点での遅延値のRMSEの比較を行った (図2)。提案法を適用すると、誤差が大幅に減少し、遅延時系列の推定精度が向上した。

4 まとめと今後の課題

本稿では相互補完されたプローブフローに対して、クラスタリングを用いること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。今後は、送信ノードと受信ノードの両方が異なるフローの補完手法を検討する。

参考文献

- [1] 平川慎太郎, 渡部康平, 中川健治, “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”, 2017年電子情報通信学会総合大会, 2017.
- [2] H. Li et al., “Minimum Entropy Clustering and Applications to Gene Expression Analysis.”, CSB’04, 2004.
- [3] The Internet2 Project, <http://www.internet2.edu/>