# 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 槙太郎 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。

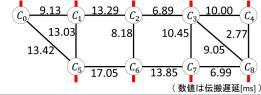
## 2 提案手法

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 個の時刻  $t_{X_i}$  と遅延  $d_{X_i}$  から, $X=\{(t_{X_i},d_{X_i});i=1,\ldots,L\}$  と表し,遅延しきい値  $d_{\rm th}>0$ ,時間しきい値  $t_{\rm th}>0$  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, $d_{\min}(X)+d_{\rm th}$  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  $\{(t_{\rm start},X(n),t_{\rm end},X(n));n=1,\ldots,N\}$  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( $|t_{\text{start},X} - t_{\text{start},Y}| < t_{\text{th}} \wedge (|t_{\text{end},X} - t_{\text{end},Y}| < t_{\text{th}})$  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、異なるクラスタのフローを対象フ



プローブフロー 74Byte, 740 bps,パケット間隔0.1[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 補完とクラスタリングを行った遅延時系列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.

ユーザの定常トラフィックを真値としてプローブフローへの提案法の適用前後での比較を行った(図 2). 提案法を適用すると、プローブフローの遅延時系列を構成するパケットが大幅に増加し、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] 平川槙太郎, 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/