

# 並列アクティブ計測による遅延推定における クラスタリングの最適化による高精度化 Improvement of parallel active measurement by optimization of clustering

和久井 直樹  
Naoki Wakui

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. 研究背景

ネットワーク技術の社会への浸透に伴い、プロバイダとユーザの間における Service Level Agreements (SLAs) の重要性が高まっている。SLAs が満たされていることを検証するには、ネットワーク特性を高精度かつ効率的に監視する必要がある。先行研究[1]において、複数の並列なプローブフローによるアクティブ計測で得られた遅延時系列の情報を、クラスタリングで分類することによって相互に共有し、高精度な遅延時系列を得る手法が提案された。本稿では、先行研究においてクラスタリングを最適化することによって、更なる高精度化を図る。

## 2. 先行研究

ネットワークを流れるフローは、異なるパスを通してパケットを送信している場合でも、同一キューを通過することで同様のキューイング遅延を経験する。先行研究[1]では、この性質を利用し同一のバースト遅延を経験したフロー同士で遅延時系列情報の共有を行う。はじめに、あるフロー A について、遅延閾値  $D_{th}$  を与え、最小遅延を  $D_{min}$  として  $D_{min} + D_{th}$  を超える遅延をバースト遅延として記録する。その後、記録されたバースト遅延について、経路が重なったフローの中で同じ時刻に発生したもの同士を統合する。ここで、それぞれのバースト遅延をベクトルとして、MEC[2]というクラスタリング手法によって分類することで、最終的にプローブを共有すべきフローを判別する。

## 3. 提案手法

本提案法では、先行研究[1]のクラスタリングにおけるパラメータの設定方法を提案する。先行研究[1]で用いられている MEC は、クラスタリングを適用するベクトル集合に加えて、radius というベクトルの近傍半径を示すパラメータを与えることで動作する。radius を半径とする近傍空間内のエントロピーが最小となるようなクラスタの変更を全てのベクトルに対して反復して行うことでクラスタリングを行っている。提案法では、バースト遅延を検出する遅延閾値  $D_{th}$  とクラスタリングのパラメータ radius を遅延時系列の情報により決定する。はじめに、バースト遅延の検出閾値である  $D_{th}$  を最大遅延  $D_{max}$  と最小遅延  $D_{min}$  の差の 5% で与える。そして近傍半径 radius には、バースト遅延ベクトルと同次元数で全次元が大きさ  $D_{th}$  のベクトルを与える。遅延時系列の値に対する割合によって求められた遅延閾値をもとに radius を決定することによって、遅延の大きさにに対して適切な近傍半径を設定することができる。

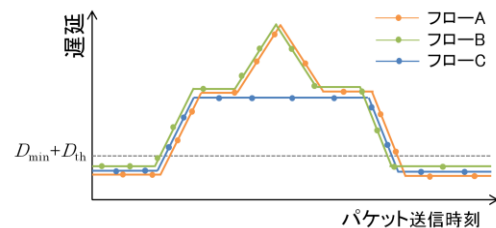


図1 バースト遅延のクラスタリング

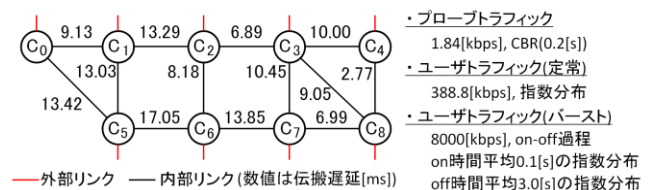


図2 シミュレーションを行ったトポロジー

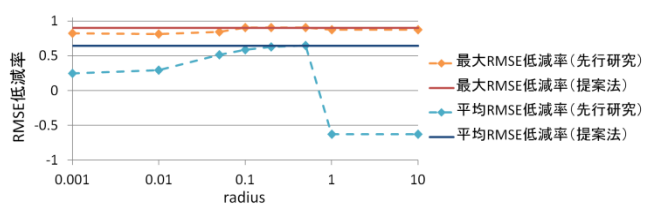


図3 遅延の二乗平均平方根誤差の低減率

## 4. シミュレーション

本稿では、図2のトポロジーをシミュレータ上で作成し、任意の2ノード間(計72組)において、定常時及びバースト時の2種類のユーザトラフィックとプローブフローを発生させるシミュレーションを行った。ユーザが経験するトラフィックを真値として、遅延の95パーセンタイル分位点における二乗平均平方根誤差(RMSE)で先行研究と比較を行った。図3は単純なアクティブ計測からRMSEがどれだけ低減されたかを示すものである。提案法によって先行研究の課題であったクラスタリングが最適化され、パラメータ入力が必要とせず高精度な遅延推定ができた。

## 参考文献

- [1] K. Watabe *et al.*, "Accurate Delay Measurement for Parallel Monitoring of Probe Flows", CNSM 2017.
- [2] H. Li, K. Zhang *et al.*, "Minimum Entropy Clustering and Applications to Gene Expression Analysis", CSB 2004.