

重い裾のキュー長分布におけるパケット廃棄率推定に対するISシミュレーションの検討

A Study of IS Simulation for a Packet Loss Rate in the Queue Length Distribution with Heavy Tails

佐藤 敏希
Toshiki Sato

中川 健治
Kenji Nakagawa

渡部 康平
Kohei Watabe

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

1 概要

ネットワークにおける品質指標の一つであるパケット廃棄率は数値シミュレーションを用いて推定されるが、一般的な数値シミュレーションの手法であるモンテカルロ (Monte Carlo; MC) 法では推定に膨大な時間が必要であり、推定限界も存在する。それらの問題を解決する手段としてインポートランスサンプリング (Importance Sampling; IS) 法が提案されている。軽い裾の分布に対する IS 法は既に確立されているが、重い裾の分布に対する IS 法は軽い裾の分布とは振る舞いが異なるため、同じ方法を用いることは出来ない。そこで先行研究 [1] では、軽い裾の分布に対する IS 法とは異なる形で、重い裾に対する IS 法が提案されている。本稿では、提案手法の検討を行い、重い裾の分布に対する IS 法が克服すべき問題を提起する。

2 ダイナミックインポートランスサンプリング

IS 法では利用率を $\rho^* \geq \rho$ とし、シミュレーションを行い、MC 法の推定限界克服と高速化を実現する。しかし、サイクルの概念を用いている廃棄率推定では、利用率が大きくなるほどキュー長が伸びやすくなるため、サイクルが長くなり、推定時間が膨大になってしまう。そこで重み関数が収束したらキュー長を 0 にリセットするダイナミックインポートランスサンプリング (Dynamic Importance Sampling; DIS) の手法を用いる。

3 先行研究による重い裾の分布に対する IS 法

先行研究 [1] では次式のシミュレーション分布を提案している。ここで $F(x)$ は元のサービス分布 $f(x)$ の累積分布関数、 $\gamma(a)$ は正規化定数、 a は裾の振る舞いを変更するための任意の値である。

$$\tilde{h}(x) = \begin{cases} \frac{\gamma(a)}{F(a)} f(x) & (x < a) \\ \frac{1}{x^{2+\rho}} & (x \geq a) \end{cases}$$
$$\gamma(a) = 1 - \frac{1}{(1+\rho)a^{1+\rho}}$$

4 重い裾における IS 法の問題点

4.1 DIS を用いることが出来ないという問題

軽い裾の分布においては重み関数が収束しやすいため、DIS を容易に用いることができるが、重い裾の分布では重み関数が収束しにくいいため、DIS を用いることができない。そのため、島崎 [1] は $\rho^* < 1$ を前提とし、DIS を使用していない。

4.2 平均サイクル長が長くなる問題

パラメータ a を小さくするほど、シミュレーション分布の利用率 ρ^* が大きくなっていく。軽い裾の分布に対する IS 法では DIS を用いて平均サイクル長の変化を抑えることができるが、島崎 [1] では DIS を用いていないため利用率の平均サイクル長への影響を抑えることができず、図 1 の様にパラメータ a によって平均サイクル長が大きく変化する。そのため軽い裾のように最適なパラメータを推定値の分散のみでは議論することができず、推定時間の変化も考慮する必要がある。

4.3 分散値が大きくなる問題

パラメータ a を大きな値としてしまうとシミュレーション分布が元のキュー長分布に近づいてしまい、MC 法に近くなるため、図 1 の様に推定値の分散が大きくなる。また、推定値についても a を大きくするほど真値から遠ざかってしまう。

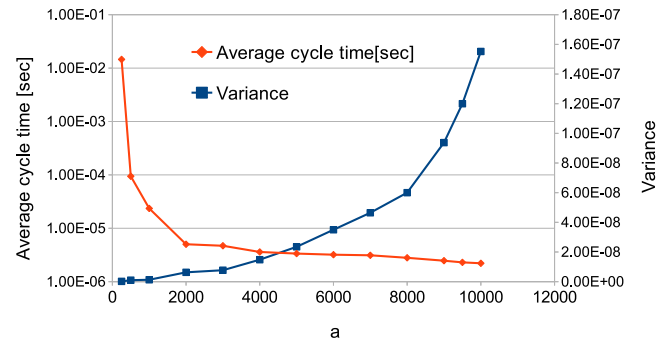


図 1 パラメータ a のサイクル長と分散への影響

5 まとめと今後の課題

本稿では重い裾の分布に対して DIS を用いない IS 法では推定時間の変化が大きいため、最適なパラメータを検討することが難しいという問題点があることを述べた。軽い裾の分布に対する IS 法の様に最適なパラメータを検討するためには、重い裾の分布に対する IS 法において DIS に代わる手法を検討する必要があると考えている。

参考文献

- [1] 島崎沢, “裾の重いキュー長分布におけるパケット廃棄率推定”, 長岡技術科学大学工学部 修士論文, 2015.