

未知のトラフィック特性を持つネットワークにおけるIS法を利用したパケット廃棄率の推定法に関する一考察

A Study of a Packet Loss Estimation Method Using Importance Sampling in Networks with Unknown Traffic

寺内 将大
Masahiro Terauchi

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

パケット廃棄率を高精度で測定する技術は Service Level Agreements を保証するために重要だが、パケット廃棄が稀にしか発生しない(以下稀小事象) 場合、高精度で測定するには膨大な測定時間を要する。一方シミュレーション技術の一つに Importance Sampling(以下 IS) 法と呼ばれる、稀小事象の統計量を推定する際に推定対象が発生しやすい条件に変更してシミュレーションを行い、その結果から統計的変換を用いて推定対象の発生確率に換算する手法がある。IS 法では、稀小事象をシミュレーション上で発生しやすくするため、推定対象をより高精度に推定できる。IS 法を用いたパケット廃棄率を推定する手法は検討されているが [1], トラフィックモデルが既知である必要があり、実際のネットワークに適用することは困難である。そこで本稿では、シミュレーションの高精度推定手法の IS 法を利用した実ネットワークのパケット廃棄率の測定方法を提案するために、簡単な待ち行列モデルのパケット廃棄率を提案方式により推定できることを示す。

2 提案方式について

提案方式はネットワークのトラフィック量から推定を行う。まず、後述するパラメータ τ と k から決まる時間間隔を $\delta = \tau/k$ とする。次に、推定対象のネットワークに到着する δ 時間内のパケット数の時系列データ \mathbf{a} と、推定対象と比較しパケットの到着率が高いネットワークから到着・廃棄するパケット数の時系列データ \mathbf{a}' , \mathbf{d}' を測定する。そして、 \mathbf{a}' の全ての要素 a'_i から、期間 τ まで過去の k 個の到着パケット数の時系列データ $\mathbf{A}'_{(i,k)} = (a'_{i-k}, \dots, a'_i)$ を取得する。それから、 \mathbf{a} , \mathbf{a}' 中で $\mathbf{A}'_{(i,k)}$ が発生する経験分布 $p(\mathbf{A}'_{(i,k)})$, $q(\mathbf{A}'_{(i,k)})$ を求める。最後に次式より推定対象の廃棄率の推定値 \hat{P}_{IS} を得る。

$$\hat{P}_{IS} = \sum_i d'_i w_i / \sum_i a'_i w_i, \quad w_i = \frac{p(\mathbf{A}'_{(i,k)})}{q(\mathbf{A}'_{(i,k)})}. \quad (1)$$

3 シミュレーションの結果と考察

$M/M/1/N$ 待ち行列におけるパケット廃棄率を提案方式によって推定する。表 1 に示す条件において、重み関数 w_i を算出する際に用いるパラメータである τ と k を変化させながら、待ち行列モデル 2 の測定から待ち行列モデル 1 のパケット廃棄率を推定する試行を 30 回行い、その平均値 $E[\hat{P}_{IS}]$ を測定した。

表 1 シミュレーション条件

待ち行列モデル	1	2
到着率 λ [packet/s]	602.1	868.9
サービス率 μ [packet/s]	1000	1000
最大系内数 N [packet]	3	3
パケット廃棄率	0.1000	0.2000
測定時間 T [s]	100.0	100.0

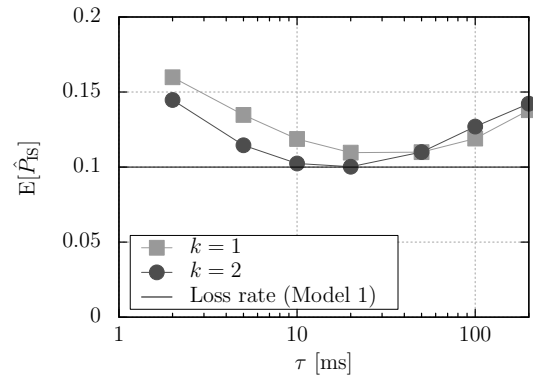


図 1 提案方式によるパケット廃棄率推定

図 1 にシミュレーション結果を示す。図 1 より τ が 10[ms] から 50[ms] の範囲は提案方式により待ち行列モデル 1 のパケット廃棄率に近い値が推定できるが、その範囲から離れるほど推定値が待ち行列モデル 1 の廃棄率から離れることが確認できる。この原因は τ が小さい場合と大きい場合で異なり、 τ が小さい場合は、待ち行列にどの程度パケットがたまると廃棄するという情報が、 $\mathbf{A}'_{(i,k)}$ から得られないためである。また、 τ が大きい場合は、全測定時間中に占める推定時間 δ の個数が少なくなり、 w_i の精度が低下するためである。さらに図 1 より、 $k=2$ の推定値は $k=1$ と比較し待ち行列モデル 1 のパケット廃棄率に近い値である。これは k が大きいほど廃棄されるパケット到着の特徴を詳細に得られるためと考えられる。

4 今後の課題

提案方式ではパラメータ τ と k によって推定値が変動するため、今後は提案方式によって推定可能となるパラメータの条件を明らかにする。

参考文献

- [1] S. Parekh and J. Walrand, "A quick simulation method for excessive backlogs in networks of queues," IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 34, pp. 5466, Jan. 1989.