

# 異種の TCP フローが混在する ネットワークに対応したフローレベルシミュレータ

A Flow-Level Network Simulator Supporting Both Long-lived and Short-Lived TCP Flows

西岡 孟朗<sup>1</sup>  
Takeaki Nishioka

作元 雄輔<sup>2</sup>  
Yusuke Sakumoto

大崎 博之<sup>2</sup>  
Hiroyuki Ohsaki

今瀬 真<sup>2</sup>  
Makoto Imase

大阪大学 基礎工学部 情報科学科<sup>1</sup>  
Department of Information and Computer Sciences, School of Engineering Science, Osaka University, Japan  
大阪大学 大学院情報科学研究科<sup>2</sup>  
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, Japan

## 1 はじめに

近年、ネットワークの大規模化に伴い、大規模ネットワークの分析手法への要求が高まっている。大規模ネットワークの分析手法として、高速なシミュレーションが可能である、フローレベルシミュレータが注目されている [1]。既存のフローレベルシミュレータは、持続的な (long-lived) TCP フローのみをサポートしている。このため、サイズの小さいファイルを転送して終了するような、非持続的な (short-lived) TCP フローをシミュレートすることができない。本稿では、持続的な TCP フローおよび非持続的な TCP フローの両方をサポートするフローレベルシミュレータの設計と実装について述べる。

## 2 フローレベルシミュレータの設計

我々がこれまでに開発したフローレベルシミュレータ FSIM (Fluid-based network SIMulator) [1] に、非持続的な TCP フローの流体近似モデルを組込むことにより、持続的な TCP フローおよび非持続的な TCP フローの両方をサポートするフローレベルシミュレータを実現する。

非持続的な TCP フローの流体近似モデルとして、文献 [2] のモデルを用いる。フローレベルシミュレータ FSIM に、非持続的な TCP フローの流体近似モデルを組込むためには、それぞれの流体近似モデルの入出力を統一する必要がある。そこで、文献 [2] の流体近似モデルの入出力を、以下のようにすべて転送レートに統一する。

$$\begin{aligned} \dot{y}(t) = & -\frac{2}{3}y(t)z(t)\{1 - p_{TO}(t)\} \\ & - \left\{ \frac{4}{3}y(t) - \frac{1}{R(t)} \right\} z(t)p_{TO}(t) \\ & + \begin{cases} \frac{x(t)}{R(t)} & \text{if } y(t) < \frac{T(t)}{R(t)} \\ \frac{x(t)}{y(t)R(t)^2} & \text{if } y(t) \geq \frac{T(t)}{R(t)} \end{cases} \end{aligned}$$

ここで  $y(t)$  は非持続的な TCP フローの転送レート、 $x(t)$  は ACK の到着レート、 $R(t)$  はラウンドトリップ時間、 $T(t)$  はスロー・スタートのしきい値、 $p_{TO}(t)$  は TCP がタイムアウトによってパケット棄却を検出する確率である。また、 $z(t) = y(t - R(t)) - x(t)$  である。

## 3 実験

パケットレベルシミュレータの結果と比較することにより、実装したフローレベルシミュレータの精度を調査する。実験には、40 本の TCP フローによって構成されるダンベル型のネットワークトポロジ (リンク帯域 8

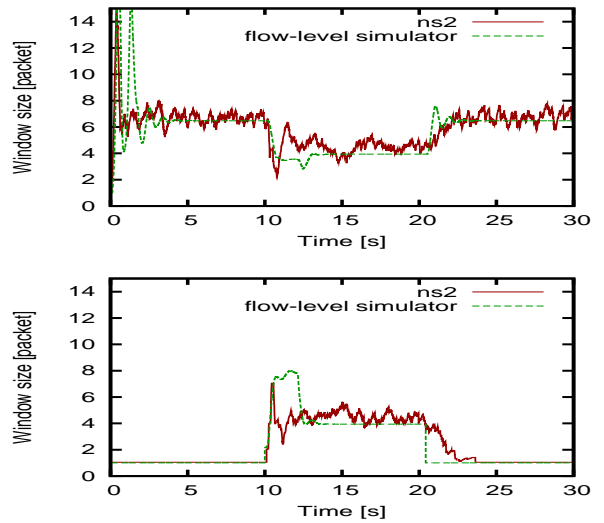


図 1: 持続的な TCP フロー (上) および非持続的な TCP フロー (下) のウィンドウサイズの時間的変動

[Mbit/s]、伝搬遅延 30[ms]) を用いた。20 本の TCP フロー (持続的な TCP フロー) は連続的にデータ転送を行い、20 本の TCP フロー (非持続的な TCP フロー) は 250 [Kbyte] のデータ転送を行う。非持続的な TCP フローは、シミュレーション開始 10 [s] 後に転送を開始させた。図 1 に、持続的な TCP フローおよび非持続的な TCP フローのウィンドウサイズの時間的変動を示す。比較のため、図中にはパケットレベルシミュレータ ns2 によって得られた結果もあわせて示している。この結果より、実装したフローレベルシミュレータの結果は、パケットレベルシミュレータの結果とおおよそ一致していることが分かる。なお、パケットレベルシミュレータ ns2 の実行時間は 30.2 [s]、実装したフローレベルシミュレータの実行時間は 7.1 [s] であった。

## 参考文献

- [1] Y. Sakumoto, R. Asai, H. Ohsaki, and M. Imase, “Design and implementation of flow-level simulator for performance evaluation of large scale networks,” in *Proceedings of IEEE MASCOTS 2007*, pp. 166–172, Oct. 2007.
- [2] M. Barbera, A. Lombardo, and G. Schembra, “A fluid-based model of time-limited TCP flows,” *Computer Networks*, vol. 44, pp. 275–288, Feb. 2004.