

# インターネットにおけるルータ間の輻輳伝播に関する一考察

A Study on Congestion Propagation among Routers in the Internet

奥村 治<sup>1</sup>  
Osamu Okumura

大崎 博之<sup>2</sup>  
Hiroyuki Ohsaki

今瀬 眞<sup>2</sup>  
Makoto Imase

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

## 1 はじめに

近年、インターネットにおけるルータ間で、輻輳の伝播現象が観測されることが報告されている [1]。文献 [1] では、シミュレーション実験により、リング型ネットワークにおけるルータ間の輻輳伝播を調査している。しかし、どのような条件下で輻輳伝播が発生するかは、これまで明らかにされていない。

そこで本稿では、シミュレーション実験により、リング型ネットワークにおいて、輻輳伝播が発生する条件を明らかにする。具体的には、エンドホストおよびルータの輻輳制御や、ホストおよびネットワークのパラメータがどのような条件の時に、輻輳伝播が発生するのか、また、輻輳伝播の特性がどのように変化するかを明らかにする。

## 2 シミュレーションモデル

本稿では、文献 [1] と同様に、シミュレーションモデルとして、 $N$  台の DropTail ルータが接続されたリング型ネットワークを用いる (図 1)。各ルータは単方向リンクによって接続されている。また、 $i$  番目のルータから、 $i-1$  番目のルータに向けて、TCP Tahoe コネクションが連続的にデータ転送を行う。シミュレーションでは、特に断りのない限り、以下のパラメータを用いた：ルータ数  $N = 10$ 、リンクの帯域  $B = 10$  [Mbit/s]、リンク伝搬遅延  $\tau = 31$  [msec]、ルータのバッファサイズ  $L = 300$  [packet]、パケットサイズ  $S = 552$  [byte]。

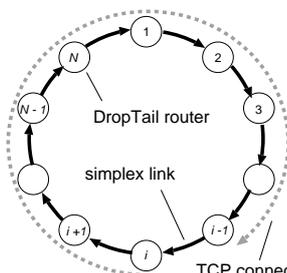


図 1 シミュレーションモデル

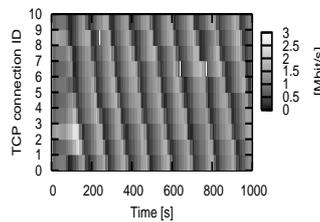


図 2 TCP コネクションのスループットの時間的変動 ( $B = 10$  [Mbit/s])

## 3 シミュレーション結果

まず、文献 [1] と同じパラメータ設定を用いた時の、各 TCP コネクションのスループットの時間的変動を図 2 に示す。この図より、すべての TCP コネクションのスループットが周期的に変化していることが分かる。また、スループットの周期的な変化が、 $j$  番目の TCP コネクショ

ンから、 $j-1$  番目の TCP コネクションへと伝播している (つまり、輻輳が  $i$  番目のルータから、 $i-1$  番目のルータに伝播している) ことが分かる。

次に、リンクの帯域を  $B = 1$  [Mbit/s] と変化させた時のシミュレーション結果を図 3 に示す。図 2 ( $B = 10$  [Mbit/s]) と図 3 ( $B = 1$  [Mbit/s]) を比較すると、リンクの帯域が小さくても、TCP コネクションのスループットは周期的に変化している (つまり、輻輳伝播が発生している) が、その周期が約 3 倍に大きくなっていることが分かる。紙面の都合上結果は省略するが、ルータ数を増やした場合、リンクの伝搬遅延を大きくした場合、ルータのバッファサイズを大きくした場合にも、同様に周期が大きくなっていた。これらはすべて、TCP コネクションのラウンドトリップ時間が増加し、その結果、輻輳伝播の周期が大きくなっているためと考えられる。

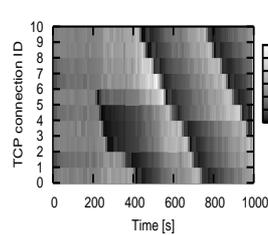


図 3 TCP コネクションのスループットの時間的変動 ( $B = 1$  [Mbit/s])

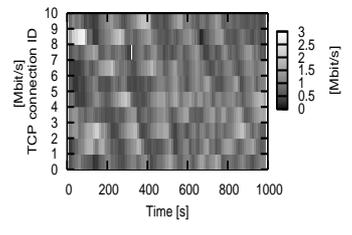


図 4 TCP コネクションのスループットの時間的変動 (TCP にランダム性を加えた場合) ( $B = 10$  [Mbit/s])

最後に、TCP コネクションにランダム性を加えた時の結果を、図 4 に示す。TCP のフェーズ効果を防ぐため、TCP のパケット転送ごとに、 $0 \sim 0.1$  [s] だけの遅延をランダムに加えた。図 4 より、TCP にランダム性を加えることにより、TCP コネクションのスループットの周期性が弱まっていることが分かる。これはつまり、ネットワークのランダム性が高い環境では、輻輳伝播が発生しにくいということを意味している。なお、紙面の都合上結果は省略するが、ルータを DropTail から RED に変更した場合、TCP Tahoe を TCP Vegas に変更した場合も、同様に TCP コネクションのスループットの周期性が弱まっていた。

## 参考文献

- [1] J. Steger, P. Vaderna, and G. Vattay, "On the propagation of congestion waves in the Internet," *Physica A*, vol. 359, pp. 784–792, Jan. 2006.