

トラヒックに関する考察

伊藤 嘉浩

石倉 雅巳

山崎 克之

浅見 徹

株式会社 KDD 研究所

1 はじめに

インターネットトラヒックの急増と、サービスの IP への統合化により、IP バックボーンの大容量化が急務となっている。そのため 10G Ethernet や、OC-192 などの高速回線、更に WDM や光スイッチング技術による回線の大容量化などの導入が検討されている。こうした技術の革新に合わせて新しいサービスを提供するためには、ネットワークの効率的な評価が必要となる。特に ISP が実運用前に行う評価を考えると、既に IETF において多く検討されており、その中でルータなどの評価に関しては RFC 2544 [1] として標準化されている。しかし、RFC 2544 における尺度は、主にネットワーク機器の限界性能を評価するためのものであり、サービスを提供する側から見れば、実トラヒックに近い環境下での測定が望まれるが、回線の大容量化が著しい中で、実環境を厳密に再現するような複雑な評価モデルを測定器自身に実装することは困難である。また、実トラヒックと言っても環境に依存する部分が大きいため、如何にモデルに汎用性を持たせるかが問題となる。本論文では、実環境に近い環境での IP ネットワークの評価を目的とし、実トラヒックの特性を考慮しつつ、高速な回線に対応した測定器上でも再現できる範囲で簡易な、評価用トラヒックモデルを提案する。

2 IP ネットワーク評価

RFC 2544 の尺度の中で、Throughput, Latency, Frame loss rate, Back to back frames の 4 つが一般的な尺度として多くの測定器上で実装されている。例えば、ルータの最大パケット処理速度は Throughput 値により推定できる。しかしこれらの値は、固定長パケットを用いた限界性能の測定であり、実運用時のトラヒックがルータに入力された時に、どの程度のパフォーマンスが得られるかを推定することは困難である。また、過負荷時のエンド-エンドのサービス品質を測定する場合は、Throughput などを測定する時に用いるような固定長/間隔ではなく、より実トラヒックに

近い負荷トラヒックを用いる必要がある。

3 評価トラヒックモデル

3.1 トラヒックモデルの概要

実トラヒックを近似するモデルに関してはこれまで多く検討されており、そのほとんどがトラヒック量に主眼を置いたものであるが、ルータの評価においてはフレーム伝送速度も重要となる。また、回線の高速化が進む中、測定器自体が対応するためにはハードウェア上の制約などから、複雑なモデルに基づいた疑似トラヒックを生成する機能を実現することは困難である。従って、測定器の機能的な制限内で可能な範囲の簡易なトラヒックモデルであり、かつ実トラヒックに近いモデルを使用していく必要がある。

3.2 インターネットにおけるパケット長分布

提案モデルに関して議論する前に、実トラヒックにおけるパケット長分布について考察する。例として、文献 [2] で集計したパケット長毎の割合を図 1 に示す。現在のインターネットトラヒックの大半は TCP が占めている。その結果 TCP の Ack である 46 byte 長の IP パケットが全体の 4 割を占めている。また、TCP 通信においてもバルク型のデータ伝送が大部分であり、1500 byte (Ethernet における MTU)、576 byte (デフォルト MTU 値) といったパケット長が多く見られる。

3.3 評価用トラヒックモデル

本論文では以下のトラヒックモデルを提案する。前節で述べたように、現在の実トラヒックにおいては、特定の長さを持つパケットが優位的である。そこで、本

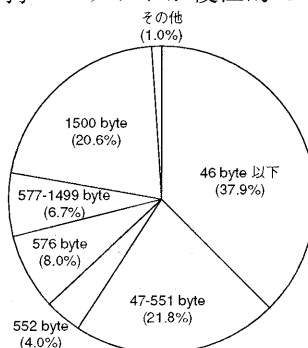


図 1 実トラヒックにおけるパケット長毎の割合

“Pseudo-traffic model for IP network evaluation”, by

Yoshihiro ITO, Masami ISHIKURA, Katsuyuki YAMAZAKI and Tohru ASAMI, KDD R & D Laboratories

モデルではパケット長毎に独立にパケットが生成されて一群のパケット群（フローと定義する）を形成し、これらのフローが束ねられて一つの疑似トラフィックとなるものとする。但し、フローを同一インタフェース上に束ねるには、ワイヤスピードの出るレイヤ2スイッチなどが必要となる。ここで、あるフレーム長 l [byte] によって生成されるフロー内の単位時間当りの平均パケット数が、疑似トラフィック全体の内の x [%] を占めている場合、そのフロー内でのフレーム間隔 τ [sec] の生成確率を $p(\tau|l, x)$ で表す。ここで、 τ は非負の実数であり、ある l に対する x を x_l と記述する。

$$\int_0^{\infty} p(\tau|l, x) d\tau = 1 \quad (1)$$

$$\sum_l x_l = 100 \quad (2)$$

ここで、固定長間隔のトラフィックに関して定義をしておく。伝送帯域 B [bps] を持つメディア上で、長さ l [byte] のフレームを最小フレーム間ギャップ g [bit] で転送する時、単位時間に伝送できる最大のフレーム数 $F(l)$ [frame/sec] は次式のようになる。

$$F(l) = \frac{B}{8l + g} \quad (3)$$

また、 $F(l)$ に対する割合が x [%] であるフローの固定長フレーム間ギャップ $G(l, x)$ [sec] は次式となる。

$$G(l, x) = \frac{100}{xF(l)} - \frac{8l}{B} = \frac{8l(100-x) + 100g}{xB} \quad (4)$$

以下に汎用的な乱数である一様分布乱数と正規分布乱数を用いたモデルを定義する。

3.4 一様分布乱数を用いた評価用トラフィックモデル

本モデルは、フレーム長毎のフレーム間隔を一様分布乱数に基づいて決定する。フレーム間隔 τ の最小値が g 、期待値が $G(l, x)$ となるように一様分布乱数の生成範囲を決める。本モデルにおけるフレーム間隔 τ の確率密度関数 $p_{uni}(\tau|l, x)$ は次式のようになる。

$$p_{uni}(\tau|l, x) = \begin{cases} 0 & (\tau < g, 2G(l, x) - g < \tau) \\ \frac{1}{2(G(l, x) - g)} & (g \leq \tau \leq 2G(l, x) - g) \end{cases} \quad (5)$$

3.5 正規分布乱数を用いた評価用トラフィックモデル

本モデルは、フレーム間隔を正規分布乱数に基づいて決定する。 $G(l, x)$ をフレーム間隔 t の期待値を持つ正規分布乱数を用いる。但し、乱数発生器によりフレームの最小間隔 g よりも小さな値が発生された場合は値を g とし、これにより平均値が変動しないように、同様に最大値を定義している。まず正規分布乱数の標準偏差 σ を用いて変数 t の確率密度関数 $p_{nor}(t|l, x)$ を式(6)のように定義し、本モデルにおけるフレー

ム間隔 τ を t の値から式(7)で定義する。

$$p_{nor}(t|l, x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-G(l, x)}{\sigma}\right)^2} \quad (6)$$

$$\tau = \begin{cases} g & (t < g) \\ t & (g \leq t \leq 2G(l, x) - g) \\ 2G(l, x) - g & (2G(l, x) - g < t) \end{cases} \quad (7)$$

4 評価モデルに関する評価と検討

4.1 シミュレーションによる評価

提案したトラフィックモデルを用いてシミュレーション上で評価を行った。トラフィック生成器をルータに接続し、実トラフィックとモデルによるトラフィックとにおいて、最大キュー長を変化させながらキューあふれによるパケット損失率を観測する。文献[3]の実インターネットトラフィックのパケット長を元に、回線速度 $B=10$ [Mbps] の Ethernet 上で、フレーム間隔を最小フレーム間隔 $g=160$ [bit] として10秒間伝送した。ルータの最大フレーム処理速度は、この10秒間の平均フレーム速度 2964 [fps] とした。このトラフィックに基づき、フローを用い平均フレーム速度が等しくなるように、モデルを構築し同様に評価した。この結果を図2に示す。

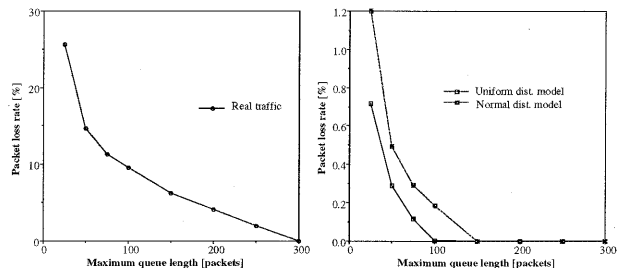


図2 評価結果

この結果から、短パケットの集中によりキューあふれが発生しているものの、実トラフィックほどのキューあふれは起こっていないため、今後はフローの数、モデルの適用期間などを考慮する必要がある。

5 まとめ

本論文では、実トラフィックの特性を考慮しつつ、高速な回線に対応した測定器上でも再現できる範囲で簡易な、評価用トラフィックモデルを提案した。

参考文献

- [1] S. Bradner and J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", RFC 2544, Internet Engineering Task Force, Mar. 1999.
- [2] Satoshi Katsuno, et. al., "Measurement and Analysis of Internet Traffic on an International Link", APSITT'99, Ulaanbaatar, p.34-38, Aug. 1999.
- [3] <http://ita.ee.lbl.gov/html/contrib/BC.html>