

リアルタイムアプリケーションの トラヒック特性モデルに関する一考察

3Aa-6

伊藤 嘉浩 窪田 歩 石倉 雅巳 浅見 徹
国際電信電話株式会社 研究所

1. はじめに

近年普及がめざましい、テレビ会議システムなどのリアルタイム性を必要とする通信アプリケーションの多くはインターネットを始めとした既存のTCP/IPネットワークでも動作可能なものである。しかし、QoSをサポートしないTCP/IPのようなベストエフォート型のプロトコル上でリアルタイムアプリケーションを実行する場合、こうしたアプリケーションがネットワークの帯域を占有してしまうことも考えられ、どのようなトラヒックを与えるかが重要である。しかし、適切なリアルタイム・アプリケーションのトラヒック特性モデルがあれば、ネットワークの設計においてその影響を考慮することができる。本報告では、リアルタイムアプリケーションのトラヒック特性モデルを考え、実際のリアルタイムアプリケーションのトラヒック特性との比較を行ったので報告する。

2. リアルタイムアプリケーションのトラヒック特性

リアルタイムアプリケーションのトラヒック特性の分類の規準となる要素として、データを転送するパケットの伝送パケットサイズ、パケット間ギャップがあげられる。まず、データのパケットサイズに関して、1) 固定長パケット、2) 可変長パケットの2種類に分類できる。可変長パケットは、転送する情報量が多い場合に差分情報など必要な情報のみを転送する場合に用いられる。また、データのパケット間ギャップに関して、1) 固定パケット間ギャップ、2) 可変パケット間ギャップに分類できる。可変パケット間ギャップは電話音声など、転送すべき情報が存在する場合にのみパケットが送出されるような場合に用いられる。リアルタイム・アプリケーションの多くは、データ転送用のパケットだけではなく、QoS制御パケット等も送出されるが、このようなパケットの情報量は転送するデータの情報量に比べて非常に小さいため、トラヒック特性を特徴づけるものではない。

3. トラヒック特性モデル

3.1 パケットサイズに関するモデル

パケットサイズの分布特性は、送られる情報種別に依存する。パケットサイズが可変の場合、パケットサイズはヘッダなど伝送フレームを構成する最小単位以上

で、ある平均パケットサイズを持つ分布が考えられる。フレームサイズの増加分は、単位時間内に発生した転送に必要な情報量により決まるため、ポアソン分布を用いてパケットサイズに関するモデル化ができるものと考えられる。従って、最小パケットサイズを s_{min} [bytes]、最大パケットサイズを s_{max} とすれば、パケットサイズ s [bytes] のパケットの発生確率 $p(s)$ は次式で与えられる。

$$p(s) = 0 (s < s_{min}, s > s_{max}) \quad (1)$$

$$p(s) = \frac{(\bar{s} - s_{min})^{\frac{s-s_{min}}{a \cdot u}}}{\frac{s-s_{min}}{a \cdot u}!} e^{-(\bar{s}-s_{min})} (s_{max} \geq s \geq s_{min}) \quad (2)$$

ここで \bar{s} は平均パケット長、 a は分布の補正係数、 u はパケットの生成単位である。固定長パケットの場合 $p(s)$ は s がそのパケット長の時に1で他は0となる。

3.2 パケット間ギャップに関するモデル

パケット間ギャップの分布特性は、ネットワークに依存する部分が大きい。パケット間ギャップが固定で送出される場合は、データパケットがある一定のネットワーク経路内を通過する時に、ネットワークの様々な要因により幾つもの遅延が付加されていくと考えられるので、同様にポアソン分布を用いた特性分布が考えられる。ギャップが可変長の場合は幾つかの特性が複合した形になる。従って、固定ギャップ、可変ギャップの場合共に特性分布は以下の形になる。

$$p(g) = 0 (g < 0) \quad (3)$$

$$p_i(g) = \frac{b_i}{a} \cdot \frac{g_i^{\frac{g}{a \cdot u}}}{\frac{g}{a \cdot u}!} e^{-g_i} (g \geq 0) \quad (4)$$

$$p(g) = \sum p_i(g) \quad (5)$$

ここで、 g_i は各特性の平均ギャップであり、 b_i は各特性の重み係数で、 $\sum b_i = 1$ である。

4. NVにおけるトラヒック特性の測定

インターネットで一般的なTV会議アプリケーションであるnvを用いて、ネットワーク上のトラヒックを測定した。nvは可変長パケット、固定パケット間ギャップでデータを送信するアプリケーションである。本実験機器の構成を図1に示す。

Ethernet LANにより2つのサブネットを構成し、この間を回線シミュレータを介したシリアル回線で接続した。nvによる通信は2つのサブネット間で行われ、送

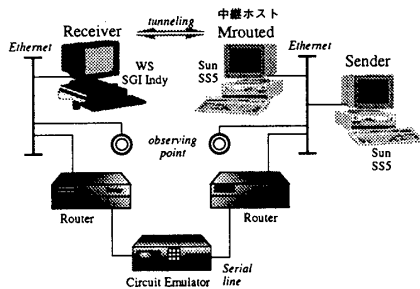


図 1: 実験機器構成

信側からの情報は、一度マルチキャストルーティングを行う中継ホストに送られ、ここから、受信側へ転送される。マルチキャストルーティングは Mouted というアプリケーションを用いて行った。比較のため、マルチキャストを行う中継ホストは送受信ホストとは別にした。シリアル回線の回線速度を 256kbps, 5Mbps とし、nv のデータ転送速度を 1Mbps とし、送信側および中継ホストから送出されるパケットとルータから受信側へ送出されるパケットのサイズとパケット間間隔を測定した。この結果を図 2~5 に示す。

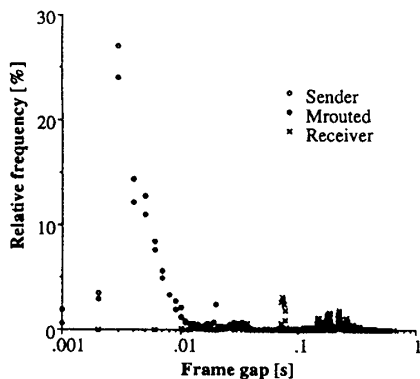


図 2: パケット間ギャップ (シリアル回線速度 256kbps)

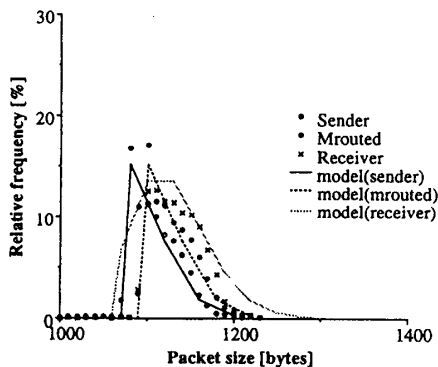


図 3: パケットサイズ (シリアル回線速度 256kbps)

パケットサイズに関する図には式 (1),(2) に示したモデルのトラフィック特性も示した。ここで、 u は 10[bytes]

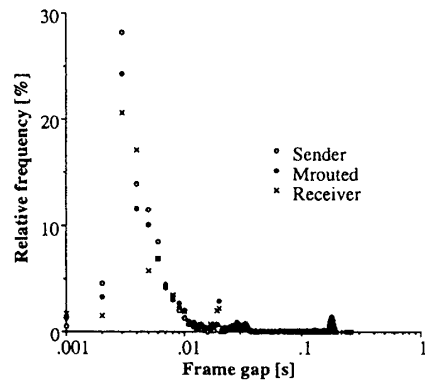


図 4: パケット間ギャップ (シリアル回線速度 5Mbps)

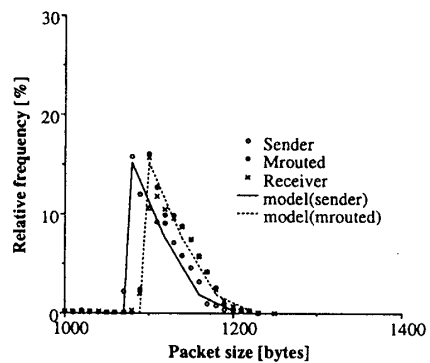


図 5: パケットサイズ (シリアル回線速度 5Mbps)

であり、 a は実際の分布に近くなるよう調整し、その中から 4 を選んだ。この結果から、モデルと実際のトラフィック特性が近い形になっていることがわかる。また、中継ホストから受信ホストへは IP トンネリングを行っているため、IP ヘッダ分パケットサイズが大きくなるため、中継ホストからのトラフィックモデル曲線は図中に点線で別に示した。アプリケーションのデータの転送速度 1Mbps よりも遅い回線を通した場合、パケット損失が起きるため、図 3 では送受パケットサイズの分布特性が異なり、別のパラメータによるモデルへの当てはめが必要となる。ここでは $a=2, u=15$ を当てはめたモデル曲線を示した。また、パケット間ギャップの分布特性は、回線速度に応じて大きく変化する。図 2,4 から図 2 は受信ホストへのトラフィックはギャップの分布の中心が 800ms 付近にずれていることがわかる。

5. おわりに

本報告では、リアルタイムアプリケーションのトラフィック特性モデルを提案し、実際のリアルタイムアプリケーションの 1 つである nv のトラフィック特性を測定、比較を行い、本モデルの有効性を示した。今後は、他のアプリケーションのトラフィック特性との比較検討を行う予定である。最後に日頃御指導頂く KDD 研究所 浦野所長に感謝します。