

1 F-6 XTPを用いた動画パケット伝送の性能評価

1 F-6

中島 理江子 和田 哲也 郡司 嘉規 土居 裕 松田 卓

松下電器産業(株) 情報通信研究センター 通信システム研究所

1. はじめに

EthernetやFDDI等の既存のLANにおいて、動画や音声等の連続メディア情報の転送を行う上で、転送遅延、遅延分散等の品質(QOS)を保証することは一つの技術的課題である。我々は、スイッチングハブを用いて十分な帯域幅を確保し、高速通信プロトコルXTP(Xpress Transfer Protocol)によってパケット転送の高速化と動画対応のための機能強化を行うというアプローチの基で研究開発を推進している。本報告では、EthernetスイッチングハブとXTPを用いた動画パケット転送における転送遅延と遅延分散について実測、評価した結果を述べる。

2. 動画転送の要求品質

一般に、連続性をもった動画情報を転送する場合に要求される品質は、転送遅延が数10msec以内、遅延分散が数msec以内、パケット損失率が1%以下である。更に、例えばMPEG1で圧縮した動画像データを転送するには、エンド・ツー・エンドで1.5Mbps以上のスループットが必要となる。しかし現在、一般に広く普及しているイーサネットとTCP/IPという構成では、次の点で動画転送には適さない。1) TCP/IPは蓄積型のデータを高信頼に転送するためのプロトコルであり、遅延の上限に対する保証がない。2) 十分な帯域が得られず、在席会議のように複数ユーザが動画パケットを相互にブロードキャストするアプリケーションをサポートできない。一方、我々の提案する構成では、1) スwitchングハブで十分な帯域を確保することによりスループットと遅延特性を改善する、2) XTPの採用によりプロトコル処理のオーバーヘッドを抑さえる、といった効果が期待できる。

3. 実験システムの構成

図1に評価システムの構成を示す。評価用ネットワークはEthernetスイッチングハブ(5ポート)を用いて、ハブに接続したWS(Sun OS, 28.5M IPS)間で動画パケットの転送を行い、負荷発生器からブロードキャストで負荷を与える。動画パケット及び負荷のパケットサイズは、Ethernetで最大の1514byteとした。転送遅延は、送信側WSでXTP起動直後から受信側WSでXTP完了直後までに要した時間とし、その平均と分散を求めた。

ワークはEthernetスイッチングハブ(5ポート)を用いて、ハブに接続したWS(Sun OS, 28.5M IPS)間で動画パケットの転送を行い、負荷発生器からブロードキャストで負荷を与える。動画パケット及び負荷のパケットサイズは、Ethernetで最大の1514byteとした。転送遅延は、送信側WSでXTP起動直後から受信側WSでXTP完了直後までに要した時間とし、その平均と分散を求めた。

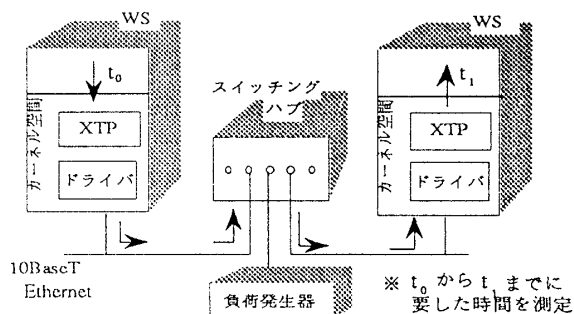


図1 評価システムの構成

4. 性能評価

4.1 転送遅延

図2は、パケット転送遅延の平均値がネットワーク負荷によって受ける影響を示している。また、図3には、ネットワーク負荷が50%の場合について、遅延分散の実測値を示している。

実測結果より、

(a) 転送遅延の平均値は、XTPの方がTCPに比べて小さいが、高負荷時では両者とも急増する(図2)

(b) ただし、高負荷でも大部分のパケットの転送遅延は数msecと小さく、平均転送遅延が急増するのは、一部のパケットで非常に大きな遅延が生じているため(図3)

であることが分かる。

この原因を解析するため、パケット転送遅延を  $T_{delay}$  とすると、転送遅延は次式のように表せる。

$$T_{delay} = T_{net} + T_{hub} + T_{ws} \quad \text{--- (1)}$$

ここで、 $T_{net}$ は1パケットの伝送遅延で、1.5KbyteのパケットをEthernetで転送する場合、

$$T_{net} = 1.5Kbyte / 10Mbps = 1.2msec/packet \quad \text{--- (2)}$$

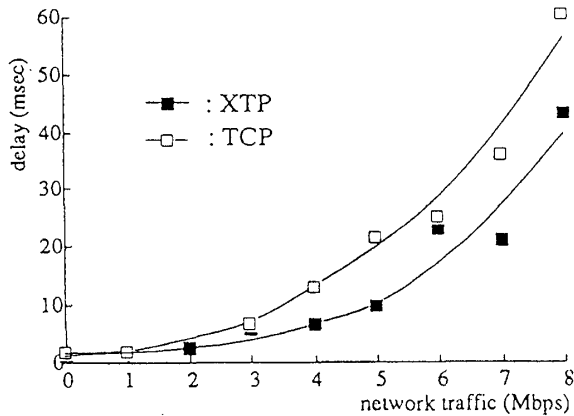


図2 平均遅延

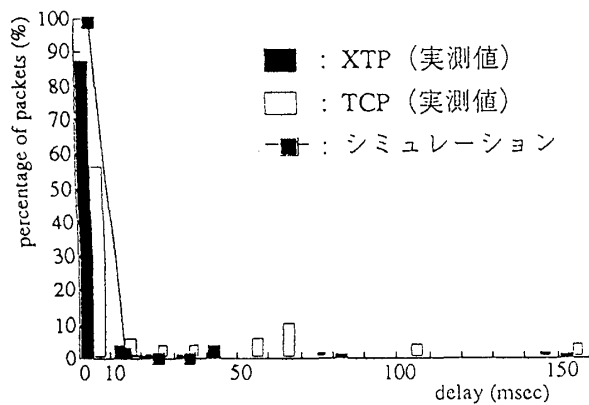


図3 遅延分散 (負荷 5Mbps)

また、 $T_{hub}$ はスイッチングハブの内部処理時間、 $T_{ws}$ はWS内部の処理時間であり、それぞれ次式となる。

$$T_{hub} = T_{switch} + T_{wait} \quad \dots (3)$$

$T_{switch}$  : ポート間接続に要するスイッチ切替時間

$T_{wait}$  : 接続待ち時間

$$T_{ws} = T_{trans} + T_{os} \quad \dots (4)$$

$T_{trans}$  : トランスポート層でのパケット送受信処理時間

$T_{os}$  : EthernetドライバやOSの処理時間

XTPの場合、(4)式の $T_{trans}$ の値は、高々 $100 \mu sec$ 程度であるから、

$$\begin{aligned} T_{delay} &= 1.2msec + T_{hub} + T_{trans} + T_{os} \\ &\approx 1.3msec + T_{hub} + T_{os} \quad \dots (5) \end{aligned}$$

図3には、 $T_{os} = 0$ と仮定した場合の $T_{delay}$ のシミュレーション結果を示している。ただし、 $T_{switch} = 40 \mu sec/packet$ とし、ハブの各ポートにはポアソン分布にしたがって5Mbpsの負荷パケッ

トが到着するものと仮定した。

$T_{os} = 0$ と仮定したシミュレーション結果では、 $T_{delay} < 40msec$ となり、図3の実測値のように $T_{delay}$ の値が $100msec$ を越えるようなことはない。従って、 $T_{os}$ が高負荷時での転送遅延に対して最も影響を与えているものと考えられる。なお、TCPがXTPに比べて性能が悪化するの、ACKの回数が多く $T_{trans}$ の値が増加するためである。

#### 4.2 パケット損失

図4は、XTPのエラー制御回数を示した図である。負荷の大きさに関わらず、エラー制御回数は1%未満である。エラーが発生する原因は、遅延が大きくなって同期制御をしているためであり、大きな遅延を伴うパケット数が減少すれば、エラー制御回数も減少すると考えられる。

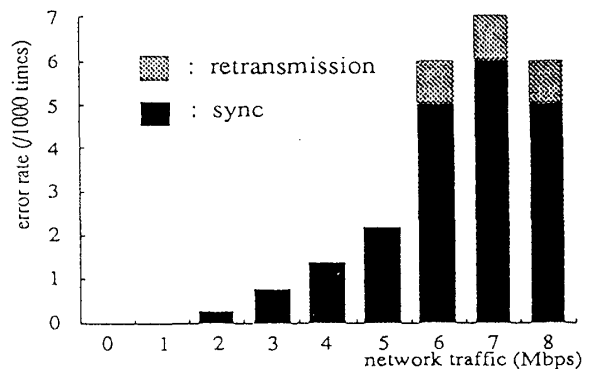


図4 エラー制御回数

#### 5. まとめ

今回の評価の結果、LANでの動画パケットの転送方法として、XTPとスイッチングハブという構成が転送遅延や遅延分散の点で有効であることがわかった。

また、Ethernetの場合には、高負荷時でのWSの通信ドライバやOSの性能改善が、遅延時間を保証する上で重要な課題であることがわかった。

今後は、XTPとFDDIスイッチングハブの組み合わせのもとでQOSを保証する動画転送方法について検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) Protocol Engines Inc., 「XTP Protocol Definition」 Revision 3.6 11 January 1992