

多階層モデルによる ギガビットネットワークの評価

石原 進[†] 岡田 稔^{††}

名古屋大学大学院工学研究科[†] 電子情報学専攻, ^{††} 情報工学専攻

1. はじめに

ギガビット Ethernet (GbE) の標準化が進められている。GbEではスイッチング方式の他、従来のCSMA/CD方式による媒体共有型接続が採用されている。媒体共有型接続のGbE (共有GbE) は価格性能比に長けており、今後のLAN内接続の主流になると考えられる。

共有GbEでは、1フレームの送信時間に対して長い伝播遅延となるネットワーク規模をサポートするために、従来のEthernetのCSMA/CD方式に対して2つの拡張、すなわちキャリア拡張とフレームバースティングが導入されている [1]。これらの拡張技術に関する性能評価はMolle[1]により行われているが、単純なPoissonモデルに基づくパケット発生源によるGbE単体の性能の評価しかなされていない。本論文では、現実的なネットワーク環境として、集合情報処理教育施設におけるLAN (教育用LAN) をとりあげ、NFS運用時のGbEの性能をシミュレーションにより評価する。

2. 共有ギガビット Ethernet による拡張

キャリア拡張は最小フレーム長よりも長いスロット時間をサポートするための拡張である。キャリア拡張ではスロット時間よりも短いフレームを送信する時に、スロット時間に達するまで拡張キャリアをフレームに引き続き送信する。

フレームバースティングは単一のノードが一つ以上のフレームを連続して送信することを許容する。これにより、キャリア拡張による実効帯域の低下を補償する。バーストの先頭のフレームに対してはキャリア拡張が行われる。未送信のフレームが存在すると、フレームギャップ長に相当するキャリアを挟んで連続してフレームの送信が行われる。連続したフレームの送信は、2つめ以降のフレームの送信開始時にそのバーストの送信時間がバーストリミット (65536ビット時

間) を越えている場合に終了する。

3. シミュレーション条件

シミュレーション条件として、1台のファイルサーバ (FS) と N 台のクライアントワークステーション (CWS) 1台のリピータ HUB に接続された共有GbE LANを想定した。HUBと各ノード間の遅延は共有GbEの最大長であるとした。教育用LANのトラフィックの特徴は、授業利用時などに起こり得る極端なネットワークアクセスの集中である。たとえば、教官の指示のに従って学生が一斉に操作した場合、NFSによるファイル管理を行っている場合には、瞬間的に大量のNFSサーバへのアクセスが行われることになる。このようなトラフィック発生条件は一般のLAN利用におけるもっとも厳しい条件であると考えられる。

今回のシミュレーションでは名古屋大学情報処理教育センターで測定した、教官の指示に対する学生のコンピュータ操作での応答時間に基づき、図1に示すような三つの分布 (Model M, Model K, Model O) に従ってCWSからのFS上のファイル読み込み要求が発生するとした。Model M, Oはそれぞれユーザの応答操作がマウス、キーボードで行われることを想定しており、Model Oは応答が完全に同時に行われた場合を想定した理想モデルである。転送ファイルのサイズは1MBytesとした。NFSの読み込み要求では一度に8Kbytesまでの読み込みしかできないので、CWSは1MBのファイルをすべて受信するまで繰り返し読み込み要求を送信、応答の受信を繰り返す。

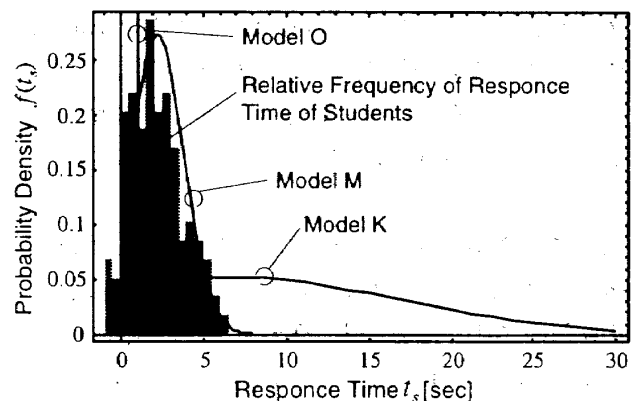


図1. アクセス集中モデル

Performance Evaluation of Gigabit Network by Multi-layer Simulation

Susumu ISHIHARA and Minoru OKADA

Graduate School of Engineering, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, JAPAN

フレームバースティングの効果を確かめるため、シミュレーションは、フレームバースティングを行った場合と、行わない場合について行った。また、従来のEthernetとの違いを見るため、併せて同一規模の媒体共有型100Mbps Ethernet 100BASE-TXについてもシミュレーションを行った。

シミュレーションの実行は、筆者らの設計による多階層ネットワークシミュレーションモデル[2]にキャリア拡張、フレームバースティングをサポートするモジュールを付加して行った。NFSのパラメータ設定にはSunOS4.1の初期設定を使用した。また、FS、CWSでのディスクアクセス等に要する処理遅延は無視した。

4. 性能評価

図2に平均サーバ応答時間を示す。ここで平均サーバ応答時間は、クライアントにおけるファイル読み込みリクエストメッセージの送信から、要求したファイル全体を受け取るまでの時間の平均を意味する。比較のため、100BASE-TXの場合の平均サーバ応答時間の1/10の値も示す。

Model M, Kの場合、GbEにおけるファイル転送時間はフレームバースティングの有無に関わらず、100BASE-Tの性能の10倍以上の性能を示している。このことから、人間の操作によるネットワークのアクセス集中に対してGbEの導入はビットレートの10倍の向上以上の効果があると言える。しかしながら、Model Oの場合にはGbEは100BASE-Tの10倍以上の性能を達成していない。これはキャリア拡張による実効帯域の低下が原因である。

またModel Oでは、フレームバースティングを行っていない場合の方が良い性能を示している。フレームバースティングが行われた場合には、FSから連続してフレームが送信されるために、CWSからのリクエストメッセージが送信が滞る。このためFSからの連続したフレームの送信が終了した時点で、送信を延期したCWSからのメッセージが一斉に送信される。結果としてCWSからのメッセージが頻繁に衝突することになり、全体の送信効率を低下させることになっている。

図3はCWSからの送信フレームにおける衝突フレームの割合（衝突率）の変化を示している。Model Oにおける衝突率はフレームバースティングを行っている場合の方が高い。なお、フレームバースティングを行った場合、CWSからの送信効率は低下するものの、FSでの送信効率は高くなっていることが確認できた。

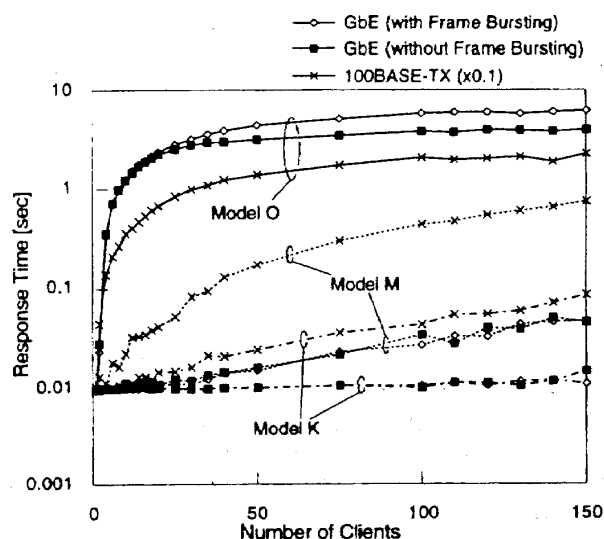


図2. ファイル転送要求に対する平均サーバ応答時間

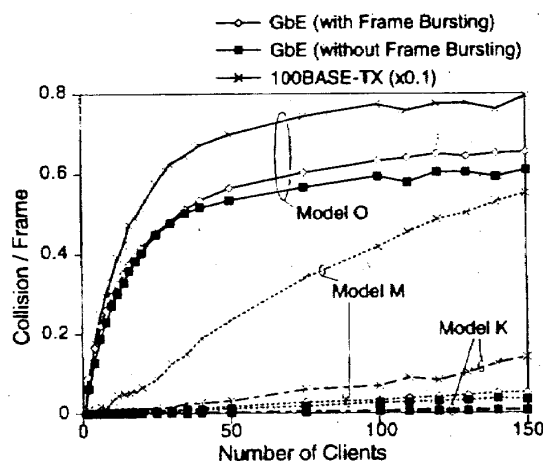


図3. クライアント送信フレームにおける衝突率

5. まとめ

現実的なユーザモデルに基づくネットワークアクセス集中度が高いNFS環境で、媒体共有型GbEを使った場合の性能が100BASE-Tを使った場合に比べて10倍以上であることを示した。一方で完全にネットワークアクセスが集中した場合におけるクライアントサーバシステムにおいてはGbEおよびフレームバースティングが必ずしも効率的には働かないことが分かった。

参考文献

- [1] M. Molle, "Frame bursting: a technique for scaling CSMA/CD to gigabit speeds," *IEEE Netowrk Mag.*, pp. 6-15, Jul/Aug 1997
- [2] S. Ishihara and M. Okada, "A modeling and simulation method for transient traffic LAN," *IEICE Trans. Comm.*, Vol. E-80-B, No. 8, pp. 1239-1247, 1997