

ビデオストリーム配信性能の一検証

中村俊一郎 山口智久 峯村治実 (三菱電機)

渡辺尚 水野忠則 (静岡大学)

広く普及しているイーサネットLANの環境で、同様に広く普及しているUNIXのNFSサーバやWindowsNTサーバのようなサーバをビデオサーバ(メディアサーバ)として使用した場合に、どの程度のビデオストリーム数の配信性能が実現できるか実験を行った。さらに性能のボトルネックになっている点について考察を行い、これを反映してディスクまわりのパラメータ、LANボード等に改良を加えて再測定した結果、予測通りの性能向上が観測された。又、多数の機器が揃えられないためあくまで実験に基づく予測であるが、これらの環境で最大どの程度のビデオ配信性能が実現出来そうであるかの予測を行った。

An experiment that how many video streams can a NFS server etc. supply on the ethernet LAN

Shunichiro Nakamura, Tomohisa Yamaguchi, Harumi Mimemura
(Mitsubishi Electric Corp.)

Takashi Watanabe, Tadanori Mizuno
(Shizuoka Univ.)

We made an experiment in which an UNIX NFS server or a WindowsNT server, as a video server, supplies digital video stream to clients projecting a moving picture via the ethernet LAN. Next we made some considerations about how to increase the number of streams it can supply. Accordingly we made some improvements such as changing parameters around disks or changing LAN controller board etc., and made a same experiment again. We could get expected improvement results of the number of streams. From these data we anticipated the maximum number of streams these servers could supply in case system is installed in full sets of equipments.

1. まえがき

近年のマルチメディアブームの流れの中でVOD (Video on Demand)等の実現を目的としたビデオサーバ (メディアサーバ)の研究開発が盛んになってきている。この背景としてはMPEG1、MPEG2といった映像/音声の圧縮技術の進歩、それらを処理するプロセッサが十分高性能になってきたこと、及びそれらを伝送するネットワークの高性能化が見えてきたこと等が挙げられる。

映像や音声を扱う場合には当然のことながら実時間性が要求されるため、IEEE1394のようにIsynchronous転送と呼ばれる、マルチメディア用にリアルタイム伝送を可能としたインターフェースが提案されている。ビデオサーバにおいてもこの点 (リアルタイム伝送)を重視して研究されているものが多い。^{(1) (2)} これらのビデオサーバにおいては、クライアントで放映中の映像/音声データの枯渇 (starvation)が起きないように、サーバから同期的にコンスタントにデータを送るように工夫がなされている。

これに対し特にリアルタイム伝送ということは意識せず、従来のファイルデータの転送と同様な形でデータ転送する方式のビデオサーバも提案されている。^{(3) (4)} 前者の場合でも例えばLANを他の系 (例えば一般使用のFTP等)と共用していて、他の系が多量にデータ転送を始めたような場合にはデータ供給の同期性は保たれなくなる訳であり、伝送路の負荷がクリティカルになってきた場合には、いずれにせよリアルタイム伝送が厳しい状況となる。そのため伝送路にはある程度余裕をもたせた設計値を設定することとなるが、そのような状況においては後者の方式でも十分使いものになるのではないかという考え方も成り立つ。

本稿では後者の方式を念頭に置き、ごく通常使

われている環境、即ちNFSサーバやLANマネージャからイーサネットを介してクライアントにビデオデータを供給した場合、どの程度の性能が実現出来るかにつき実験を行い考察を加えた。

2. NFSによるビデオサーバ実験

スタンドアロンのパソコン上でビデオが再生される様子は次のようである。Windows3.1の例で言えばMedia PlayerからVideo for Windowsに要求が出され、Video for WindowsはMS-DOS経由でそのパソコン自身の磁気ディスク又はCD-ROMから圧縮データが読み出す。Video for Windowsにより、ソフトウェア的又はMPEG1ボードのようなハードウェアを利用してデータの伸張が行われ、CRT画面に動画が映し出される。

図1は上記のクライアントのパソコン自身の磁気ディスク又はCD-ROMの代わりに、サーバ上の磁気ディスクにNFSマウントするようにしたものである。このケースではサーバから見れば複数のクライアントのパソコンに対し同時並行的にビデオデータを供給し放映させることになるため、まさにビデオサーバの働きをすることになる。これが本稿が対象とする構成である。

2.1 ディスクキャッシュヒット

図1の構成でビデオの放映実験を行った。実験に使用した機器等のデータは以下の通りである。

- <サーバ> 三菱製ME/R7150-50 (PA, 50MHz)
メモリ: 64MB OS: HP-UX9.0
- <クライアント> apricot M3466-A154W (Pentium90MHz)
メモリ: 16MB OS: Windows3.1
NFS: ChameleonNFS
- <LAN> イーサネット用マルチチャンネルトランシーバ CNM-800

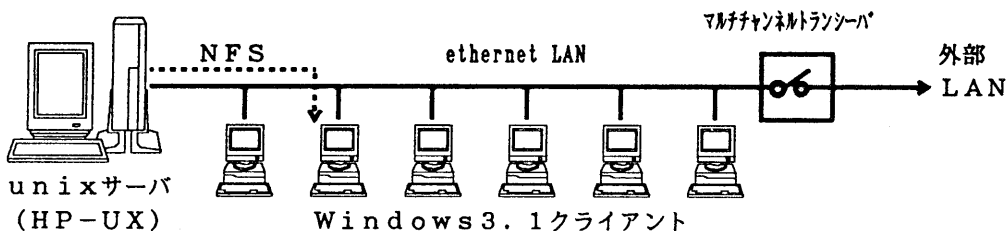


図1 機器構成 (その1)

ビデオデータはReal MagicというMPEG1ボードに付いてきたものであるが、MPEG1で実測の結果転送速度は1.2MB/Sであった。ほぼ17インチのCRT画面一杯に映像が音声付きで映し出される。図1中のマルチチャンネルトランシーバのスイッチにより、このLANは我々が通常オフィスで使っているLANに接続したり切り離したり出来るようにしている。実験結果は以下の通りである。

LANをスタンドアロン接続に設定した場合、6個のクライアントでそれぞれ異なる映像を放映しても全く問題なく放映されることがわかった。この時LAN上では $1.2 \times 6 = 7.2$ Mbit/sの転送レートとなる。

次にLANをオフィスのLANに接続して同様の実験を行った。この場合には時々幾つかのクライアントで映像/音声の乱れが観測された。

以上から、ethernet LANの面では、単独で1.2M bpsの映像を6ストリームまで流すことが出来ることが分かった。

2.2 ディスクキャッシュミス

前記の場合、サーバのディスクは最初よく動いた後、後はあまり動かなくなることが観測された。これは上記のビデオデータがいずれも45秒程度の長さであるためディスクキャッシュに入ってしまうためであることが分かった。(1本あたり約 $7\text{MB} \times 6 = \text{約}42\text{MB} < 64\text{MB}$)

そこで次はファイルサイズが大きな約5分の長さのビデオ(約50MB)を使って実験を行った。<ビデオデータ>

方式:AVI フレーム長:5128フレーム、342秒 データ速度:

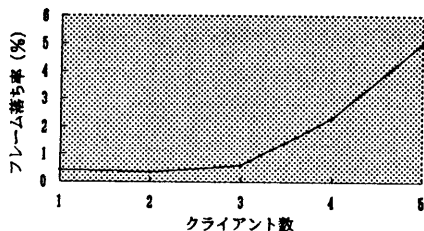
1.18Mbps

ビデオ:cvid 320x240x24、15.000fps、50881976

バイト

オーディオ:モノラル、11.025KHz、8ビット

図2 フレーム落ち率の変化



以下の実験では全てこのビデオデータを使用した。クライアント数を1~5に変化させてフレーム落ち率を測定した結果が図2である。

結果としては、4ストリーム辺りから画質が劣化するようになり、5ストリームでは画質がかなり劣化した。見た目にはフレーム落ち率が1%を越えると、フレーム落ちに気づくようになり、5%になるとフレーム落ちがかなり目立つようになる。

ここで3ストリーム程度の性能となったのは、前節の結果と合わせて、ディスクネックが原因と推測される。

2.3 ブロックサイズ改善

上記のディスクネックを解消するため、ディスクデータのブロックサイズを8KB→64KBに増やすこと、及びディスク台数を1台→2台に増やして測定を行った。この結果が表1である。

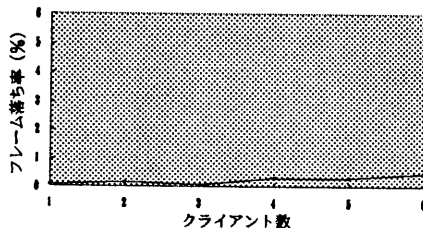
表1 ブロックサイズ/ディスク台数と性能

ディスク台数	ブロックサイズ (KB)	クライアント数	フレーム落ち率 (%)
1	8	5	5.0
2	8	5	0.374
1	64	5	1.17
2	64	5	0.335

この結果から、ブロックサイズの拡大、ディスク台数の増設共、それぞれ効果がありディスクネックが解消されることが分かった。

次にブロックサイズを64KBとし、ディスク6台をソフトウェアストライピングした構成で図2と同様な測定を行った。→ 図3
この結果ディスクネックが解消され、良好なビデオストリーム6本を供給出来ることを確認した。

図3 フレーム落ち率の変化



2.4 ディスク台数の効果

次に、あたかも多数のビデオストリームがあるかのように、ディスクからそれ相当のデータを読み出す、サーバ上で動く、疑似クライアントプログラムを作成し、ディスク台数とビデオストリーム供給能力の関係を調べた。→ 図4

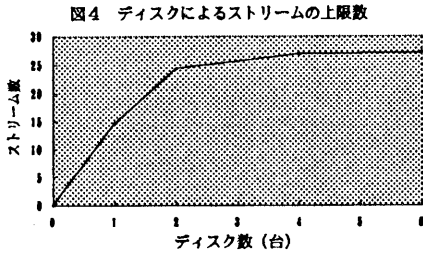


図4からディスク2台で約25ストリームの供給能力があることが分かる。又約27.5ストリーム(約4MB/S)のところで飽和しているが、これはこのSCSIコントローラの実効データ転送能力が4MB/S程度のためと思われる。以上から、ディスク系だけについて見ればSCSIを2本にし、それぞれにディスクを2台ずつ付けば、約50ストリームのビデオ供給が可能になることが分かる。

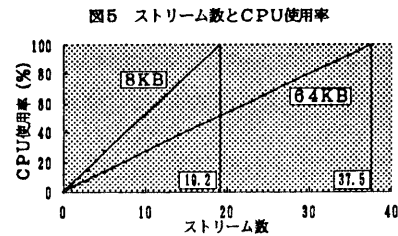
2.5 CPU能力による限界

サーバのビデオストリーム供給能力の限界を与えるものとして、ディスク系(ディスクドライブ、SCSI系)、サーバ内部バス、CPU性能、ネットワーク(LAN)容量が考えられる。

ディスク系については前節で考察した。サーバ内部バスについては、ここで使用したサーバでは約128MB/Sの内部バスデータ転送性能を持っているため、単純計算で447本の1.2Mbpsのビデオスト

リームが可能となるため、ボトルネックとはならない。

そこで本節ではCPU能力によるボトルネックについて調べてみる。図5はブロックサイズ8KBでディスク1台の場合と、ブロックサイズ64KBでディスク6台の場合につき、ストリーム数毎にCPU使用率をプロットしたものである。LANが1本なので6ストリームまでの実測値であるが、これらは直線上にのっており、前者では最大19.2ストリーム、後者では37.5ストリームという最大値が予測出来る。



以上の結果をまとめると、あくまで予測値であるが、必要機器がすべて揃ったとすれば最大37.5ストリームの供給が可能ということが言える。

3. WindowsNTのビデオサーバ実験

次にNFSサーバからWindowsNTサーバに変えて同様の実験を行った。このケースではクライアントの端末が5台しか揃わなかったため、クライアント数が6以上のところでは前章と若干条件が異なる。即ち1実端末2画面で2端末分の動作をさせているところがあるが、大きな誤差は生じていないと考えられる。

3.1 EISAボードの場合

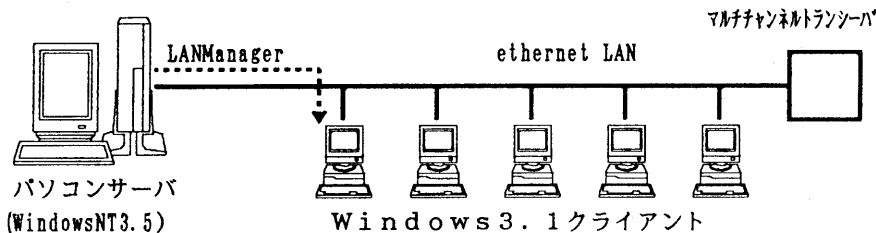


図6 機器構成(その2)

図6に本実験の機器構成を示す。サーバの仕様は以下の通りである。(他は前と同様)

<サーバ>FT//ex Pentium 90MHz メモリ:32MB
 OS:WindowsNT3.5 ネットワーク:NetBEUI
 LANカード:3Com 3C579 (EISA)
 三菱製B8832 (PCI)
 <クライアント>LAN Manager

本実験の結果は図7及び図8の通りである。

図7 フレーム落ち率

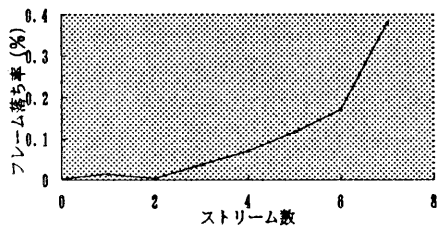


図8 CPU使用率

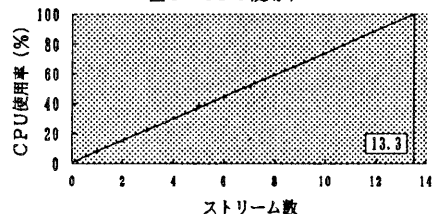


図7はクライアント数が1~7に変化した時のフレーム落ち率の変化を示している。前述のようにクライアント数が6、7のところでは、それぞれ1台、2台の端末で2画面分表示させることにより代用している。図7においてクライアント数が6、7と増えるにつれてフレーム落ち率が高くなっているが、クライアント数が7のところでもフレーム落ち率はまだ0.4%以下であり、かなり良好な映像が得られている。

即ち前章のNFSの場合には6クライアントまでであったが、WindowsNTサーバでは7クライアントまでなんとか見られる映像が供給出来ることが分かった。

図8は前章と同様にクライアント数とCPUの使用率の関係を調べたものである。この場合もきれいな直線上にプロットされており、これからCPU使用率の面からの最大供給可能ストリーム数は13.33ストリームと読みとられる。前章のNFSの場合の同一条件(データブロックサイズ=

64KB)のところでは37.5ストリームであったので、WindowsNTでは1ストリーム当たりのCPU使用率が高く、CPU面から見た供給可能ストリーム数が少ないことが分かった。

3.2 PCIボードの場合

前節ではサーバのLANカードはEISAバス接続用のものを使用したが、これをPCIバス接続用のものに変更して測定を行った。この結果は図9、図10の通りである。

図9 フレーム落ち率

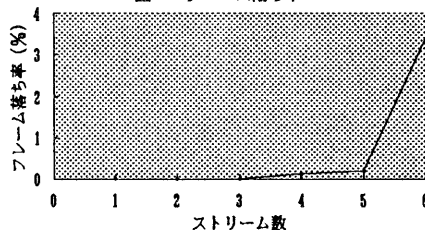


図10 CPU使用率

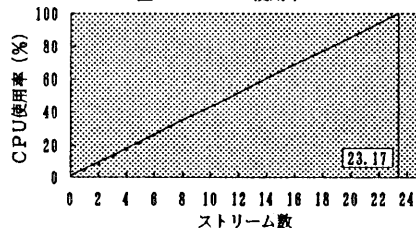


図9を前節の図7と比較すると、クライアント数が5まではほぼ同じであるが、クライアント数が6になるとフレーム落ち率が3.4%と大きくなっているのが特徴である。

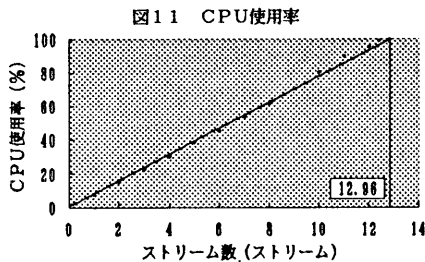
次にCPU使用率を見てみると、図10においてもきれいに直線上にプロットされており、これからCPU面から見た供給可能ストリーム数は23.17ストリームと読みとられる。これは前節の図8の13.33ストリームに比べ1.74倍も向上している。

即ちPCI用のボードに換えたことにより、LAN制御のためのCPU負荷が1/1.74に減少したと考えられる。この点からもLAN制御に費やされるCPU負荷が大きいことが伺い知れる。現状では1KB転送毎にCPUに割り込みが入るよう

になっている点に問題があり、マルチメディア用途ではこれをさらに大きな単位に出来ることが望まれる。

3.3 LANを3本にした実験

WindowsNTサーバについては、EISA用のLANボードを3枚接続できたので、この環境でもCPU使用率の測定を行った。但しクライアントは5台しか無いため、各LANにはクライアント2台、2台、1台の構成とし、4台のクライアントでは、映像を写すのではなく、それと同等のデータをサーバから読み出すプログラムを作成し、それを動かすという方法を用いた。LAN上、サーバ上の動きとしては実際とほぼ近いものになると思われる。



この結果は図11の通りである。同図から最大供給可能ストリーム数は12.96と読みとられる。これは同じ条件(ブロッカイズ=8)の図8の13.33ストリームと比較して近い値であり、うなずけるものである。図11は図8と違ってストリーム数全体に渡って実測したものであるところに特徴がある。このことは逆に図8における最大供給ストリーム数予測が正しかった(図11の実測で確認された)ことを物語っている。

4. まとめ

以上行った一連の実験により、我々にとって重要ないくつかの事実が判明した。その主なものは以下の通りである。

- (1) NFSサーバの環境ではイーサネット1本でビデオストリームが6本程度可能である。
(1.2Mbps×6=7.2Mbps)
WindowsNT環境では同様に7本程度可能である。(1.2Mbps×7=8.4Mbps)
- (2) ディスク1台当たり1.2Mbpsのビデオストリー

ムが12.5本程度可能である。

但しSCSI当たり4MB/Sの上限がある。

- (3) WindowsNTサーバでLANボードをEISA用からPCI用に換えたところCPU面から見た供給可能ストリーム数が約1.7倍に増加した。
- (4) NFS環境ではイーサネットを7本にする他の強化を図った場合、最大37ストリーム程度供給出来る可能性がある。
- (5) WindowsNT環境ではイーサネットを4本にする他の強化を図った場合、最大23ストリーム程度供給出来る可能性がある。
- (6) CPUのLAN制御のための負荷が大きいため、今後イーサネットに変わるであろう高性能LANにCPU負荷の軽減という面も含めて期待するところ大である。

ビデオサーバの性能(供給可能ビデオストリーム数)向上のためにボトルネックになっているのは、ディスク性能よりもむしろ通信制御のためのCPU負荷であることが分かった。この問題が解決された次に来るものはサーバの内部バスネックの問題であると思われる。

[注] なお本文中表現の簡単化のためにNFSサーバとかWindowsNTサーバと記したが、あくまで我々が使用したH/W、OSの環境上における性能値であり、一般的に述べているのではないことをお断りします。

参考文献

- [1] Fouad A.Tobagi et al: A Disk Array Management System For Video Files, ACM Multimedia 93
- [2] Al Kovalick: ビデオサーバの設計手法、ディスク管理と高速バスが鍵、米国情報スーパーハイウェイを支える技術、日経BP社(1994/10)
- [3] 堂之下謙二、堀内千尋: 簡易VOD構築の一検証、情報処理学会第50回全国大会(1995)
- [4] 松下電器、ビデオサーバ向けにNFSとTCP/IPを機能拡張したソフトウェア[VideoNFS]を開発、日経エレクトロニクス'95.3.27