

## LAN 環境におけるコンテンツサーバの設計と性能評価

木村 義紀<sup>1</sup>, 小杉 正貴<sup>1</sup>, 河崎 哲男<sup>1</sup>, 米田 政明<sup>2</sup>, 黒田 卓<sup>3</sup>, 安宅 彰隆<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(株)インテック・システム研究所

<sup>2</sup>富山大学工学部, <sup>3</sup>富山大学教育学部, <sup>4</sup>富山県立大学工学部

LAN 環境における映像配信及び, ネットワーク上に分散した各拠点間でのコンテンツの同期連携を想定したコンテンツサーバを設計・構築し, 評価実験を行った. 開発の容易性・拡張性を考えて PC ベース(Linux)のコンテンツサーバを設計・構築した. LAN 環境におけるコンテンツ配信性能を検証するために, コンテンツサーバのネットワーク I/O(送信)・ディスク I/O(読み出し)・メモリ I/O および, 総合的な映像配信性能の評価を行った. 結果について報告する.

## Design and evaluation of contents server worked on LAN

Yoshinori KIMURA<sup>1</sup>, Masataka KOSUGI<sup>1</sup>, Tetsuo KAWASAKI<sup>1</sup>

Masaaki YONEDA<sup>2</sup>, Takashi KURODA<sup>3</sup>, Shoryu ATAKA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INTEC Systems Laboratory Inc.

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Toyama University

<sup>3</sup>Faculty of Education, Toyama University

<sup>4</sup>Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University

We designed PC based contents server, which transmits multimedia contents such as video to clients on local networks, and mirrors such contents between remote servers. In this paper, we describe evaluation results of performance of network I/O, disk I/O, memory I/O and total performance of contents transmission on local networks.

### 1. はじめに

現在インターネットで使用されている映像配信系のシステムは, RealVideo 等の低レートな映像中継や, アーカイブが中心となっている. しかし今後の教育分野・放送分野での利用を想定した場合, 高画質・オンデマンド性などに対する要望も強い<sup>1)</sup>. これらのニーズに対応し, さらに複数拠点間でのスムーズな連携を行うことを想定して

- 各拠点内(LAN)における複数クライアントへの高画質なコンテンツ配信
- ネットワークで接続された各拠点サーバ間でのコンテンツの同期連携

を行うコンテンツサーバを設計・構築し, 評価実験を行った. LAN 環境での映像配信のみを考えれば専用ハードウェアを使用してサーバを構築することも考えられるが, インターネットを利用したコンテンツの共有を考えた場合, 広く普及している UNIX 等のネットワーク機能を持つ OS および, 既存のソフトウェアを有効利用することで, 開発が容易になり拡張性も高くなる. そこで OS として Linux を使用した PC ベースのコンテンツサーバ(以下サーバ PC)を設計した.

本稿では, 評価実験の一環として行った, LAN 環境における MPEG-1/2 レベルの高画質な画像配信を行うコンテンツサーバを想定した性能評価

について、その結果を報告する。

## 2. サーバ PC の構成

サーバ PC の構成を表 2-1 に示す。OS は主に Linux を使用し、一部他 OS を使用した評価も行った。

表 2-1 サーバ PC のスペック

CPU	Pentium-II Xeon 450[MHz] (1~4[基])
Memory	(EDO DRAM) 512[MB]
HD	9[GB] 1[台]: システム用 9[GB] 6~12[台]: コンテンツ用
Chipset	450NX PCIset
SCSI-HA	ULTRA2 WIDE 1[ch]: システム用 ULTRA2 WIDE 1[ch]: コンテンツ用
NIC	100BASE-TX 1[port]: インターネット接続用 100BASE-TX 8[port]: コンテンツ配信用

## 3. 評価実験

次の項目についてサーバ PC の性能評価を実施した。

- ネットワーク I/O (送信) 性能
- ディスク I/O (読み出し) 性能
- メモリ I/O 性能
- 総合的なコンテンツ配信性能

### 3.1. ネットワーク I/O 性能評価

サーバ PC のネットワークカード(NIC)として、100BASE-TX のカードを使用した。100BASE-TX 1[port]ではネットワーク I/O 性能が不足すると考え、コンテンツ配信用に 4[port]NIC 2 枚の計 8[port]を装備した。ネットワーク I/O 性能評価においては、同時に最大 7[port]を使用した。クライアント PC の NIC は 100BASE-TX 1[port]を使用した。サーバ PC とクライアント PC の接続については、スイッチング HUB 上に 2[port]からなる VLAN を複数作成し、1 つの VLAN にサーバ PC の 1[port]と 1 台のクライアント PC のみを接続することで、コリジョンの発生を極力

避け効率よくデータ転送が行えるネットワーク構成とした。

#### 3.1.1. netperf を使用した性能評価

ネットワーク性能ベンチマークソフトである netperf<sup>2)</sup>(ver 2.1pl3)を使用し、TCP プロトコルを利用した場合のサーバ PC からクライアント PC へのデータ転送速度を測定した。サーバ PC の OS として、Linux, FreeBSD, Windows NT を使用し各 OS における性能を測定した。また CPU 数を 1~4 基に変化させた場合の性能についても測定した。測定結果を図 3-1~図 3-3 に示す。

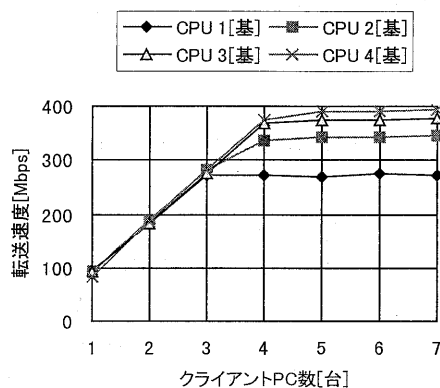


図 3-1 netperf 性能(Linux 2.2.6)

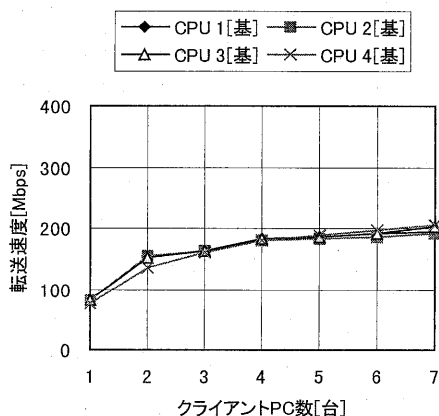


図 3-2 netperf 性能(FreeBSD-3.2)

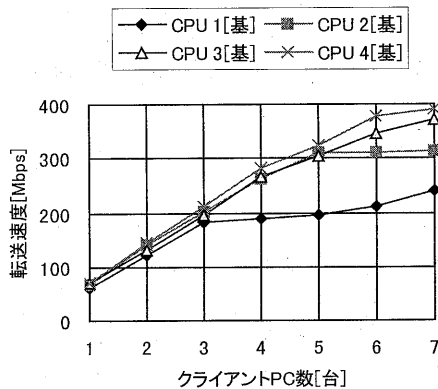


図 3-3 netperf 性能(NT4.0)

測定結果より、今回のテスト環境において次のことが言える。

- 各 OS における性能を比較すると Linux の性能がもっとも高い。Linux では、CPU が 1 基の場合の最大転送速度が 276.4[Mbps]、CPU を 4 基に増設することで 392.6[Mbps] の性能が得られた。
- Windows NT では、クライアント PC 数が少ない場合の性能は低いが、クライアント PC 数を増加させることで Linux に近い性能が得られる。
- FreeBSD ではクライアント数が増加した場合の性能向上が低い。また CPU 数が増加した場合の性能向上も他 OS と比べ低い。

### 3.1.2. ftp を使用した性能評価

サーバ PC(Linux)上に ftp サーバを構築し、各クライアント PC から ftp クライアントを使用してサーバ PC 上のファイルを取得し、ファイル転送速度を測定した。サーバ PC 上にはサイズ 200[MB]のファイルを 1 つ作成し、各クライアント PC が同時にそのファイルを取得しヌルデバイスに保存するよう動作させた。

サーバ PC 上の同じファイルをアクセスすることによりそのファイルがサーバ PC のディスクキャッシュ(主記憶)に保存されるようにし、サーバ PC のディスク読み出し速度が測定に影響を与えないようにした。またクライアント PC 側でファイルをヌルデバイスに保存することにより、クライアント PC のディスク書き込み速度が測定に

影響を与えないようにした。測定結果を図 3-4 に示す。

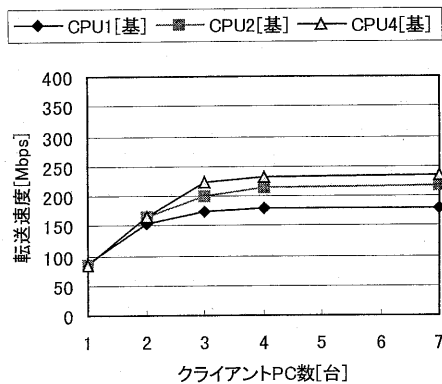


図 3-4 ftp 性能

測定結果より次のことが言える。

- CPU が 1 基の場合の最大転送速度は 180.5[Mbps]であった。CPU を 4 基に増設することにより 236.2[Mbps]の性能が得られた。
- クライアント PC 数が 4 台のときに、ほぼ性能の限界に達している。
- 単純にネットワークのデータ転送性能を測定する netperf での評価と比べ、ftp では性能が低下し、CPU が 1 基の場合で 66[%]程度の転送速度であった。

### 3.1.3. samba を使用した性能評価

サーバ PC(Linux)上に samba<sup>®</sup>(ver. 2.0.2)を使用したファイルサーバを構築し、各クライアント PC から、ファイルサーバ上のファイルを読み込むことで、ファイル転送速度を測定した。サーバ PC 上にはサイズ 200[MB]のファイルを 1 つ作成し、各クライアント PC が同時にそのファイルをヌルデバイスにコピーするよう動作させた。

ftp による測定と同じく、サーバ PC のディスク読み出し速度及び、クライアント PC のディスク書き込み速度が測定に影響を与えないようにした。またクライアント PC のメインメモリを 200[MB]以下とすることで、クライアント PC 側のディスクキャッシュが測定に影響を与えないようにした。測定結果を図 3-5 に示す。

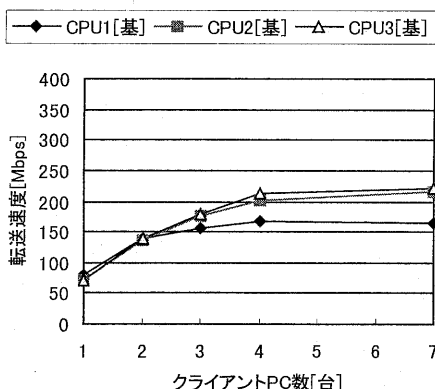


図 3-5 samba 性能

測定結果より次のことが言える。

- CPU が 1 基の場合の最大転送速度は 163.2[Mbps]であった。また CPU を 4 基に増設することよりの 220.8[Mbps]の性能が得られた。
- ftp 同様、クライアント PC 数が 4 台のときにほぼ性能の限界に達している。
- netperf での評価と比べ、samba では性能が低下し、CPU が 1 基の場合で 60[%]程度の転送速度であった。

### 3.2. ディスク I/O 性能評価

サーバ PC と HD は ULTRA2 WIDE(以下 U2W) 対応の SCSI ホストアダプタを介して接続した。U2W SCSI バスのデータ転送速度は最大 80[MB/sec]で、高速なデータ転送が可能である。しかし HD を単体で使用する場合、HD のデータ転送性能がバスの転送速度よりもかなり低いいため、バス性能を十分に活かさない。

今回の評価では RAID を使用することにより複数の HD を同時に稼働させ、バス性能を有効利用できるような構成とした。RAID 機能として、Linux の MD(Software RAID)を使用し、高速性を重視するため冗長性の無い RAID0 (ストライピング) 構成とした。

サーバ PC が同時に多数のクライアント PC に異なるコンテンツを配信する場合を想定し、複数のプロセスがディスク上の異なるファイルを同時に読み込むことによりディスク I/O (読み出し) 性能を測定した。ファイルの読み出しには cp

コマンドを使用し、マルチデバイスにコピーすることでディスクへの書き込み処理が性能測定に影響しないようにした。測定結果を図 3-6 に示す。

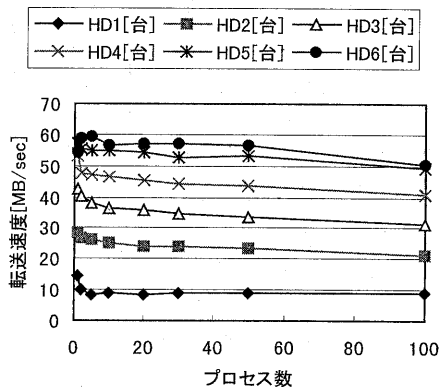


図 3-6 ディスク I/O 性能(MD, RAID0)

測定結果より次のことが言える。

- MD の RAID0 機能を使用し複数の HD を論理的に 1 台の HD としてアクセスすることで、HD が並列的に動作可能となる。その結果トータルでのディスク読み出し性能が向上し、バス性能を活かすことが出来る。
- HD 単体では 1 プロセスによる読み出し(シーケンシャル READ に相当)性能に比べ複数のプロセスによる読み出し(各プロセスがそれぞれシーケンシャルに読み出しを行う、これを準シーケンシャルアクセスと呼ぶ)性能が低くなるが、RAID0 構成とすることで準シーケンシャル読み出し時における性能低下を押さえることが出来る。従って、多数のクライアント PC からの同時アクセスに対応可能と考えられる。
- ディスク読み出し性能は HD 数の増加と共に高くなり、HD が 5 台のときまでは台数に比例して性能が向上している。しかし HD を 6 台に増やしても性能向上が少ない。SCSI バスの最大転送速度が 80[MB/sec]であることを考慮すると、SCSI バスの使用率が限界に近づいたためと考えられる。

### 3.3. メモリ I/O 性能評価

一般的な UNIX 系の OS において、ディスク

からファイルを読み出しネットワーク経由で配送する処理を考えた場合、メモリアクセスについて次の処理が発生する。

- ファイルの読み出し時

処理内容	メモリ I/O
ディスクからメモリ(カーネル空間)への書き込み	W
メモリ(カーネル空間)からメモリ(ユーザ空間)へのコピー	R/W

- ネットワークへの配送時

処理内容	メモリ I/O
メモリ(ユーザ空間)からメモリ(カーネル空間)へのコピー	R/W
メモリ(カーネル空間)から NIC へのコピー	R

従って、一連の処理のために 3 回程度のメモリコピー(R/W 2 回, W 1 回, R 1 回)が発生する。これらの処理は並列には行われなため、メモリアクセス速度が遅い場合はボトルネックになりうる。その可能性を検証するため、サーバ PC のメモリコピー性能を測定する。

サイズ X[KB]のメモリ領域を 2 つ確保しメモリコピーを複数回行うテストプログラムを作成し、トータルでの転送量が一定になるよう回数を設定しサーバ PC 上で実行した。測定期間中コピー元のメモリ領域内のデータ変更は行わなかった。また、テストプログラムを複数同時に実行した場合の性能も測定した。測定結果を図 3-7、図 3-8 に示す。

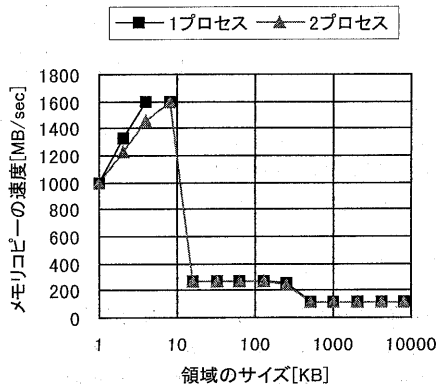


図 3-7メモリ I/O 性能(CPU1[基])

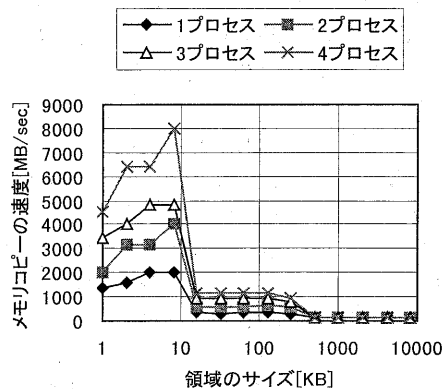


図 3-8メモリ I/O 性能(CPU4[基])

測定結果より次の事が言える。

- 領域のサイズが小さいときは CPU の 1 次 / 2 次キャッシュが有効に利用されるため、転送速度が非常に速くなっている。またキャッシュは CPU 毎にあるため、複数の CPU を使用することで更に転送速度が向上する。
- 領域サイズが 512[KB] (領域が 2 つあるので実際は 1[MB]) 以上になると 1 次 / 2 次キャッシュの影響がほとんど無くなり、転送速度が一定になる。またその時プロセス数を変更しても性能は変わらない。

コンテンツの配送処理においては、コンテンツそのものを格納するメモリの内容は常に変化する。従ってその場合のメモリコピー処理を想定すると、実際には 1 次 / 2 次キャッシュの効果はほとんど得られないと考えられる。

1 次 / 2 次キャッシュの効果を得られない場合のメモリコピー性能は CPU1 基の場合 110[MB/sec]で、CPU4 基の場合 138[MB/sec]だった。コンテンツの配送に 3 回のメモリコピーが発生すると考えると、それぞれ 37[MB/sec](= 296[Mbps]), 46[MB/sec](= 368[Mbps])が性能の上限と思われる。

#### 3.4. 総合的なコンテンツ配信性能評価

図 3-9 の様にネットワークを構成し、MPEG-2 コンテンツの配信実験を行った。サーバ PC、クライアント PC は次の構成とした。

- サーバ PC  
Linux を使用し、samba によるファイルサ

サーバを構築。RAID0 のディスク上に複数の MPEG-2(CBR 6[Mbps])コンテンツ(LAN1 用) および、サイズ 200[MB]の複数のダミーファイル(LAN2~8 用)を用意。

- クライアント PC(LAN1)  
Windows 95 を使用。MPEG-2 デコーダカードを装備し、OS 付属の MediaPalyer で、MPEG-2 コンテンツをリピート再生。各クライアント PC は異なるコンテンツを再生する。
- クライアント PC(LAN2~8)  
Windows 95 を使用。MPEG-2 デコーダカード無し。ダミーファイルを無限に読み込む。各クライアントは異なるファイルを読み込む。また全クライアント PC は 100BASE-TX の NIC を使用した。

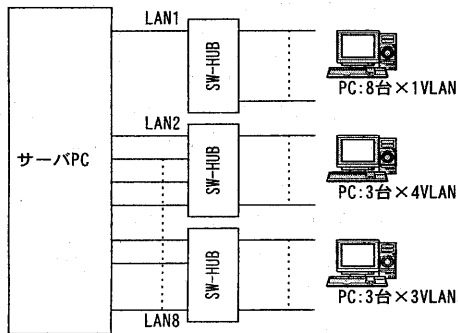


図 3-9 ネットワーク構成

以上の構成で LAN1 の全 PC 及び他の PC の一部を動作させ、クライアント PC 数が変化した場合の MPEG-2 コンテンツの再生状況を確認した。その結果 LAN1 のクライアント PC が 8 台、他のクライアント PC が 14 台の計 22 台のときまで、コマ落ちなどの問題がまったく無く正常にコンテンツ再生が行えることを確認した。またこの時 LAN1 の各クライアント PC のコンテンツ読み出し速度が一定であることも確認した。なお、LAN1 以外のクライアント PC は単純にファイルをコピーするため、ファイル読み出し速度には時間的なばらつきがあった。全クライアント PC に MPEG-2 デコーダカードを搭載し一定速度でコンテンツを読み込むよう構成した場合、対応可能なクライアント PC 数は増加すると考えられる。

#### 4. まとめ

PC ベースのコンテンツサーバを設計・構築し評価実験を行い、次の結果が得られた。

- netperf 性能評価より、NIC 自体は 100BASE-TX の限界に近い性能を引き出せたが、今回の環境においては 400[Mbps]以上の性能を引き出すことは出来なかった。
- netperf 性能と比較すると ftp/samba 性能は低く、総合的な評価において ftp/samba が性能の上限を決めていると考えられる。
- Linux の Software RAID 機能(RAID0)を使用することにより 6 台の HD で、U2W SCSI バスの限界に近い十分なディスク I/O 性能が得られた。
- 本評価ではメモリ I/O がボトルネックであるとは言えないが、コンテンツのコピー以外にもメモリアクセスが発生することや、ネットワーク性能・ディスク性能とのバランスを考えると十分に高速とは言えず、より高速なメモリを使用することにより性能向上の可能性があると言える。
- 総合的な評価より、CPU 1 基の場合において MPEG-2(CBR 6[Mbps])コンテンツを 22 クライアントに同時配信可能であると考えられる。また、samba 性能は CPU 数を 1 基から 4 基に増加することで 3 割程度の性能向上が得られたので、総合評価においても CPU 数を 4 基とすることで、同程度の性能向上が期待できる。

#### 謝辞

本研究の一部は、通信・放送機構の平成 10 年度新規事業創出型研究開発制度を受けて行っています。また、本研究を進めるにあたり、ご協力していただいた関係各位並びに富山地域 IX 研究会の皆様には感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 河崎,中川,小杉,木村,米田,安宅,黒田: "地域 IX 構築及びアプリケーションインフラ技術の研究", 通信・放送機構 平成 11 年度研究発表会 予稿集, Jun, 1999.
- [2] <http://www.netperf.org>
- [3] <http://www.samba.org>