

特殊再生機能を持つ小規模ビデオサーバ Clavius の試作

山口智久 峯村治実

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

イントラネットの急速な普及に伴い、企業内／構内の通常のネットワーク上でのビデオデータを用いたマルチメディアアプリケーションのニーズが高まってきている。ところが、通常ネットワーク上では帯域が保証されておらず、また帯域自体も狭いため、専用ネットワークではない通常の LAN 上で MPEG 等の高ビットレートのビデオデータを配信すると、「安定した配信ができない」、「ネットワークの他のトラフィックに悪影響を及ぼす」といった問題がある。このため、ビデオデータの転送レートを落として配信する LBR(Low Bit Rate)の技術が最近、注目を集めている。我々は、サーバ側で配信するビデオデータの転送量を動的に減らすことにより LBR 機能を実現するとともに早送りなどの機能をサポートするビデオサーバ Clavius を試作した。

A Prototype of Clavius, a Video Server with Trick Play Functions

Tomohisa YAMAGUCHI, Harumi MINEMURA

Information Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corporation

With the rapid spread of Intranet, needs of video on Ethernet LAN in the office environment are increasing. But, because of the high transfer rate of MPEG1, 1.5Mbps, there are problems that the QoS of the video delivery is not guaranteed and that the video stream causes bad effects on other traffic, when the video data is transferred on Ethernet LAN. To solve these problems, we implemented LBR and trick-play functions on a video server, Clavius, which we developed.

1. はじめに

イントラネットの急速な普及に伴い、企業内／構内の通常のネットワーク上でのビデオデータを用いたマルチメディアアプリケーションのニーズが高まってきている。ところが、通常ネットワーク上では帯域が保証されておらず、また帯域自体も狭いため、専用ネットワークではない通常の LAN 上で MPEG 等の高ビットレートのビデオデータを配信すると、「安定した配信ができない」、「ネットワークの他のトラフィックに悪影響を及ぼす」といった問題がある。このため、ビデオデータの転送レートを落として配信する LBR(Low Bit Rate)の技術が最近、注目を集めている。我々は、サーバ側で配信するビデオデータの転送量を動的に減らすことにより LBR 機能を実現するとともに早送りなどの機能をサポートするビデオサーバ Clavius を試作した。本稿では Clavius の全体構成、ネットワークドライバなどの基本機能の実現方式、LBR および特殊再生機能の詳細と試作システムの配信性能

評価結果について述べる。

2. Clavius の全体構成

図1に Clavius の全体構成を示す。通常のオフィス環境での使用を想定し、サーバ、クライアントともハードウェアとしてはPCを用いており、サーバの OS として WindowsNT Server、クライアントの OS として Windows95 を採用した。対象とするネットワークは 10Mbps Ethernet、100Base-T、100VG Any LAN である。ネットワークプロトコルとしては、UDP/IP を用いた。標準プロトコルである UDP/IP を用いることにより、ルータを介して接続された企業内ネットワーク(イントラネット)でのビデオデータ配信を可能にしている。

LBR 機能は、サーバでビデオファイルを読み出してクライアントに転送する際に、動的にデータ量を減らすことによって実現している。また LBR モードの ON/OFF はクライアント側で実行できる。また Clavius ではサーバとクライアントが連携すること

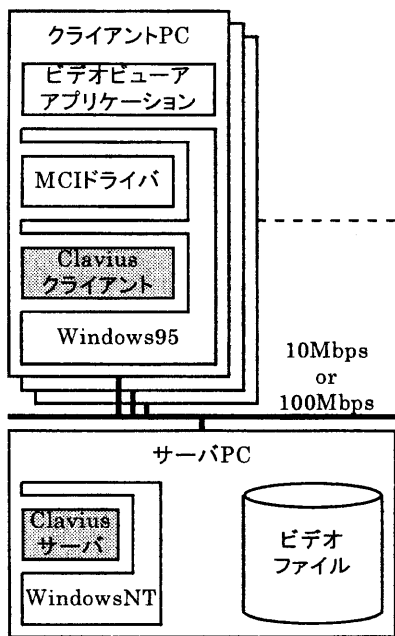


図1 Clavius の全体構成

により、早送りなどの特殊再生もサポートしている。

2.1 サーバ実現方式

Clavius サーバは、WindowsNTのサーバ・リダイレクタと同等の位置づけにある特殊ファイルシステムドライバとして実現した。図2に Clavius サーバのソフトウェア構成を示す。

Clavius サーバは大きく2つのモジュールから構成されている。1つはユーザモードで動作し、ドライバを管理する管理モジュール、もう1つはカーネルモードで動作し、サーバ機能本体を実現するカーネルモードドライバである。

2.1.1 管理モジュール

管理モジュールは、ユーザモードアプリケーションの実行ファイル(exe ファイル)であり、以下の処理を行う。

- (1) サーバ機能本体(カーネルモードドライバ)の起動
- (2) ポート番号、IP アドレスなどネットワークリソースの取得およびサーバ機能本体への通知
- (3) サーバ機能本体の停止

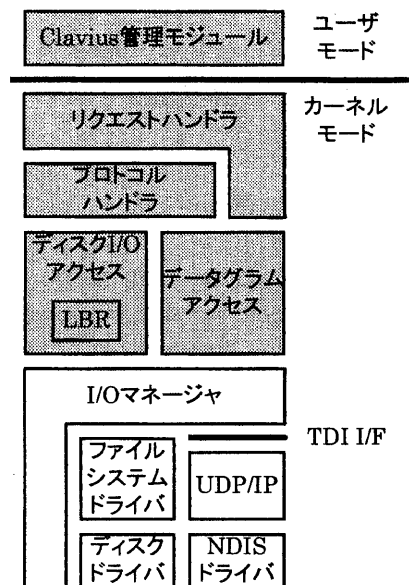


図2 Clavius サーバの S/W 構成

2.1.2 カーネルモードドライバ

カーネルモードドライバは、サーバ機能本体であり、クライアントからのビデオデータ要求に応じてデータの配信を行う。以下の4つのモジュールから構成されている。

(1) Request Handler

クライアントからの要求の受付処理(キューイング)を行う。

(2) Protocol Handler

クライアントーサーバ間プロトコル(Open、Read、Close 等のコマンド)を解釈し、それぞれの処理を行う。

(3) Disk I/O Access

I/O マネージャを経由して、ビデオファイルのアクセスを行う。

(4) Datagram Access

I/O マネージャを経由して TDI I/F により UDP/IP にアクセスする。

2.1.3 LBR

LBR 処理部は図2に示すようにカーネルモードドライバの Disk I/O Access 中にある。LBR 処理では LBR モードが ON の場合、I/O マネージャを経

由して、取り出したビデオデータのデータ量を動的に減らす。詳細については次節で説明する。

2.2 クライアント実現方式

図3にクライアントのソフトウェア構成を示す。

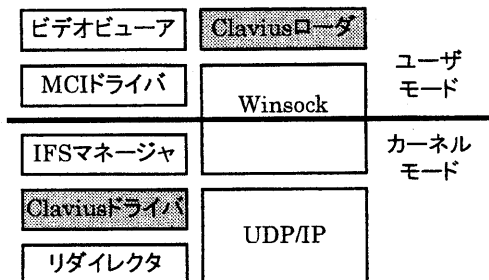


図3 Clavius クライアントの S/W 構成

Clavius クライアントは、次の2つのモジュールから構成される。

(1) Clavius ドライバ

MCIドライバからビデオファイルへのI/O要求をフックし、Clavius サーバへのコマンドに変換して発行する。仮想デバイスドライバ(VxD)として実現してある。

(2) Clavius ローダ

Clavius ドライバのロードおよび Winsock によるネットワークアクセス制御を行うユーザーモードアプリケーションである。

3. LBR 実現方式

Clavius での LBR 処理は MPEG1 システムを対象にした方式であり、基本的に以下に示す3つの処理から成っている。

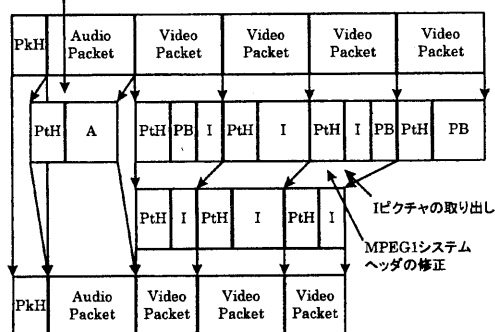
- (1) MPEG1 ビデオからの I ピクチャの取り出し
- (2) MPEG1 オーディオからの全オーディオデータの取り出し
- (3) MPEG1 システムのヘッダの修正

MPEG1 システムは複数のパックから成っている。また、このパックは各ヘッダとパケットから成っており、さらにこのパケットは各種ヘッダや MPEG1 ビデオ/MPEG1 オーディオから構成されている[2][3][4]。

図4に Clavius での LBR 処理の適用例を示す。

図4は MPEG1 システムにおける、ある1つのパックに注目した例である。図4に示したようにパックはパックヘッダとそれに続くいくつかのパケットからなっている。また、パケットはパケットヘッダとビデオ(MPEG1 ビデオ)やオーディオ(MPEG1 オーディオ)パケットからなっている。この例の場合でははじめのパケットはオーディオパケットで、その後には4つのビデオパケットが続いている。Clavius での LBR 処理をこのパックに適用した場合について説明する。まずパックヘッダ、オーディオパケットはそれぞれ変更なしで取り出す。次のビデオパケットは、図3から分かるように I ピクチャと P or B ピクチャとからなっている、I ピクチャ部分のみを取り出す。

MPEG1オーディオの取り出し



PkH: Pack Header PB: P or B Picture
PtH: Packet Header I: I Picture
A: MPEG1 Audio Data

図4 Clavius での LBR 処理の適用例

こうするとパケットのサイズが変更されるので、このパケットのパックヘッダの Packet length を変更する。次に2番目のビデオパケットの場合、このパケットはIピクチャのみからなっている、このパケットは変更なしで取り出す。次に3番目のビデオパケットでは1番目のビデオパケットと同様に I ピクチャの取り出しと、パケットヘッダの Packet length および PTS(再生用タイムスタンプ)、DTS(デコード用タイムスタンプ)の修正を行う。最後に4番目のパケットではIピクチャがないのでへ

ッダもデータも取り出さない。このようにして取り出した I ピクチャを再結合し LBR データの作成を行う。

ビデオのフレーム・レートに関しては本方式では I ピクチャのみを取り出すので、ビデオのソースにもよるが、通常 GOP が 0.5 秒程度であり、GOP 内に I ピクチャが 1 つあることから、約 2fps になる。

また LBR 再生に関しては、LBR 化されたビデオデータは MPEG1 のフォーマットに従っているので、標準的な MCI をサポートするビューアを使用して見ることができる。

4. 特殊再生

Clavius では LBR 再生以外に特殊再生として順／逆方向早送り、順／逆方向スロー、順／逆方向こま送りをサポートしている。また順方向早送り以外の特殊再生では専用のビューアを必要とする。

4.1 順方向早送り

順方向早送り処理は大きく分けて以下に示す3つの処理からなっている。

- (1) MPEG1 ビデオからの I ピクチャの取り出し
- (2) MPEG1 オーディオの削除
- (3) MPEG1 システムのヘッダの修正

これらの処理は LBR 処理とほぼ同様なものであり、異なる点としてはオーディオを削除することと、システムヘッダのタイムスタンプを早送り用に行なうことである。

4.2 逆方向早送りおよびスロー

これらの処理は MCI の SEEK コマンドと TIMER を併用することによって実現している。この処理では SEEK 位置から一番近い(後方向)Iピクチャを取り出して送るもので、クライアントは要求したデータサイズより少ないデータが送られてきた場合、この不足分をダミーデータに置き換えアプリケーションに渡している。こうすることによりネットワークに流すデータ量を減らすことができる。

4.3 順方向スローおよび順／逆方向こま送り

これらの処理は I ピクチャの取り出し処理は行わず、MCI の STEP コマンドと TIMER を使用するこ

とによって実現している。

5. 性能評価

5.1 基本配信性能の評価

サーバおよびクライアント4台、ネットワークとして 100BASE-T および 100VG AnyLAN という構成で、Clavius および Microsoft リダイレクタでのデータ転送速度とサーバ CPU 使用率の測定を行った。構成を図5に示す。

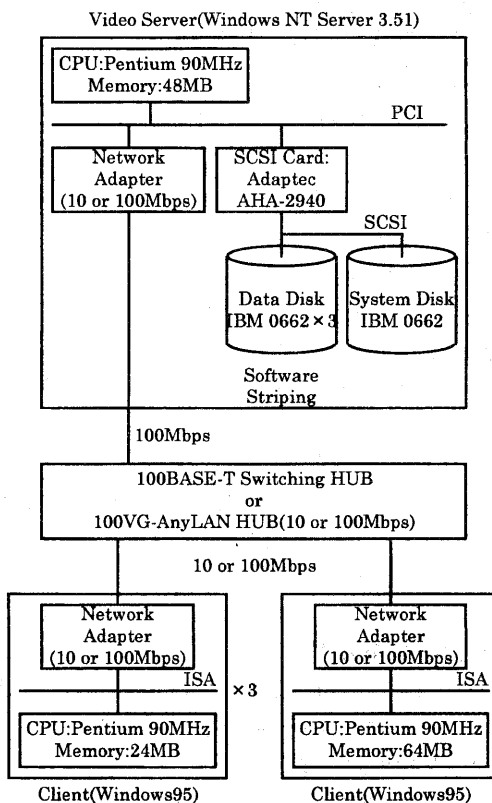


図5 Clavius の基本配信性能測定構成

図5に示すようにクライアント側のネットワークの帯域は 100VGAnyLAN では 100Mbps であるが 100BASE-T では 10Mbps である。測定はクライアント上のデータ要求プログラムから Clavius および Microsoft リダイレクタにデータ要求を行い、サーバ・ストリーム数毎に CPU 使用率を測定することによって行った。100BASE-T による測定結果を図

6に、100VG AnyLAN による測定結果を図7に示す。図6、図7の実線が Clavius の送信レートに対する CPU 使用率であり、点線が Microsoft リダイレクタの送信レートに対する CPU 使用率の値である。

ほぼ同じ処理をしているとみられる Microsoft リダイレクタと比較すると、ビデオ配信数だけを見れば Clavius の性能が高くなっている。

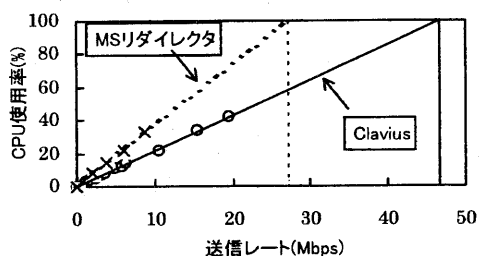


図6 100Base-T での測定結果

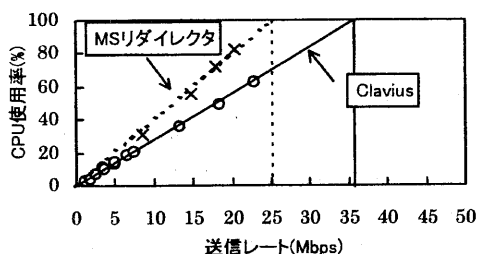


図7 100VG AnyLAN での測定結果

5.2 LBR の評価

図8に実際に4つのビデオに対して本方式を適用したときの各ビデオの転送レートを示す。ビデオAの通常の転送レートは2.5Mbpsと他のビデオに比べてかなり高いものであるが、I ピクチャの数は他のビデオと同程度なので LBR 再生の際にはかなり転送レートを抑えることができる。また他のビデオもほぼ1/3程度の転送レートに抑えることができる。なお各ビデオの解像度は352×240である。

図9～図12に各ビデオのストリーム数に対する CPU 使用率を示す。

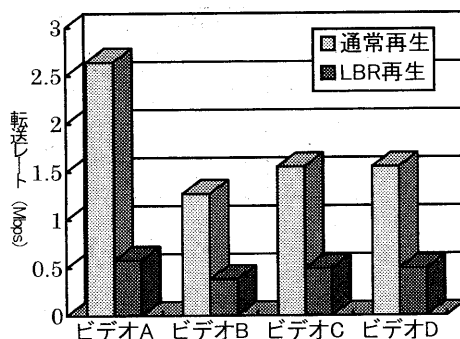


図8 各ビデオにおける転送レートの比較

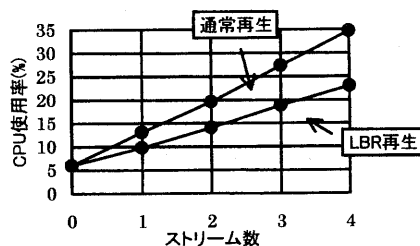


図9 ビデオ A の CPU 使用率の比較

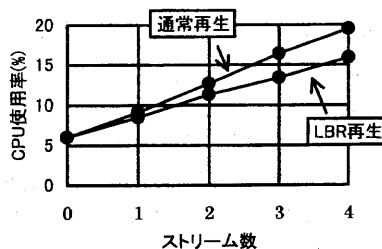


図10 ビデオ B の CPU 使用率の比較

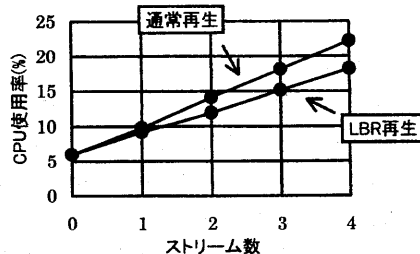


図11 ビデオ C の CPU 使用率の比較

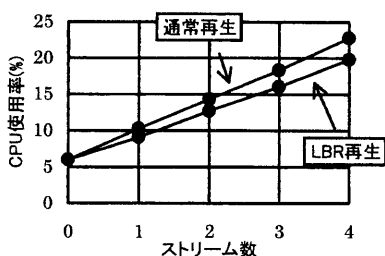


図12 ビデオDのCPU使用率の比較

図9～12より1ストリームを配信するために必要なCPUのリソースは通常データで配信するよりも、LBR データを配信した方が少ないことがわかる。これは LBR 処理にかかる CPU 使用率よりも、通常データと LBR データの差分のデータ転送を行うための CPU 使用率が大きいことを示している。また LBR 配信を行うことによりサーバの最大配信ストリーム数は多くなる。

本方式では通常再生と LBR 再生を瞬時に切り替えられるのでビデオAのような高帯域のビデオでも、ネットワークに十分な帯域があれば重要な部分だけ高品質な通常データを使用し、それ以外の部分は LBR データを使用するといった運用が可能である。

5.3 特殊再生の評価

特殊再生の評価として4つのビデオに対する順方向早送り再生時の転送レートを図13に、倍速度を図14にそれぞれ示す。この測定はクライアントの最大再生速度で再生した場合である。

図13、14より約5～9倍の早送りをしても、転送レートは最大のものでも約2倍であり、本方式の効果が確認できた。

6. おわりに

Clavius の全体構成、ネットワークドライバなどの基本機能の実現方式、LBR および特殊再生機能と試作システムの配信性能評価結果について述べた。Clavius は、イントラネット内でのビデオサーバとしては十分な性能を達成しているといえる。また LBR 機能によりネットワークの負荷が高いとき

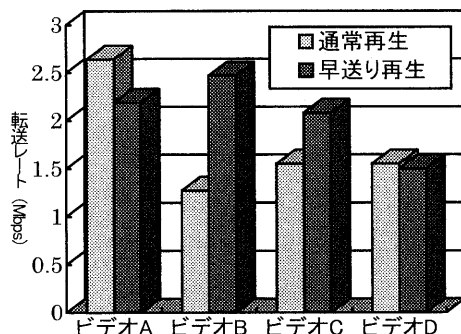


図13各ビデオにおける転送レートの比較

ビデオ	ビデオA	ビデオB	ビデオC	ビデオD
倍速度(倍)	5	8.9	7.8	6.2

図14 各ビデオにおける倍速度

でもビデオの表示を可能にしている。

参考文献

- [1] 峯村 治実他:特殊再生機能を持つビデオサーバ Clavius の基本方式、情報処理学会第53回全国大会
- [2] 山口 智久他:ビデオサーバ Clavius の LBR および特殊再生機能の実現方式、情報処理学会第53回全国大会
- [3] ISO/IEC 11172-1/2/3:
“Information technology-Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s”、INTERNATIONAL STANDARD、1993
- [4] 藤原 洋:『最新 MPEG 教科書』、アスキー、1994
- [5] 安田 浩:『MPEG/マルチメディア符号化の国際標準』、丸善、1994