

ビデオオンデマンドサーバの基本モデルの開発

柴田 巧一 浅井 光男 佐藤 未来子 井川 勝 金 允起 滝安 美弘

(株)日立製作所 中央研究所

〒185 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280

ビデオオンデマンドサーバの基本モデルを開発したのでその仕様と測定結果を報告する。この試作サーバは2Mbit/s程度の圧縮画像を同時に4チャンネル配送可能である。圧縮符号化された画像と音声は単一の3.5 inch SCSIディスクに格納される。ユーザ端末とサーバはFDDIネットワークで接続され、TCP/IP, UDP/IPプロトコルを用いて通信を行う。ユーザはサーバ上の映像を自由に選択可能で、ビデオテーププレーヤと同等の特殊再生が可能である。我々はさらに、将来のビデオオンデマンドシステムの構成、および拡張性を持つスイッチバス構造を持つサーバアーキテクチャを提案する。

A Primary Prototype of Video on Demand Server

Koichi Shibata Mitsuo Asai Mikiko Satoh Masaru Igawa Yunnghee Kim Yoshihiro Takiyasu

HITACHI, Ltd. Central Research Laboratory

1-280 Higashi-koigakubo Kokubunji-shi, Tokyo 185, Japan

We have developed a primary prototype of Video on Demand Server. This prototype system have four simultaneous random access capability. Compressed audio data and video data are stored into single 3.5 inch SCSI disk drive. User terminal and the Server are connected by TCP/IP and UDP/IP on FDDI. Users can select and view programs(movies, news, etc.) independently from another user. And some VCR-like trick-plays (FF,REW,PAUSE,etc.) are available via network. We also proposed the scalable switch-bus architecture. It has extendibility for supplying video streams number and storage capacity.

1. まえがき

ビデオオンデマンドサーバの基本モデルを開発したので報告する。本報告においてビデオオンデマンドサーバとは、双方向型のいわゆるインタラクティブテレビシステムにおいて、映像を蓄積し配送するサーバ装置を示す。ビデオオンデマンドと呼ばれるサービスは各種存在しているが、本報告では、単にユーザが見たい映像を選択可能というだけでなく、見たい映像を見たい方法で見たい時(秒単位)に、他のユーザから独立に視聴できるサービスをビデオオンデマンドと定義する。このような完全対話的(Full Interactive)な映像サービスを実現するためには、映像を配送する装置として、ビデオオンデマンドサーバと呼ばれる装置が必要である。

我々は、磁気ディスクに圧縮符号化された映像音声を大量に蓄積し、それをユーザ端末からの求めに応じて、デジタルネットワークを介してユーザ端末に配送するビデオオンデマンドサーバ装置(以降VODサーバ)の基本的な試作モデルを開発した。

さらに、将来の双方向CATVシステムに適したシステム全体の構成、ユーザ数や映像の蓄積容量が拡張容易な、スイッチバス構造をもつVODサーバを提案する。

2. 対話型映像配送システム

図1にここで検討する対話型映像配送サービスのシステムのモデルを示す。ユーザやサービス提供者

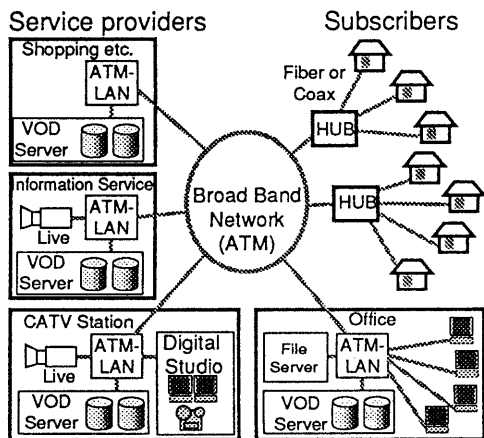


図1 システムのモデル

は分散して存在し、互いにネットワークで結ばれると考えられる。サービスの形態としては例えば、映画配送、ビデオショッピング、ニュース映像サービス等が考えられる。それぞれのサービス提供者は、そのサービス内容を格納したVODサーバを一台以上持ちサービスを分配する。一部のサービス提供者は、編集装置や映像入力装置も持つ。ユーザはサービス提供者も任意に選択することになる。ユーザは映像を受け取るのみでなく、映像選択や様々な特殊再生機能等の要求(デマンド)を、ネットワークを介してVODサーバに送信する。VODサーバはデマンドを受け取ると、瞬時にユーザの要求した映像を配送する。企業等のユーザの中には、内部にVODサーバを用意し、企業内で映像メール等の情報システムを構築することも考えられる。

3. VODサーバの基本構成

3.1 VODサーバの機器構成

VODサーバの基本的な役割は、ネットワークを通じて、ユーザのデマンドを受け取り、要求に応じて蓄積装置内のデータをネットワークを通じてユーザ端末に送り返すことである。つまり処理内容は既存のコンピュータファイルサーバと同じである。蓄積装置についても、必要とされる蓄積容量が非常に大きいことと、少しでもアクセスタイムが早い方が望ましいことから、現状では磁気ディスク装置が最も有利であると考えられる。従ってVODサーバの機器構成はほぼ通常のコンピュータと同等で、構成の主な相違点は蓄積容量とネットワーク装置の帯域幅であると考えられる。

3.2 VODサーバとファイルサーバの相違点

性能の観点から見るとファイルサーバとは相違点がある。その主な点は扱うデータが非常に大きいことと、時間的に連続した情報である(Continuous Media)ということである。

選択した映像の全データを一度に端末に送り(ダウンロード)後で再生する方法は、映像やニュースのように扱うデータが非常に大きい場合には、ユーザ端末の側に非常に大きな蓄積装置を必要とすること、映像の複写を許すことに関する著作権上の問題、ユーザの要求から再生までの応答時間が長くなること、等から実用的でない。

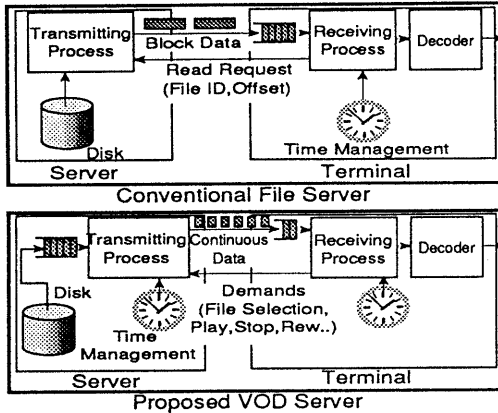


図2 通常のファイルサーバと提案するVODサーバ

また時間的に連続したデータであることから、配送中のデータの途切れや配送速度の極端な変動は許されない。つまり配送時刻の正確な管理が必要とされる。

ファイルサーバと提案するVODサーバの相違点を図2に示す。通常のファイルサーバでは、ユーザ側から、必要とするデータのファイル名や読み出し位置、長さ等をサーバに送り、サーバはその場所を蓄積装置から読み出してユーザ側に送り返す。これに対し提案するVODサーバでは、ユーザ側からは希望の映像の識別子と再生方法を送り、VODサーバは配送時刻を正確に管理しながら映像データを送り返す。ユーザ端末では送り返された映像データをすぐに復号し表示再生する。この方式の利点は、

- (1) ディスクのアクセスや、ネットワークの配送が、サーバ側において予測可能であるため、タスクスケジューリングが容易であり、配送可能チャンネル数を増加できる。さらに配送品質(QoS)の確保が容易となる。
- (2) データの送信が連続的で、バースト的でないため、ユーザ端末側のバッファの容量を小さくすることができ、コスト面と伝送遅延時間で有利となる。またATMにおいてはセル廃棄の確率が下がる。
- (3) 時間管理がサーバ側で可能であるため、特殊再生機能の実現が簡単である。等がある。

3.3 VODサーバ実現にむけた課題

上記提案方式の実現にあたって以下の課題があ

る。

- (1) マルチメディア通信プロトコル
- (2) リアルタイムタスクスケジューリング
- (3) マルチメディア格納フォーマット
- (4) 高効率、高応答ディスクアクセス方式

このうち(3),(4)について、一つの解決方式を提案し、これを実証するためにVODサーバの基本的なモデルを開発した。(1),(2)の課題を含めてVODサーバの構成を第5章で提案する。

3.4 ディスクアクセス方式

ディスクアクセス方式に要求される項目は以下の通りである。

- (1) 高スループット
- (2) 高速レスポンス
- (3) ランダムアクセス性

これらは特に映像音声に限った場合の要求ではないが、映像音声特有の特徴を考慮および利用した特殊なアクセス方式を採用することにより、これらの要求に応える。映像音声データの大きな特徴は時間的な連続性と大容量性である。

(1)の高スループットを得るのに有効なのは、物理的な連続領域への格納と、アクセス単位の拡大である。ディスクのアクセススループットに大きな影響を与えているのはシークタイムによるオーバーヘッドである。一般的なディスクのスループットの特性を図3に示す。ここに示されるように、アクセスするデータの単位によってスループットは大きく変動する。この大きな原因もヘッドシークによるオーバーヘッドである。一般的なデータのアクセスでは

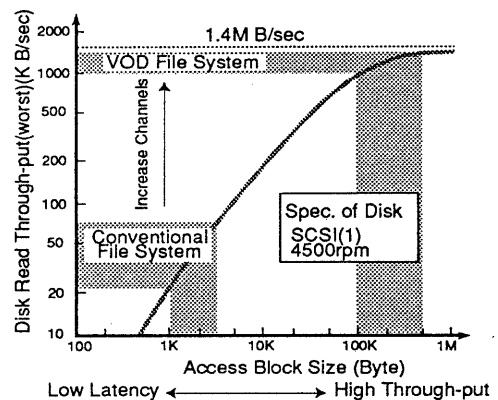


図3 ディスクのスループット特性

アクセス単位が数kByte程度と小さいため、ディスク本来のスループットを得ていない。一方映像音声データは量が大きくアクセスが連続的であるため、アクセス単位を大きくすることが可能である。例えば100kByte~1MByteの単位でアクセスすると最高スループットに近い性能を得ることができる。

しかしアクセス単位が大きくなると、一度のアクセスに必要な時間が長くなる。このためVODサーバの場合のように特に数多くのプロセスからアクセス要求がある場合、それぞれのプロセスがアクセス可能となる時間間隔は長くなる。これは特殊再生要求等に対するレスポンスの低下を意味する。つまり(1)の要求と(2)の高速レスポンスの要求を両立することは容易ではない。従ってこれらの要求を両立するディスクアクセスのストラテジーが非常に重要であり、この方式によっては同時に配送可能なチャンネル数に大きな違いが生じる。

定常的な状態におけるディスクアクセスタスクと

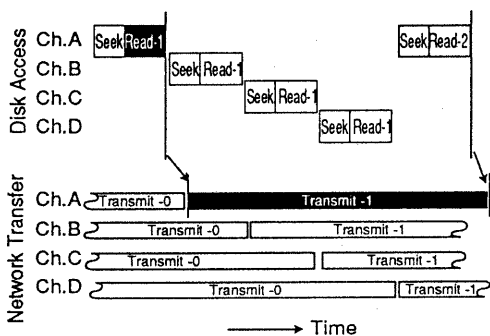


図4 各タスクのタイムチャート

- ◇ Low Access Overhead (seek-time)
 - Recording to continuous area
- ◇ Random Accessibility
 - Frame Index Table

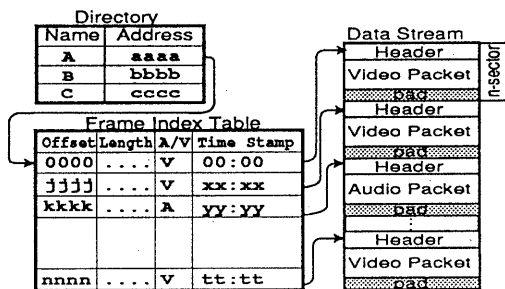


図5 提案する格納方式の模式図

ネットワークへの送出タスクとの関係を表すタイムチャートのモデルを図4に示す。各チャンネルのプロセスはディスクからの読み出し後、読み出したデータを分散して送出する。これを複数のチャンネル多重する。この方式により、ネットワークへの配送と独立にディスクアクセス単位を大きくすることが可能となり、アクセスの順番およびアクセス量を状況に応じて変化させてレスポンスを向上することも可能となる。

3.5 格納フォーマット

格納フォーマットに要求される特徴もディスクアクセス方式と同じである。スループット確保のため一つの映像はなるべく連続領域に格納する。特に考慮しなければならないのはランダムアクセス性である。希望の箇所が余分なディスクアクセス無しに呼び出せることが望ましい。単純な連続ファイル形式では、希望の箇所が見つかるまでシークしなければならないため、大きな映像では事実上不可能である。従って何らかの索引領域を設け、希望の箇所がディスク上のどの物理位置にあるか瞬時にわかる形式が適している^[1]。

図5に提案する格納方式の模式図を示す。映像音声本体はバケット化して連続領域に格納する。これと別の領域に該当フレームがどの箇所にあるかを示す表を作成する。表はファイルのオープン時にメモリに読み込まれ、ファイルのクローズまでメモリ上に常駐させる。この形式により希望の箇所がディスク上のどの位置にあるか余分なディスクアクセス無く瞬時に計算可能となる。

4 基本モデルの開発

4.1 構成

提案方式の有効性を確認するため、VODサーバの基本モデルを開発した。図6に実験システムの構成を示す。

サーバは制御用マイクロコンピュータ上にリアルタイムOSを搭載し、SCSIインターフェースを介してディスク装置を接続する。またFDDIネットワークインターフェースを接続する。ユーザ端末であるクライアントは、サーバと同等の制御用マイクロコンピュータに、ディスクを接続しない代わりに映像音声の各デコーダを接続する。サーバのディスクに

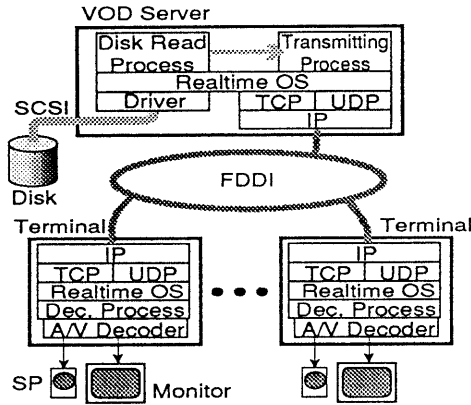


図6 実験システムの構成

圧縮符号化された映像音声を格納しておき、FDDIネットワークを介してクライアント端末に送信する。クライアントはデータを受け取るとそれらを復号し表示再生する。ユーザの要求はクライアントから、ネットワークを介してサーバに送信される。映像音声の通信にはUDP/IP,ユーザの要求等の制御信号の通信にはTCP/IPプロトコルを利用する。図7に本装置の写真を示す。

4.2 仕様および性能

表1に本基本モデルの主な仕様を示す。映像圧縮符号化方式には、ITUのH.261に変更を加えたものを使用し、平均符号速度は約2Mbit/Sの可変ビットレートである。同時に4チャンネルの映像を送信可能である。配送チャンネル数を制限しているのはディスク装置のアクセス速度と、ネットワークのプロトコル処理部分である。

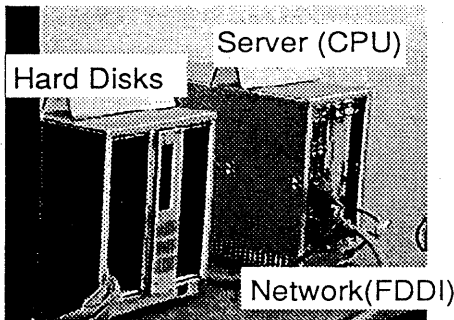


図7 本装置の外観

表1 試作装置の仕様

- Multi-user Capability
Simultaneous Access : 4 Users
- Total Through-put : 7.7 M bit/sec
- Coding Algorithm Video : Modified H.261 (-2 M bit/sec)
Audio : 44 k Sample/sec PCM
- Network : FDDI (100 M bit/sec)
- Protocol Video/Audio : UDP/IP
other : TCP/IP
- Storage Capacity : 1.6 Hours(1.8 G Byte)
- Special Functions : Pause, Slow, FF, Rew
Reverse, Index Jump

図8にユーザ端末のメニュー画面、図9に操作画面を示す。ユーザは階層的な視覚的メニューにより映像を選択可能であり、またビデオテーププレーヤーと同様に早送り,巻き戻し,静止等の特殊再生が可能である。操作の応答性は他のビデオ機器と比較しても、かなり高くなっており、映像選択に2秒程度、特殊再生は0.5秒以内の応答速度である。

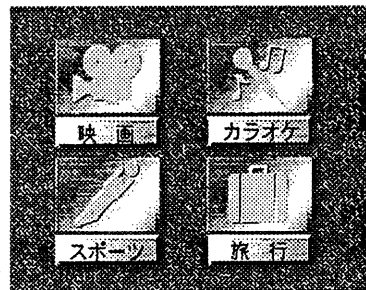


図8 ユーザ端末のメニュー画面例



図9 ユーザ端末の映像操作画面例

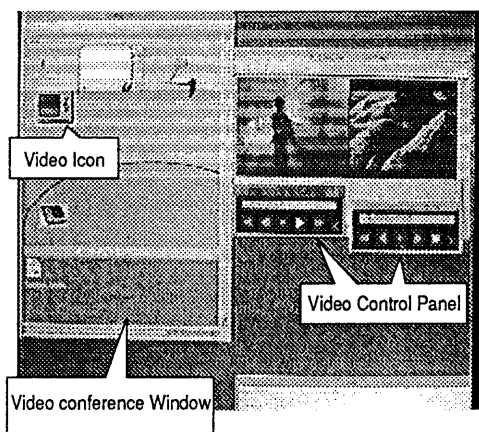


図10 会議システムへの応用

図10にワークステーション上での会議システム⁽²⁾への応用例を示す。映像会議中の議事録機能や、プレゼンテーションに使用可能である。

5 VODサーバアーキテクチャの提案

5.1 要求事項

一つの配送センタから10,000端末へ同時配送しようとする場合、上記の課題に加えて同時アクセス可能ユーザ数の増大と映像蓄積容量の増大が必要である。

これを一台の装置で実現使用とすると、数十TBytesの容量を有する数Gbyte/sのアクセス速度の映像蓄積装置、数Gbit/sの速度のネットワークインターフェース、数百GIPSのCPU能力が必要となり、現状では不可能である。そこで何らかの並列処理的なアプローチが必要となる。VODサーバの場合各プロセス間の通信はあまり頻繁でなく、並列性が高いので、並列処理には向いている。

ネットワークは通信の総容量が非常に大きく、それぞれの通信チャンネルは通信容量があらかじめ確保されることが望ましい。また業界の標準的なネットワークと継ぎ目なく接続可能であるのが望ましい。従ってATMを基本としたネットワークが妥当と考えられる。以上の点からATMスイッチをスイッチバスとした構造による、並列化サーバシステムのアーキテクチャを提案する。

5.2 構成および機能

図11に提案するスイッチバスアーキテクチャを持つVODサーバのモデルを示す。映像蓄積装置、配送処理用CPU、ネットワークインターフェースを一組としたサーバユニットを単位とし、ATMスイッチをバスとして複数のサーバユニットを接続する。各サーバユニットの蓄積装置には、転送速度20MByte/s程度、容量10GBytes~30GBytesのディスクアレイ装置を使用する。配送処理用のCPUには100~300MIPS程度のRISC型CPUを使用し、ネットワークインターフェースには156Mbit/sのATMインターフェースを使用する。これら単体の部品は1.5Mbit/sの映像音声に換算して50~100チャンネルの配送が可能である。これらは現状でも低コストで容易に実現可能であり、近い将来には数倍から十倍の性能向上も期待される。

このサーバユニットをATMスイッチにN台接続することにより、同時配送チャンネルと蓄積容量をN倍にする。並列化の限界はATMスイッチの容量で制限されるのみである。現状では10Gbit/sec程度のATMスイッチは比較的实现容易であるため、このスイッチを用いれば1.5Mbit/sの映像音声に換算して約6,000の同時配送チャンネルに配送可能である。このときのサーバユニット数は100台程度となる。

映像音声データは、どれか一台あるいは数台のサーバユニットにコピーして配置される。アクセスが集中する人気データほど多くのサーバユニットに配置する。複数のディスクに時間的にストライピングして配置する方式も提案されているが、この方式ではユーザがランダムにアクセスした場合、確率的

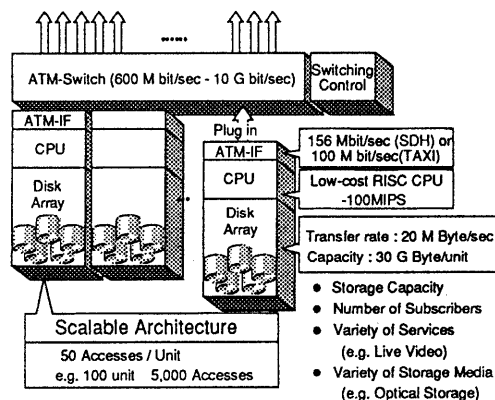


図11 提案するスイッチバス型VODサーバ

に発生するアクセスの集中を回避できない。これに対し本提案方式は、コピーを作ることによる蓄積容量の無駄があるものの、ユーザがどのようにランダムにアクセスした場合でも、あるディスクに対する同時のアクセス数は限定されるため、レスポンスを確保することができる。またアクセスが集中する映像は全体の数%と考えられるため、それらについてコピーを作っても全体の容量増加はそれほど大きくはならないとみられる。

データのサーバユニット間のコピーは、アクセスが集中し始めて限界に近づいた時に、自動的に残された能力を使用して行う。コピー先は自動的に能力と蓄積容量に余裕のあるユニットが選択される。逆にアクセス回数が減った場合には、最後のコピーを残して消去される。この機構によりサーバユニット間の適正な負荷分散が行われる。アクセスの極めて希少なデータは、ネットワークを通じて別のサーバから代行サービスを行わせることも可能である。

一台のサーバユニットの蓄積容量は、ほぼそのユニットの同時配送チャンネル数と等しい数の映像プログラム数に匹敵する容量が妥当である。これより多い容量を持っていても、同時アクセス数が不足し映像にアクセスできない事態が発生する。逆に少ない場合は、アクセスが無く休止するサーバユニットが増加する。

5.3 ネットワーク構成

図1に示すように物理的なネットワーク構成はTransport Network と Access Networkの2層構成が予想される。VODサーバを持ったサービス提供者のサービスセンタは、トラフィックが少なくなるように地域的に分散して配置され、それらの間はATM等の高速なデジタルネットワークで接続される。これによりユーザから見た場合のサーバの位置透過性が確保され、多くのサービスを、そのサービスを提供する装置の位置に関係なく受けることが可能となる。一方サービス提供側は、多くのユーザへのサービス提供が可能となり、センタ間のサービスの融通や、各地域のサービスセンタへの配給が容易になる。

一方ユーザ端末側までATMのネットワークが到達するまでにはまだ時間がかかると考えられ。それまでの間はCATVのような安価なネットワークでサービスを行う可能性もある。このためATMに完全に依存した通信方式を採用することができない^[2]。従っ

てユーザ端末に接続するアクセスネットワークと、HUBやGatewayと呼ばれる変換装置を前提として通信方式を考慮する必要がある。この問題点もある程度考慮してISOにおいてMPEG2-System (Transport Stream)が議論されている^[4]。従って現状ではこのMPEG2-Transport-Streamを利用して伝送するのが妥当だと考えられる。

これらのことを考慮して提案するVODサーバとユーザ端末間の通信プロトコルモデルを図12に示す。アクセス網が固定伝送速度であることを前提とすれば、変換器(HUB)とVODサーバとの間も固定伝送速度であるべきである。従って映像音声データはMPEG2-Transport-Streamの形式で、AAL(ATM Adaptation Layer)1の上にマッピングする。次にHUBにおいて通常のビットストリームに変換されてユーザ端末に送信される。VODサーバ間の通信や、VODサーバと他のコンピュータ間の通信には現状でも普及しているIPプロトコルをATMネットワークにマッピングする方式(LAN Emulation)^[5]が望ましいと考える。IPプロトコルを実装した一部のユーザ端末にも、(LAN Emulation)でサービスすることも可能であり、将来はInternetとの融合も期待される。

6 まとめ

ビデオオンデマンドサーバの基本モデルを開発した。映像メディアを磁気ディスクに格納し、多数の端末に向けて配信する場合に適した映像音声の格納フォーマットおよびアクセス方式を提案した。

提案方式の有効性を実証するために磁気ディスク装置とFDDIインターフェースを持ったマイクロコ

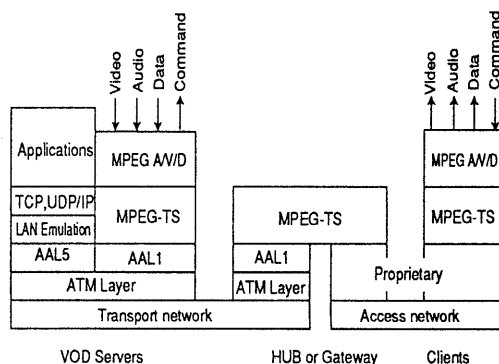


図12 通信プロトコルモデル

ンピュータに、VODサーバ制御ソフトウェアを試作
実装し、配送実験を行った。単体の磁気ディスクに
格納した2Mbit/sec程度の映像を4チャンネル同時に配
送し視聴する実験を行い、ほぼ満足な品質とユーザ
の操作に対する良好な応答性を得ることができた。

さらに多数の同時配送チャンネルを実現するVOD
サーバの一構成法として、スイッチバス構造を持っ
たスケーラブルアーキテクチャを提案した。映像の
通信方式としては、MPEG-Transport Streamを基本
とするプロトコルを提案する。

参考文献

- [1] 浅井,他,"映像メディアにおける映像格納方式
の検討",信学技報 IE94-13,pp.21-28,1994/05
- [2] 木下,他,"高速LANを用いた多地点協同作業支
援環境:GTWS",93秋信学全大D-137~D-140
- [3] A.MacInis,"MPEG Systems and ATM - Conver-
gence", The DAVIC Opening Forum,1994/6/1
- [4] ISO/IEC DIS 13818-1,
ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11
- [5] "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adapta-
tion Layer 5",RFC1483