

## HDTV-VODシステム

吉田 浩, 鷹取 功人, 大野 次彦, 下間 芳樹  
三菱電機 (株)

美術館, 博物館, 医療現場などでの高精細映像利用を可能にするためのシステムとして, HDTV用の映像をビデオサーバに蓄積し, 複数ユーザからの配信リクエストを同時に処理可能とするHDTV対応VODシステムを試作した. 本システムでは, HDTV用入力機器の映像から動画ファイルを生成する機能を持つエンコーディング装置, ビデオサーバ上の動画ファイルをHDTV用モニタ上に再生させる機能を持つデコーディング装置を開発し, それらの装置上でMPEG2 20Mbpsの広帯域動画ファイルの登録, 再生, 停止, ポーズなどの基本ストリーム制御を行うことによって, ATM-LAN, Fast Ethernet環境での広帯域動画配信を可能とした.

## HDTV-VOD System

Hiroshi Yoshida, Norihito Takatori, Tsugihiko Ohno, Yoshiaki Shimotsuma  
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

We developed the HDTV-VOD system which is able to use high quality video at Art museum, Museum, Medicine and so on. The system accumulate video files for HDTV and that can deal with plural transmit requests from users at same time. We developed Encoding apparatus which has the function to create video file, and Decoding apparatus which has the function to play video file. HDTV-VOD system, by these apparatuses and a video server, can stream controls of wide bandwidth video streams.

### 1. はじめに

美術館, 博物館, 医療現場などでの高精細映像利用を可能にするためのシステムとして, HDTV用の映像をビデオサーバに蓄積し, 複数ユーザからの配信リクエストを同時に処理可能とするHDTV対応VODシステムを試作した. 本システムでは, HDTVコーデック装置と接続するインターフェースをPC上に開発し, そこでMPEG2 20Mbpsの広帯域動画ファイルの登録, 再生, 停止, ポーズなどの基本ストリーム制御を行うことで, ATM-LAN, Fast Ethernet環境での広帯域動画配信を可能とした.

### 2. システム構成

HDTV-VODシステムは, 図 1に示す構成であり, HDTV用レーザーディスクプレーヤーやHDTV用VTRなどHDTV用再生機器の映像出力から動画ファイルを生成する機能を持つエンコーディング装置, ビデオサーバ上の動画ファイルをHDTVモニタ上に再生させる機能を持つデコーディング装置を開発し, HDTV映像のビデオサーバへの蓄積, ビデオサーバから複数映像の同時配信を可能とした.

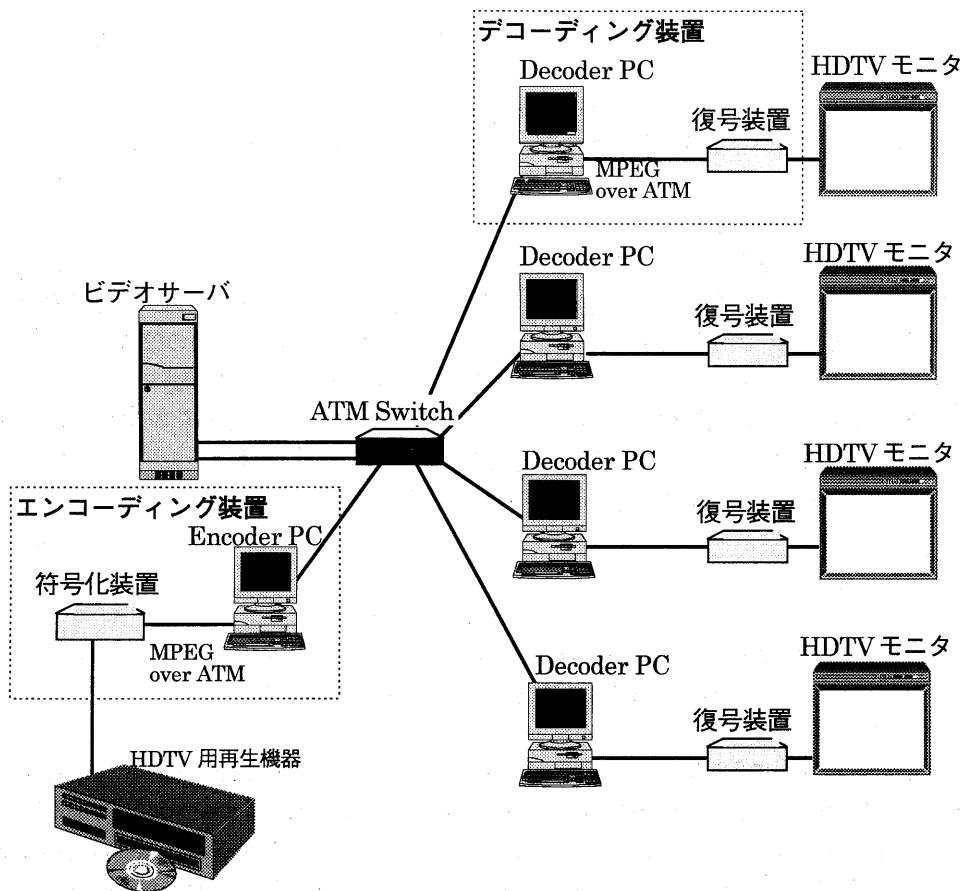


図 1 システム構成図

エンコーディング装置は符号化装置とEncoderPCから構成され、両者はATMにより接続される。符号化装置は入力されたHDTV映像をMPEG2-TSの形式でエンコードしてATMに送出する役割を果たし、EncoderPCは、符号化装置からのデータ受信をリアルタイムに行い、広帯域動画ファイルを生成してビデオサーバに蓄積する役割を果たす。

デコーディング装置は復号装置とDecoderPCから構成され、エンコーディング装置と同様にATMにより接続される。DecoderPCはビデオサーバ上に蓄積された広帯域動画データを読み出し、ビデオサーバからのデータ読み出しの揺らぎを吸収して復号装置に対してリアルタイムにデータを送信する役割を果たす。復号装置は受信したMPEG2-TS形式の広帯域動画データを復号してHDTV用モニタに再生する役割を果たす。

また、これらの装置を制御するEncoderPC、DecoderPC上のソフトウェアインターフェースとしてはMCIで実現しており、広帯域動画の登録、配信を制御するためのアプリケーションはこれらのPC上で容易に作成可能である。

### 3. 開発の課題

MPEG動画などを伝送するためのマルチメディア通信手段の一つとして、接続距離を長くでき、帯域保証などのQoSを持つATMがある。今回使用したHDTV用の符号化装置、復号装置もATMで接続され、標準化されているMPEG over ATMで動画の送受信を行う。MPEG over ATMによるデータ受信を行う復号装置は遅延変動を吸収するバッファをほとんど持つ必要がないため、これらの装置を利用してHDTV-VODシステムを構築するには以下の機能が必要となる。

- ① 符号化装置から送信される広帯域動画データをリアルタイムに受信してビデオサーバに蓄積する機能
  - ② ビデオサーバに蓄積した広帯域動画データをリアルタイムに復号装置に送信する機能
- これらの機能を満足するHDTV-VODシステムを構築するために、以下の課題があげられる。

#### (1) 符号化装置からのリアルタイムデータ受信

符号化装置とEncoderPCの間は、MPEG2-TSのデータがMPEG over ATMにて転送される。MPEG2のTSパケットは188バイトであるが、MPEG over ATMでは2つのTSパケットを1単位としてATM上で送信する。この376バイト単位でEncoderPC上では割り込みが発生するため、EncoderPCの制御によって広帯域動画データを蓄積する際には、20Mbpsの動画であれば、0.15msecに1回の割り込みが発生することになり、すべての割り込みをアプリケーションで処理することは困難である。

したがって、これらの割り込みによるデータ受信はカーネルモードでリアルタイムに行い、アプリケーションで処理可能な程度のまとまったデータにする必要がある。また、割り込みによるデータ受信処理とファイルへの蓄積処理は並列に実行する必要がある。

#### (2) 安定した広帯域動画配信の保証

ビデオサーバの配信はソフトウェアで揺らぎ制御されており、単位時間あたりの転送レートを保証するが、動画の復号に必要なデータをリアルタイムに配信するわけではない。また、20Mbpsの高速動画配信は、1秒あたりの再生に必要なデータ量が2.5Mバイトと大きく、このデータを本来符号化装置が送信するのと同様に、DecoderPCから復号装置へ一定間隔の少量なTSパケットとしてリアルタイムに送信する必要がある。

したがって、DecoderPCではビデオサーバによる配信の揺らぎの影響を吸収し、さらに復号装置への送信処理をリアルタイムに行うために、ビデオサーバからの読み込み処理が復号装置へのリアルタイムな送信処理に影響を与えないように制御しなければならない。

#### (3) システムの最適化を考慮した蓄積

MPEGデータは全画面データと差分画面のデータから構成され、少なくとも1つの全画面を含むグループ(GOP)が動画としての独立性を持つ再生可能な単位と定義され、GOPは通常約0.5秒程度を単位としている。しかし、符号化装置はATM接続が確立した時点より常にMPEGデータを送信するので、MPEGデータの蓄積開始のタイミングによってはGOPの途中からファイルが蓄積される場合がある。このように蓄積されたデータは再生時に先頭の部分が動画として再生できず、再生命令が実行されてから実際に動画としてモニタに表示されるまで、GOPの先頭から蓄積した場合に比べ最大0.5秒多く時間がかかり、これをデータ量に換算すると約1.25Mバイトのディスク容量を無駄に使用することになる。

1時間程度の長い映像ファイルを扱う場合は、同時に格納可能なファイルの数も少ないため問題とならない場合もあるが、数秒から数十秒程度のファイルを多数格納し、それらを好きな順番で連続的に再生する場合は、再生時間に対する再生の遅延が目立ち、ファイルを200本格納したとすると最大250Mバイトもの不要なデータがディスク上に格納されることになる。

したがって、このような不要なデータを蓄積しないように制御する必要がある。

#### 4. 課題の解決

##### (1) リアルタイム蓄積

図2は、EncoderPCのソフトウェア構成図である。今回開発したソフトウェアは、MPEG over ATMドライバおよび、ブリッジ制御ドライバである。MPEG over ATMドライバは、ATMボードから発生した割り込み処理を行い、TSパケットを任意の大きさにバッファリングする。ブリッジ制御ドライバはMPEG over ATMドライバからデータを受信し、ファイルに蓄積する処理を行う。

MPEG over ATMドライバはドライバのオープン時に受信専用のスレッドを作成し、ATMから割り込みにより受信されるデータを常にカーネル内の受信バッファに貯える。MPEG over ATMドライバのI/O APIは、ブリッジ制御ドライバからの受信要求に応じてこの受信バッファの中からデータを返す。ブリッジ制御ドライバは、MPEG over ATMドライバ

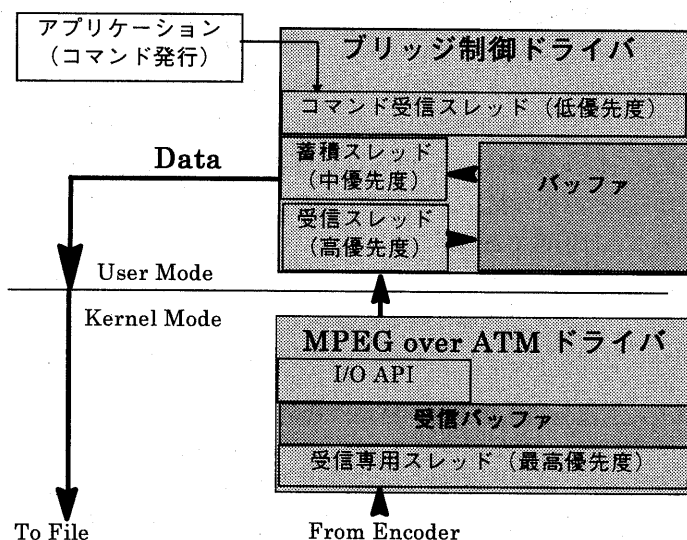


図2 EncoderPCのソフトウェア構成図

の受信バッファがオーバーフローしない周期でデータを取り出す。これらの動作を行うスレッドは、図2に示すように符号化装置に近いほど優先度が高い。これは、リアルタイム性を要求される受信処理を行うスレッドが他のスレッドの動作による影響を受けないようにするためである。コマンド受信スレッドは、蓄積処理に影響しないよう低い優先度とした。

この結果、符号化装置からリアルタイムに送信される20Mbpsの広帯域動画を蓄積することが可能となった。

##### (2) 広帯域動画のリアルタイム配信処理

DecoderPCのソフトウェア構成図を図3に示す。

ブリッジ制御ドライバは、読込スレッド、送信スレッド、コマンド受信スレッドで構成されており、コマンド受信スレッドだけは蓄積時と同じである。

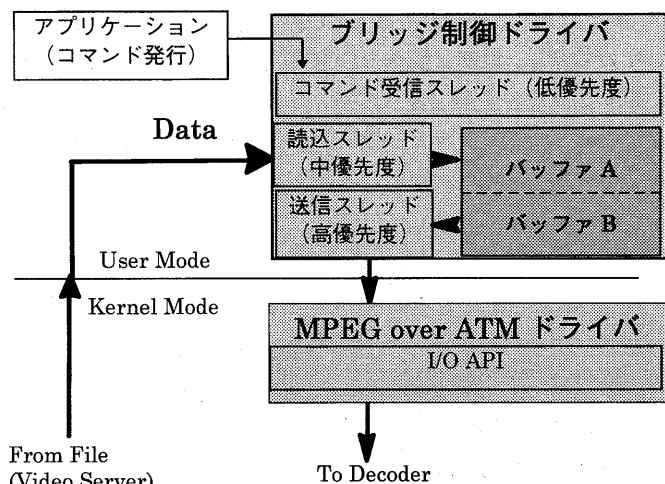


図3 DecoderPCのソフトウェア構成図

読込スレッドではビデオサーバ上のファイルからデータを読み出し、ブリッジ制御ドライバが持つバッファに格納する。バッファAへビデオサーバからのデータ読み込みが終了すると、読込スレッドはスレッド間同期によってバッファAがデータで満たされたことを送信スレッドに通知する。読込スレッドは続いてバッファBへのデータ読み込みを開始する。

送信スレッドは、MPEG over ATMドライバへ渡す送

信サイズにバッファを分割して連続して送信要求を行う。MPEG over ATMドライバは、送信要求を受けたバッファを更に分割してATMに対して連続して送信を行う。

まず、DecoderPCが復号装置に対して符号化装置と同様にリアルタイムなデータ送信を行うためには、送信スレッドがリアルタイムな送信処理を継続できる必要があり、送信スレッドの優先度を読込スレッドの優先度よりも高く設定した。

次に、送信スレッドは今のバッファの送信が完了するとデータで満たされている次のバッファを取得できる状態でなければならないため、読込スレッドは送信スレッドの処理が完了する以前にビデオサーバからのデータ読み込みを完了する必要がある。しかし、ビデオサーバには配信の揺らぎがあり、この揺らぎはビデオサーバの構成や1回に受信起動を行う受信サイズに対する受信時間として現れる。ビデオサーバの配信の揺らぎは、1回の受信起動でデータ読み込みの遅延が発生しても、複数回の受信起動を繰り返すことによりその遅延が相殺され、結果として単位時間当たりの転送レートを保証する仕組みになっている。したがって、ビデオサーバの構成や受信サイズによって受信時間がどのような特性を示すか把握し、最適な受信サイズを導き、その受信サイズで読み込みを行った場合に遅延が発生しない受信回数を検証し、受信サイズの受信回数倍をバッファサイズの最適解とすることで読み込み処理の最適解が得られる。

以上のように、各スレッドの優先度設定、受信サイズ、バッファサイズの最適化を行い、20MbpsのHDTV対応広帯域動画データをリアルタイムに送信することを可能とした。

### (3) データの整合処理

システム全体の最適化として、動画を蓄積する際には再生不可能なデータを蓄積せず、ファイルの内容がMPEGデータとしての整合性を保ちGOP単位となっている必要がある。このデータ整合処理は、リアルタイム受信処理に影響を与えない部分が適切であり、ブリッジ制御ドライバの蓄積スレッドで行うこととした。

蓄積開始がアプリケーションから指示されると、ブリッジ制御ドライバの受信スレッドはMPEG over ATMドライバの受信バッファのデータを受信し、ブリッジ制御ドライバの蓄積スレ

ッドは、図4に示すように、その時点でバッファ内に存在するGOPの先頭から蓄積を開始する。GOPの先頭がバッファ内に存在しない場合は、最初に現れたGOPの先頭から蓄積を開始する。蓄積停止時は、停止要求から最初に現れたGOPの手前で停止する。このようにして、再生時に動画とならない不要なデータを蓄積しないようにファイルを作成することにより、再生時のレスポンス悪化を防ぐと同時に、システムのディスク容量を効率的に使用する。

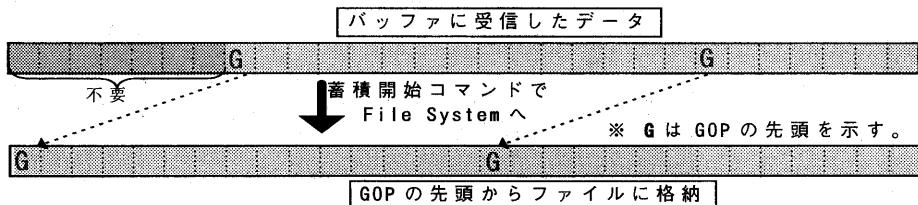


図4 登録データの整合処理

## 5. まとめ

これまでの開発の成果としては、HDTV対応の登録として、MPEG2 20Mbpsの映像をリアルタイム登録することを可能とした。

HDTV対応映像の配信については、MPEG2 20Mbps映像を4ストリームまで同時に配信することができた。また、映像の再生、停止、ポーズなどの基本的なストリーム制御に関してMCI インターフェースで実現し、これにより、PC標準のメディアプレーヤーで20Mbpsの広帯域動画を制御することができた。

今後は、システム性能の更なる向上として、同時配信性能の向上に取り組んでいく。また、同時に複数映像の再生ができるだけでなく、複数の映像を1つのストリームとして多重化して送信可能とすべく、1ストリームの帯域幅を40Mbps、60Mbpsと向上させる性能向上も検討している。

さらに、機能拡充という観点からは、予め決めた順番で動画の全部または一部を連続して再生するスケジューリング再生や、再生時の早送り・スロー再生といったトリックプレイにも取り組んでいきたいと考えている。

## 6. 参考文献

西田幸博、水野修、中須英輔、大塚吉道、湯山一郎

「MPEG-2 MP@HL準拠HDTVコーデックの開発とその符号化画質」

映像情報メディア学会技術報告 Vol.21, No.30, pp.31-36

BCS'97-22, BFO'97-37 (May, 1997)