

超高品質メディアの 高速IP転送技術報告

勝本 道哲

郵政省通信総合研究所 通信システム部

katumoto@crl.go.jp

超高品質メディアの転送

最近のインターネットの世界では、十分な品質のコンテンツではないにもかかわらず、インターネット放送、あるいは放送型コンテンツが脚光を浴びており、今後さらなる増加が予想され、次世代インターネットにおける主アプリケーションとして放送型コンテンツは期待されている。一方、デジタル放送、DVD (MPEG2)、DVなどの圧縮映像、音声などが高品質といわれ、一般家庭において普及し始めており、高品質なコンテンツを提供している。しかし、放送業務、映画などで使用されている非圧縮映像、音声と比較すると高品質とはいえない。このような状況の中、今後通信と放送の区別がなくなってくると、放送、プロダクションにおいても、一般家庭においても、高速インターネット環境の普及に伴い、より高品質なコンテンツが求められることが予想され、それらを提供する技術が望まれる。

そこで、インターネット環境では必須と考えられるIP技術を用いたリアルタイム配信が可能な超高品質デジタル動画および多チャンネル音声の転送技術を開発した。本稿では、この超高品質メディア転送に関する技術解説と今後の展望を述べる。

システム設計概要

超高品質動画転送・蓄積システムを構築するために、以下の機能を実装するためのシステム設計を行った。

- 1) 超高品質デジタル配信データの同期配信
 - プロダクション品質映像 (D1)、音声の同期配信
 - 一般家庭レベル品質映像 (DV)、音声の同期配信
 - さまざまな映像、音声フォーマットの吸収

2) TCP/IPプロトコルの使用

- TCP/IPプロトコルを使ったリアルタイム配信

3) システム全域での安定転送

- 大容量蓄積ディスク帯域管理
- ネットワーク帯域管理
- システム内帯域管理
- ビデオインタフェース帯域管理

D1 over IPの実現

上記機能を実現するため、超高品質メディアとして非圧縮D1映像をTCP/IPによりロスレスで転送する技術をD1 over IPと呼ぶことにする。非圧縮D1映像は、インターレース方式により1秒あたり60フィールドの映像から構成される。また、映像解像度は通常、8bit、10bitの2種類がある。通常、非圧縮D1映像をリアルタイムに表示するためには、ディスク転送、ネットワーク転送、システム内転送の全帯域で、270Mbps以上 (10bit時、8bit時で217Mbps以上) の実転送帯域が必要となる。

本稿では、この非圧縮D1映像とプロダクション品質のAES/EBU 音声を同期してインターネットで使われているTCP/IPプロトコルを使用し、1台のサーバから2台のクライアントに各非圧縮D1映像をリアルタイムに表示することに成功したので、その実装技術に関して述べる。

マルチAVフォーマット

高速ディスクから高速ネットワークを使い高品質デジタル映像と多チャンネル音声の両方をTCP/IPプロトコルを使って転送する場合、以下の問題がある。

- 1) IP転送時に映像データと音声データを個別に送信する場合

合、遅延処理が起きたときに映像と音声の同期がとれなくなる。

- 2) IP転送時に映像データと音声データを個別に送信するとコリジョンおよび相互の帯域確保により安定したデータ転送を行えない。

これらはディスク、ネットワークを含むシステム全域でのデータ転送時の不安定要因となる。

また、多様な映像フォーマットで作成された高品質デジタル配信データも転送可能とするために、次の問題もある。

- 1) 多様な映像フォーマットを転送する場合、映像フィールドの容量によって配信ブロック容量を考慮しなければならない。これは、ディスク転送、ネットワーク転送、システム内転送の各個所で最適な転送ブロック容量を設定する必要がある。
- 2) ディスク転送、ネットワーク転送、システム内転送の各個所の1つでもデータ転送が不安定になると、全帯域でデータ転送が不安定になる。

これらの問題を回避させシステムを安定動作させるために、独自のビデオデータフォーマットとして図-1に示すマルチAVフォーマットを定義した。

- 1) マルチAVフォーマット：マルチAVフォーマットは、図-1に示すAVヘッダとマルチAVデータから構成される。
- 2) AVヘッダ：次の情報データから構成される。
 - AVデータ識別
 - ビデオインタフェース用初期設定値
 - オーディオインタフェース用初期設定値
 - マルチAVデータフォーマット決定値
- 3) マルチAVデータ：次の情報データから構成される。
 - フィールド番号
 - ビデオフィールドデータ
 - オーディオフレーム数
 - オーディオフレームデータ
 - パディングデータ

マルチAVデータ部は、AVヘッダの情報からフォーマットが決定される。図-1に示す構造を有しているマルチAVデー

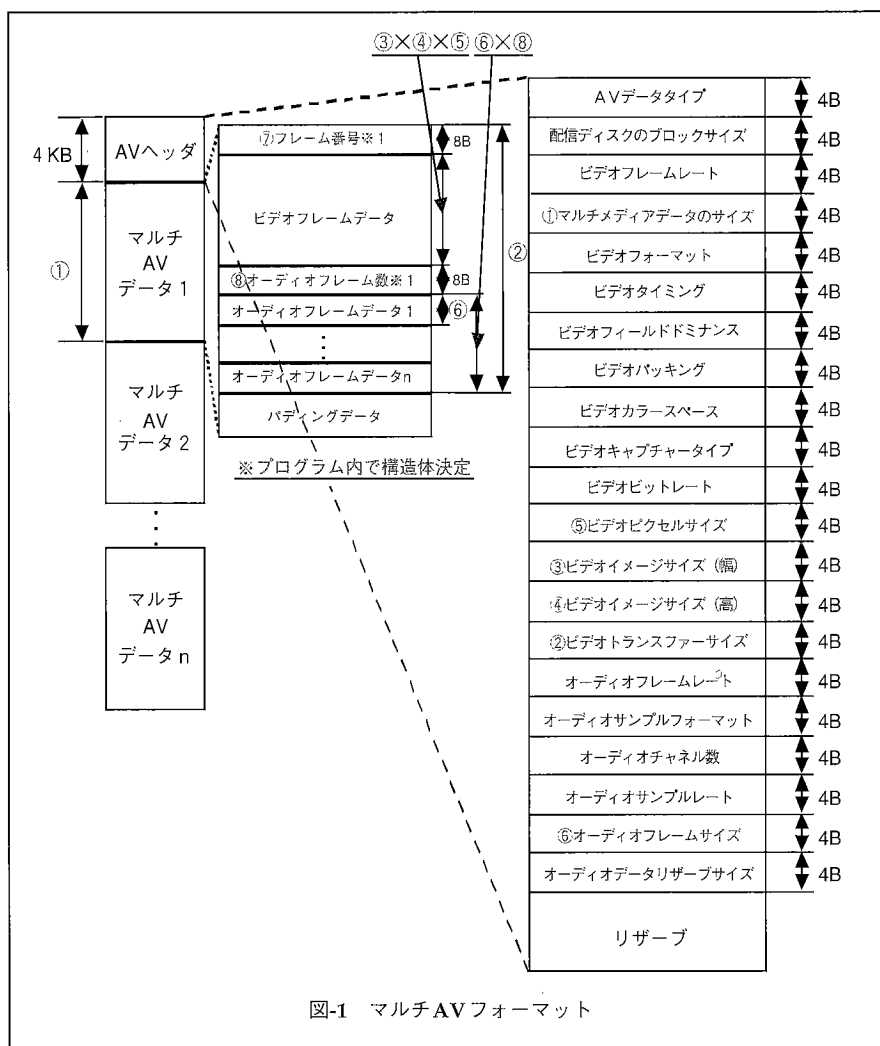


図-1 マルチAVフォーマット

タのフォーマットは、非圧縮D1の場合の例でありDVや他の映像フォーマットの場合は、別のパラメータ値をAVヘッダに設定することにより、さまざまなビデオフォーマットに対応する。このようにマルチAVデータ部分は配信データのタイプによりフォーマット変更可能な構造を採用した。したがって、多様化するさまざまなビデオフォーマットに対応可能である。

帯域確保とマルチAVフォーマット

このシステムで帯域を確保しなければならない各個所に管理デーモンによる次の機能を設定した（図-2）。

- 1) ディスク帯域管理機能：VODサーバのディスクからメモリへのデータ入出力転送時の帯域確保と転送量の管理。
- 2) ネットワーク帯域管理機能：VODサーバ、クライアントのメモリからネットワークへのデータ入出力転送時の帯域確保と転送量の管理。

D1 over IPを実現する実装システム

帯域確保とマルチAVフォーマット

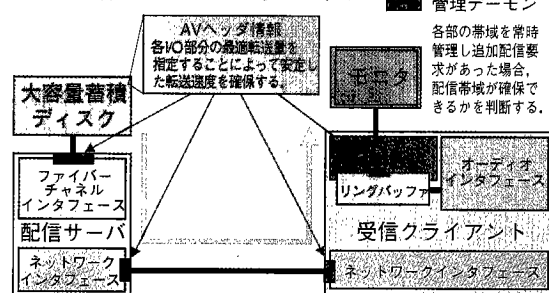


図-2 システム概要図

3) ビデオ帯域管理機能：VODクライアントのリングバッファメモリからビデオインタフェースへの入出力転送時の帯域確保と転送量の管理。

本システムでは、マルチAVフォーマットデータのAVヘッダ部ごとに各帯域管理部分で最適なデータ転送を可能とする転送ブロック容量数を格納している。この転送ブロック容量数は、VODサーバ、クライアントシステムの各帯域管理部分ごとに設定され、システム全帯域で安定したデータ転送を行うことを可能にした。また、これはマルチAVフォーマット化した高品質デジタル配信データの場合、AVヘッダの設定値によりさまざまな映像フォーマットであってもシステム全帯域で安定したデータ転送を可能にすることも意味する。そして、管理デモンは、各帯域管理部分ごとに転送速度を管理し、新たなクライアントによる配信要求が発生したとき、配信帯域の確保が不可能と判断した場合、配信要求クライアントへ配信拒否を通知し、常時、最良の帯域を確保する。

非圧縮D1アクティブエリア転送

広帯域なネットワークを使う場合でも転送データ量が少ないほうが、よりネットワークに対して負荷の軽減、安定性を見込める。また、状況により、より多くのストリーム配信を可能にすることが可能になる。本プロトタイプシステムでは、非圧縮D1映像データを転送する場合、D1アクティブエリアデータ部のみを図-1のビデオフレームデータ部に格納しD1制御エリアデータ部は転送しない方法を採用した。非圧縮D1映像は、D1制御エリアデータによる映像出力

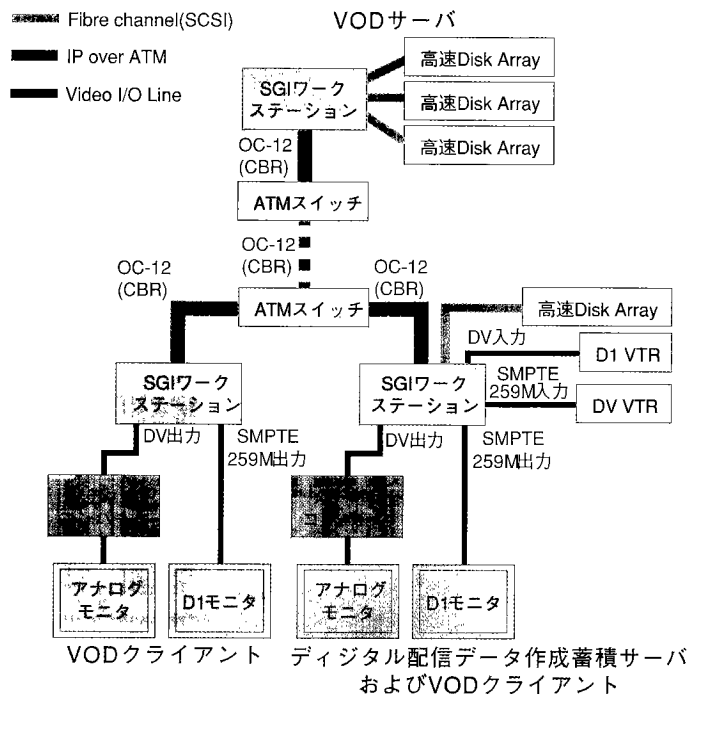


図-3 システム構成図

時の出力タイミングなどの制御信号と、D1アクティブエリアデータによる実映像データで構成される。制御エリアデータは、非圧縮D1映像をビデオ出力する場合に必要なデータであり、また、各フィールドのD1制御エリアデータは基本的に同じデータである。ネットワーク転送する場合、D1アクティブエリアデータのみを転送し、クライアントシステムはD1アクティブエリアデータをネットワークから受信後、クライアントシステム内でD1制御エリアデータを付加する処理を行うことによりビデオ出力を可能とした。この方法の採用によりフルD1映像データを転送する場合より、1ストリームあたり約23%のデータ転送が軽減される。

ディスク安定転送のためのパウンダリ設定

ディスクに対して効率良くアクセスするためには、そのディスクのブロックサイズ単位でアクセスをすればよい。しかし、実際の読み出しデータは必ずしもディスクブロックサイズ単位とは限らない。ディスクへの高速アクセスのためにディスクのブロッキングサイズ単位に合わせたパデ

実験環境の概要

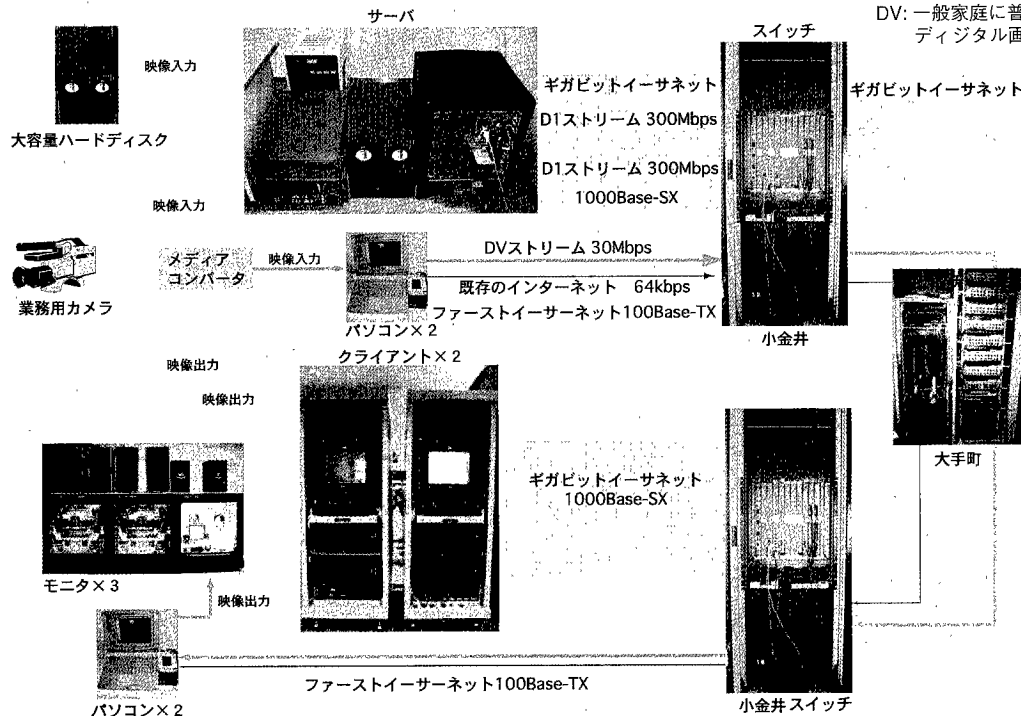


図-4 デモ概要

リングデータをAVデータに付加することによりデータ量が
増えるが、実際のデータ入出力は高速になり、また、転送
速度が安定する。サーバは、また、メモリに取り込まれたAV
データからパディング部分を取り除き、ネットワーク上に
パディングデータを送出しない仕組みを採用した。ディス
クの高速安定転送とネットワークの負荷軽減を実現した。

映像、音声同期

AVデータ部分は、非圧縮D1映像データと音声データをフ
ィールド単位で格納している。システムは、SGI OSのIRIXが
採用している内部リアルタイムクロックを使用し多重プロ
セッシングによりフィールド単位で映像、音声の同期をと
る。音声データと映像データをフィールド単位で格納して
いることにより、基幹ネットワーク内で起こり得るネット
ワーク負荷などによるデータ転送遅延によるデータ落ちの
場合でも、映像、音声の同期ずれを起こすことなくデータ
転送が行える。

リングバッファによるジッター制御

すでに上記に書いた方法でディスク帯域、ネットワーク
帯域を確保しているが、ディスクのフラグメンテーション
やネットワークの再送処理によるごく微細な転送遅延が起
こる場合がある。これは非圧縮D1の場合、1/60秒間隔で指
定フィールドデータが転送されなければフィールド落ちを
起こす原因になる。このようなディスクやネットワークの
ジッターに対応するためにクライアントシステムには、リ
ングバッファを搭載している。リングバッファとは、ネット
ワークから配信されているデータをリングバッファに先
読みし、配信データを確保しながらビデオオプションへ
DMA転送する仕組みである。仮にディスクやネットワーク
による遅延があってもリングバッファ内の先読みされてい
たデータがビデオオプションに転送されるのでビデオ出力
時にフィールド落ちが起きないようにしている。本シス
テムでは、現状、非圧縮D1配信データ転送時に1秒分 (約
22MB、DVデータで約4MB) 確保している。

実装システム概要

図-3に示す高品質ビデオ・オン・デマンドシステムを

構築した。ベースシステムにSGI製ワークステーションを使用しVODサーバは、R10000 250MHz 6CPU、3GBメモリ、高速ファイバーチャネルディスク、VODクライアントは、R10000 225MHz 2CPU、1GBメモリ、D1シリアルインタフェース、IEEE1394インタフェースを搭載する。デバイスドライバ、各デーモンおよびアプリケーションの作成は、SGIが提供するコンパイラを用いて行った。

実験結果

実際に2時間の非圧縮D1映像(8bit)、AES/EBU2チャンネル音声の高品質デジタル配信データを配信した。ネットワークはローカルエリアネットワークを使用し、図-3に示すVODサーバ1台、クライアント2台の、3台のみの構成である。VODサーバ、クライアントでの各部のデータ転送速度を計測した結果、フレーム落ちのない転送が可能であることが証明された。

実証デモ実験

ローカルネットワークによる実験が成功したので、実際、広域ネットワーク利用した実証デモについて紹介しておく。

- 1) 郵政省通信総合研究所研究発表会(1999年9月)：短距離であるが3つのビル間(一部光空中伝送)をATM OC-12で接続しD1を1ストリーム、DVを1ストリーム配送。このときもフレーム落ちはなかった。
- 2) N+1インターロップ(2000年6月)：会場内ATM LANであるが、デジタルベータカムのカメラからリアルタイム送信を行った。このときはD1を1ストリーム、DVを2ストリーム配信したが、フレーム落ちはなかった。
- 3) 夢の技術展(2000年7月～8月)：大手町-お台場間をATM OC-12により接続し、D1を1ストリーム、DVを6ストリーム約2週間にわたり配信した。D1映像はフレーム落ちもなく送信されたが、DVはIEEE1394の同期ずれを起こしてしまった。
- 4) INET2000(2000年7月)：横浜-大阪間(約500Km)をギガイーサネットにより接続し、D1を1ストリーム送信。各種設定の調整不測によりTCP/IPのスロースタート現象が起こり安定した送信になるまで時間を要したが、フレーム落ちなく送信された。もちろん、スロースタート中は実時間再生はされていない。

- 5) 所内デモ：小金井-大手町(折り返しで約60km)をギガイーサネットにより接続し(図-4)、D1を2ストリーム、DVを1ストリーム送信した。すべてのストリームはフレーム落ちすることなく送信された。

以上のように、D1 over IPは実システムとして利用可能であることが証明されており、本稿が読者の方へ送付されるころは、東京-北九州間(約1,200Km)の実証実験も成功しているはずである。

参考と課題

今回の実証実験の結果によって、IPを使用した高速ネットワーク環境による高品質デジタル動画および多チャンネル音声の転送技術がプロダクションサービスレベルでの使用が行えることが証明できた。また、本システムは、すでにJGN(Japan Gigabit Network)を用いた3地点でのATMスイッチを多段経由した動作確認も行った。これにより高速インターネット環境での使用も行えることが証明できた。今後、普及すると予想されるGigabit Ethernetを使用した高速インターネットや多段ルータを経由することを考慮し、さらに実証が必要であると考え、また、ネットワーク帯域およびプロダクションサービスを考慮したマルチキャスト配信に適応した仕様を考慮する必要があると考える。

今後

今後通信と放送の区別がなくなり、多くのコンテンツを制作しなければならない状況が訪れることが予想でき、現在のテープメディアや映像の映像専用線を使った制作では追いつかないことも考えられる。しかし、本技術により、リアルタイムで超高品質なメディアを編集、配布することが可能となり、多チャンネルあるいは、多メディア時代に大きく貢献すると考える。また、まだ実験室内のLANであるが、HDTV over IPも実現しており、超高速ネットワークのインフラが整備され、超高品質メディアが流通する次世代インターネットの到来が確実であることを願う。

参考文献

- 1) 門林雄基：ITRCにおける「科学と次世代インターネット」への取り組み、第4回情報処理学会高品質インターネット研究グループ研究会(Oct. 1999)。
- 2) 小林和真：岡山情報ハイウェイにおけるテストベッド構築、第4回情報処理学会高品質インターネット研究グループ研究会(Oct. 1999)。
- 3) 勝本道哲、原田雅博、中川晋一：D1 over IPによる高品位動画画像転送・蓄積システムの設計、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究報告論文集、No.95, p.85-90 (Nov. 1999)。

(平成12年11月1日受付)

