

D1 over IPによる高品質動画画像転送・ 蓄積システムの設計と実装

原田雅博¹ 古瀬弘康² 勝本道哲³ 中川晋一³

¹東京エレクトロン株式会社

²株式会社エヌ・ケー・エクサ

³郵政省通信総合研究所

筆者らは、超高速ネットワークを用いた次世代インターネット技術開発の一部として、通信放送融合に関する研究及び技術開発を行っている。その中の1プロジェクトとして、高品質デジタル動画画像伝送技術として、プロダクション品質である非圧縮D1方式の動画画像及び多チャンネル音声(IP)上で転送する技術を開発した。既に、この技術を用いて高速ネットワークを用いたインターネット上で利用できるビデオ・オン・デマンドシステムの設計をし開発を行った。本稿では、この技術の実装とプロトタイプ・システムを実際に高速ネットワーク上に接続し動作評価を行ったので報告する。

Design and Implementation of the VoD System for High Quality Video and Audio with D1 over IP

Masahiro Harada¹ Hiroyasu Furuse² Michiaki Katsumoto³ Shin-Ichi Nakagawa³

¹TOKYO ELECTRON LIMITED

²NK-EXA CORPORATION

³Communications Research Laboratory, MPT

We have researched and technological development concerning integrated into communications and broadcasting, partially of the next generation Internet technology development which used high speed networks. The technology which transmitted the digital video and multi channel audio of non-compression D1 format which was the business quality as a high-quality, digital video transmission technology on IP was developed as one project in that. We reported on the design of the Video-on-Demand system which can be used on Internet which uses high speed networks by using this technology. In this paper, the system which Implementation this technology is actually connected on the high-speed network, and reported about the design and movement evaluation as Video-on-Demand.

1. はじめに

最近では高品質と言われている、MPEG2を用いたDVD、あるいはDV等の圧縮映像・音声が存在するが、非圧縮映像・音声と比較すると高品質とは言えないが、一般家庭には十分な画質として提供されている。また、インターネット環境において動画画像及び音楽の配信も行われているが、高品質なコンテンツは提供されていない。しかし、今後、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よりインターネット上での高品質なコンテンツが求

められることが予想される。そこで、筆者らは基盤技術において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及び蓄積が可能な高品質デジタル動画画像及び多チャンネル音声の転送技術を開発した。本システムでは、プロダクション品質の非圧縮D1映像とAES/EBU音声の同期配信及び蓄積システムのための転送技術を実装した。また、そのシステムでは、一般家庭で利用されているDV映像、音声配信、蓄積、及び簡易QoS機能を含む転送技術も同時に実装した。D1、DV映像を実

装することにより様々な多様な映像フォーマット、音声フォーマットの配信も可能であることが確認できた。本稿では、この実装システムの設計と非圧縮D1配信及び多チャンネル音声同期の動作評価に関して述べる。

2. システム設計概要

筆者らは、高品質動画画像転送・蓄積システム（以下、高品質 VoD とする。）に次の機能を実装するためのシステム設計を行った。

- 高品質デジタル配信データの使用
 - ・プロダクション品質映像、音声
 - ・一般家庭レベル品質映像、音声
 - ・様々な映像、音声フォーマット
- 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、音声の同期配信
 - ・一般家庭レベル品質映像、音声の同期配信
 - ・様々な映像、音声フォーマットの同期配信
- 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
 - ・TCP/IP プロトコルを使ったリアルタイム蓄積
 - ・配信、蓄積時の映像、音声の同期
- 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
 - ・ビデオインターフェース帯域管理

3. D1 over IP を実現する実装システム

筆者らはプロダクション品質映像として非圧縮D1映像を使用した。非圧縮D1映像は、インターレース方式により1秒辺り60フィールドの映像から構成される。また、映像解像度能が一般的に8bit、10bitの2種類があり、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。我々は、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台のサーバに対し2台のクライアントシステムに各非圧縮D1映像をリアルタイムに表示する事に成功した。その実装技術に関して述べる。

3. 1. 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。

- 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、遅延処理が起きた時に映像と音声の同期がとれなくなる。
- 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及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。これらはディスクをはじめ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、本システムは、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。

- 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。
- 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。

- 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。
- AVヘッダ：
次の情報データから構成される。
 - ・AVデータ識別
 - ・ビデオインターフェース用初期設定値
 - ・オーディオインター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
- 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2に示す構造を有しているマルチAVデー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

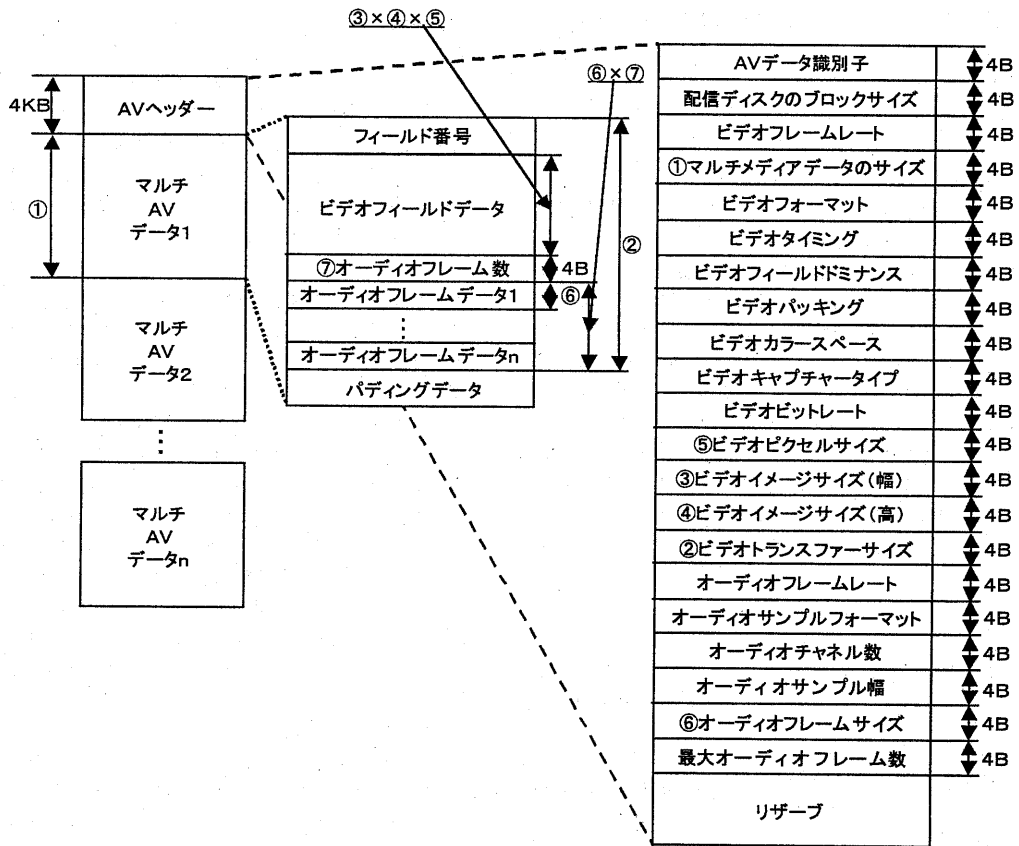


図1. マルチAVフォーマット

メータ値をAVヘッダに設定することにより様々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を変更可能な構造を採用した。従って、多様化する様々なビデオフォーマットに対応可能である。

3. 2. 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。

- 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
- 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

- 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ーフェースへの入出力転送時の帯域確保と転送量の管理

本プロトタイプシステムでは、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毎に設定され、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様々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事も意味する。そして、管理デーモンは、各帯域管理部分毎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あっ

た場合でも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、最良の帯域を確保している。

3. 3. 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方がよりネットワークに対しての負荷の軽減、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事が可能になる。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、図2に示す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時の出力タイミング等の制御信号と、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事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ストリーム辺り約23%のデータ転送が軽減される。

3. 4. ディスク安定転送のためのバウンダリ設定

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クサイズ単位に合わせたパディングデータを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り出さ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。

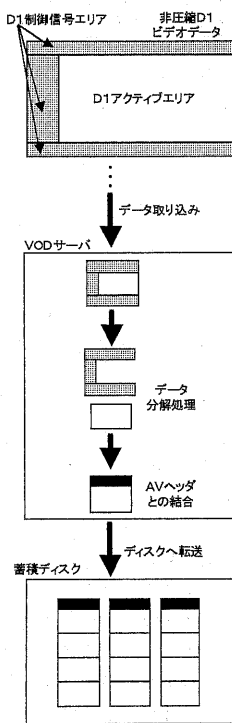
3. 5. 映像、音声同期

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事により基幹ネットワーク内の過負荷等の問題によって起こるデータ転送遅延によるデータ欠落の場合でも、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。

3. 6. リングバッファによるジッター制御

既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が原因のジッターによる極微小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欠損を起こす要因になる。この様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た。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ブションへDMA転送する仕組みである。仮にディスクやネットワークでジッターによる極微小な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ブションに転送されるためビデオ出力時にフィールド欠落が起

非圧縮D1 配信データをサーバに格納する場合



VODサーバからクライアントへ配信する場合

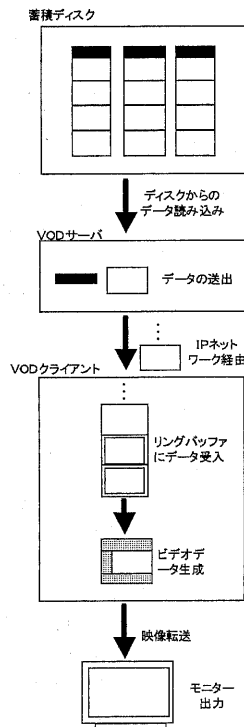


図2. 非圧縮D1データの配信

きない様になっている。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。

3. 7. プロトタイプシステム概要

筆者らは、図3に示す高品質ビデオ・オン・デマンドシステムのプロトタイプを構築した。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シリアルインターフェース、IEEE1394インターフェースを搭載する。デバイスドライバ、各デーモン及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。この構成では、ネットワークにATM OC-12を使用しTCP/IPを用いネットワーク設定は、固定接続型仮想チャンネル(PVC)による各システム毎に固定伝送速度(CBR)を設定し、OC-12の持つ622Mbpsの帯域を分割しサービス品質(Qos)による帯域確保を行った。その他にギガビットイーサネットを使用した配信も確認した。ギガビットイーサネットも同様にポリシーベースによるサービス品質(Qos)を設定し帯域確保した。このVODサーバシステムは、ATM OC-12使用時で非圧縮D1配信データ(8bit)を最大2ストリーム分の配信が可能であった。

4. 操作と動作フロー

VODサーバ側では、配信デーモン、管理デーモンが動作し、VODクライアント側では、受信デーモン、管理デーモン、表示デーモンが動作する。VODクライアント

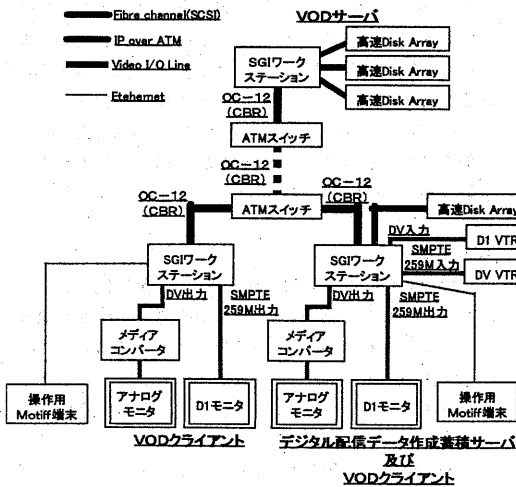


図3. 高品質VoDの概要図

ントからの操作は、motiffベースステーションからの図4に示すGUIを使用して比較的簡単に指定高品質デジタルコンテンツを呼び出すことが可能である。このGUIからは、

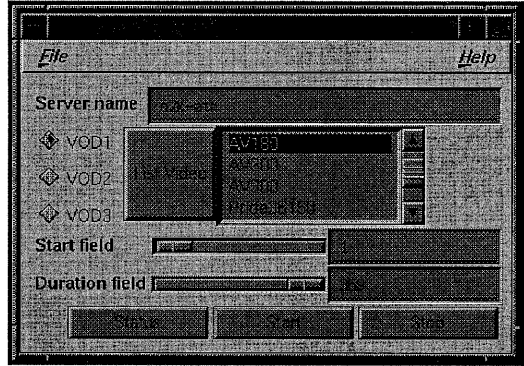


図4. 高品質VoDクライアントの操作GUI

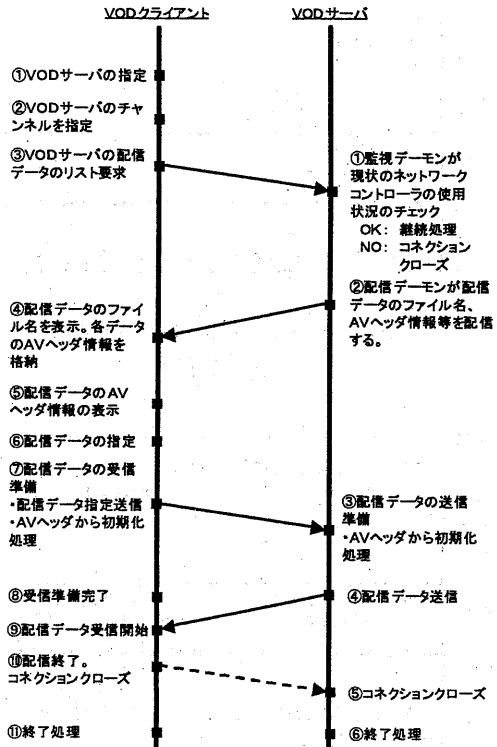


図5. 動作フロー

- VOD サーバの指定
- VOD サーバのチャンネル指定
- 配信データの一覧表示
- スタートフレームの指定
- 表示フレーム数
- 指定配信データのスタート、停止
- 配信状況
- クライアントのデジタルインターフェースの設定

の設定、表示が可能である。

VODサーバとVODクライアントは、図5に示すような相互通信を行い、高品質デジタル配信データの受け渡しを行っている。

5. 評価実験と結果

図3に示した本システムを使い実際に2時間の非圧縮D1映像(8bit)、AES/EBU 2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

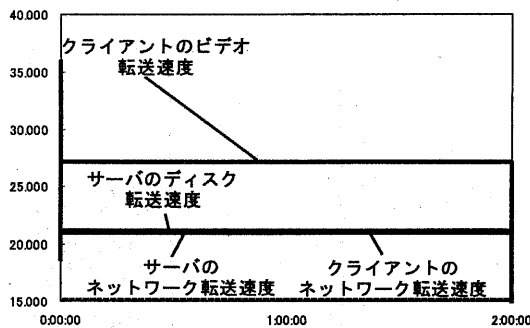


図6. VODクライアント1機のみでの各部の帯域転送速度

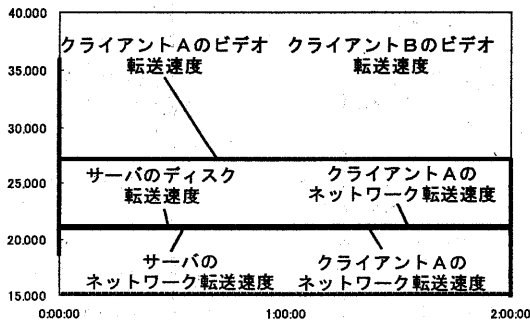


図7. VODクライアント2機同時配信での各部の帯域転送速度

バ1台、クライアント2台の3台のみの構成である。結果として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。図6は、VODサーバ1台に対しVODクライアント1台へ配信を行った、また、図7は、VODサーバ1台に対し、VODクライアント2台へ同時配信を行った結果である。各々のグラフからも分かる通り各部の転送速度は非常に安定しているのが分かる。また、フレーム落ちもなかった。

6. 考察と課題

今回の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像及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事が証明できた。また、本システムは、既に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事が証明できた。

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事を考慮し、それらに適した仕様を考慮する必要があると考える。また、ネットワーク帯域及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。

7. まとめ

近年の急速なインターネットの発展に伴いネットワーク形態は高速化、多様化した。そのためネットワーク形態に適し、高速化するネットワークに対応したアプリケーションの開発が必要になる。本研究では、インターネット標準のIPプロトコルに着目し、今後の高速インターネットとの組み合わせによるリアルタイム配信が可能なプロダクションサービス用高品質デジタル動画像及び多チャンネル音声配信システムの構築を行った。また、これらの技術は、インターネットで難しいとされている映像、音声の同期を実現し、今後のインターネットを使った放送通信技術の発展に重要な役割を果たすと考える。

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ト構築，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)