

超高品質メディアの高速ネットワークにおけるIP転送技術

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

勝本道哲

Michiaki KATSUMOTO

要旨

超高速ネットワークグループでは、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像伝送技術として、業務品質である非圧縮D1方式の動画像及び多チャンネル音声を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・デマンドシステムを設計し開発を行った。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。

Our research group 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 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. In this paper, we report on the design of the Video-on-Demand system which can be used on Internet which uses high speed networks by using this technology.

[キーワード]

次世代インターネット, D1 over IP, DV over IP, 高速ネットワーク
Next generation Internet, D1 over IP, DV over IP, Broadband networks

1 まえがき

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、今後更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[1][2]。また、DVTSの普及に伴い、インターネットで高品質なコンテンツを配信できることが可能となることは確実である[3][4][5]。一方、デジタル放送、DVD(MPEG2)、DV等の圧縮映像、音声等が高品質と言われており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、映画等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言えない。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、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像及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。

2 システム設計概要

超高品質動画像転送・蓄積システムを構築するために、超高品質デジタル配信データの同期配信技術として、①プロダクション品質映像(D1)、音声の同期、②一般家庭レベル品質映像(DV)、音声の同期、③様々な映像、音声フォーマットの吸収技術、IP通信を確立するために、TCP/IPプロトコルを使ったリアルタイム配信技術、そしてシステム全域での安定転送を確立する機能として、①大容量蓄積ディスク帯域管理、②ネットワーク帯域管理、③システム内帯域管理、④ビデオインターフェース帯域管理の設計を行った。

3 D1 over IPの実現

上記機能を実現するために、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事に成功したので、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。

- 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、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。
- 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、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。

■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1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

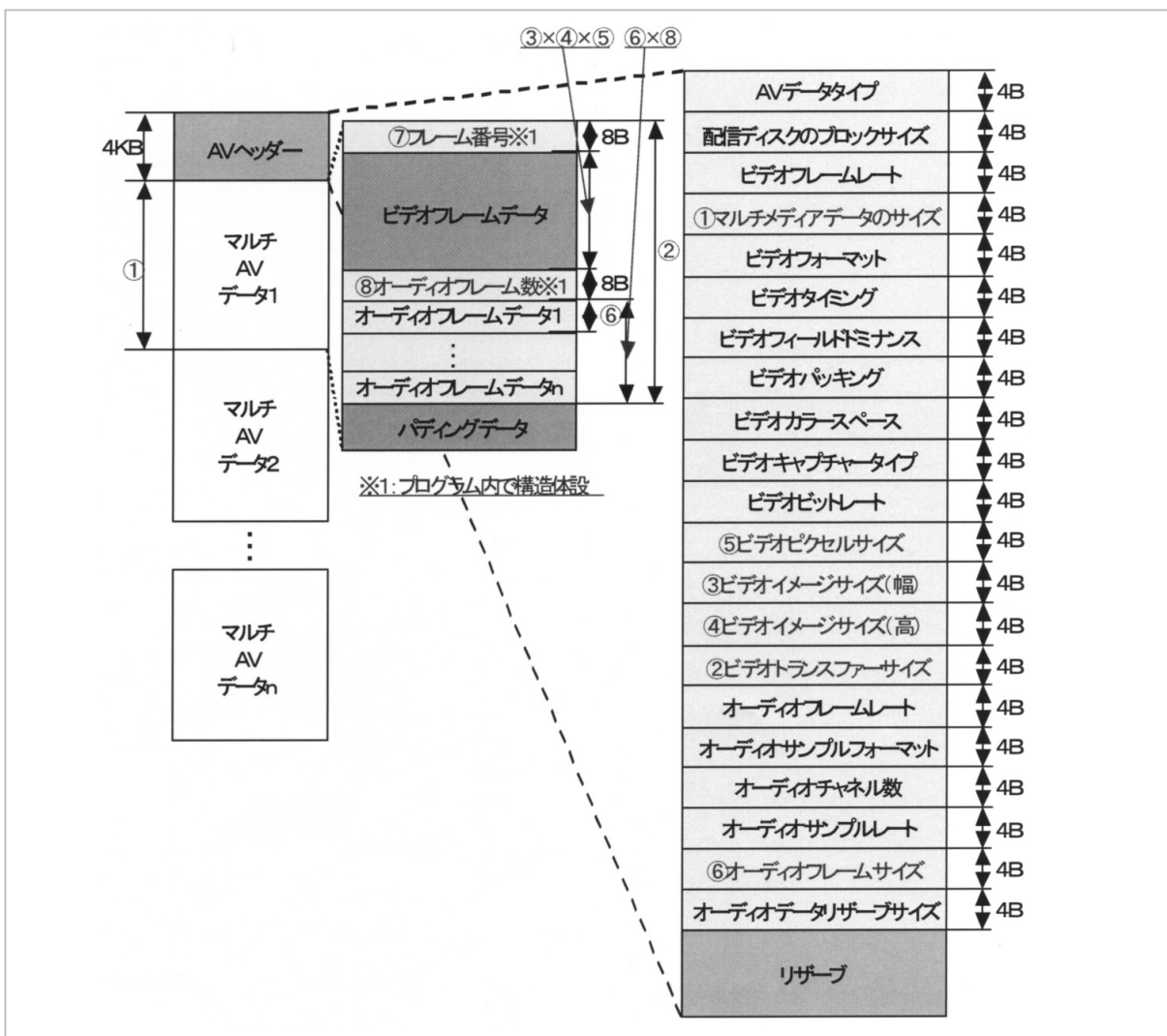


図1 マルチAVフォーマット

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(図2)。

- 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ヘッダ部毎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

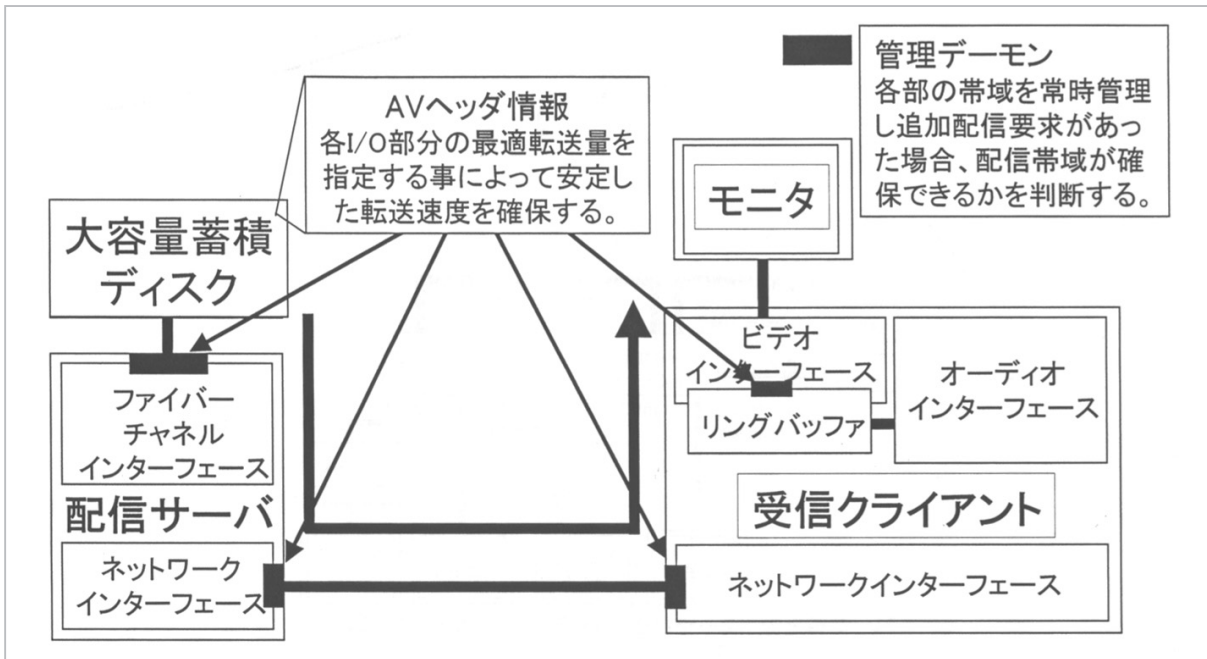


図2 システム概要図

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、最良の帯域を確保する。

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3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ストリームあたり約23%のデータ転送が軽減される。

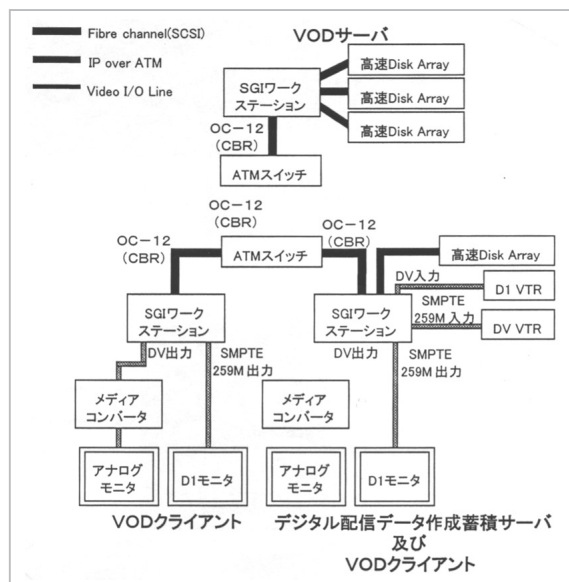


図3 システム構成図

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キング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。

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で起こりうるネットワーク負荷等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。

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落ちを起こす原因になる。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ブ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。

4 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。

4.1 実験結果

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。

4.2 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+Iインターロップ(2000年6月)：会場内ATM LANであるが、デジタルベータカメラ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

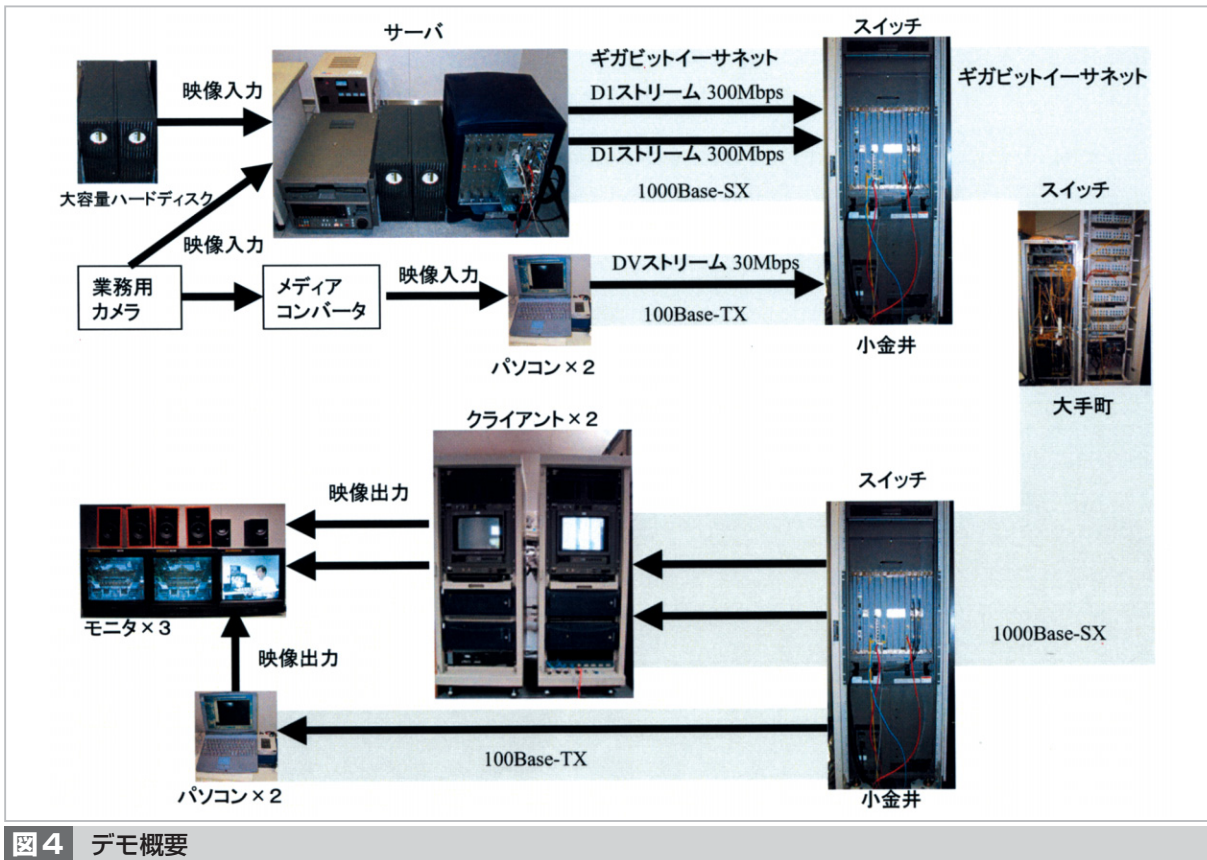


図4 デモ概要

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が、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。全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いる。

5 考察と課題

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ギガビットイーサネット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、さらに実証が必要だと考える。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。

6 まとめ

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品質メディアが流通する次世代インターネットの到来は確実である。

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 杉浦一徳, 小川晃通, 中村修, 村井純, "民生用DVを用いたインターネットビデオ会議システム", 情報処理学会学会誌, Vol.40, No.7, 1999.
- 4 杉浦一徳, 小川晃通, 中村修, 村井純, "IEEE1394による家庭内ネットワークとインターネットの相互接続性", 計測自動制御学会 計測と制御, Vol.39, No.8, pp.522-527, Aug., 2000.
- 6 A. Ogawa, K. Sugiura, K. Kobayashi, O. Nakamura, J. Murai, "*Design and Implementation of DV Stream Over Internet*", IWS Internet Workshop, Feb., 1999.



かつもと みち とも
勝本道哲

情報通信部門超高速ネットワークグループリーダー 工学博士
高品質コンテンツ転送技術、IP通信技術