

超高画質画像配信システムにおけるコンテンツ管理の提案

勝本道哲[†] 木俣豊[†] 櫻田武嗣[†] 北口善明[‡] 杉浦一徳[†] 中川晋一[†]

[†]独立行政法人通信総合研究所

[‡]通信・放送機構 Genesis プロジェクト

我々は、最大2.4Gbpsの帯域を持ち日本を縦断しているJGN(Japan Gigabit Network)上で、超高画質画像伝送システムの研究開発を行ってきた。すでに、MPEG2等よりもさらに高画質なDVやD1及びHDTVなどのネットワーク配信システムを開発しており、様々な実験やイベントを通じてその有効性と、実用性の検証を行ってきた。本論文では、それらの超高画質配信システムについて紹介すると共に、それらのシステムがインターネット放送として活用するために必要な編集処理機能について述べる。

Proposal of Content Management for High-quality Video Transport System

Michiaki Katsumoto[†], Yutaka Kidawara[†], Takeshi Sakurada[†], Yoshiaki Kitaguchi[†], Kazunori Sugiura[†],
Shin-ichi Nakagawa[†]

[†] Communications Research Laboratory

[‡] TAO Genesis Project

In this paper, we describe our super high-quality video transport systems on the Internet. We have researched and developed technologies to transport high-quality video images such as DV format, D1 format and HDTV format which have higher quality than MPEG-2. We have already confirmed their usefulness and practical use by carrying out experiments and events on the JGN(Japan Gigabit Network). Currently, we are doing design and research on application software for Internet broad casting using our video transport technologies. We describe required functions for real-time and distance editing which can be applied to Internet Broadcasting.

1. はじめに

現在、インターネットは“繋がる”時代から、高速な回線による“ブロードバンド”の時代に移りつつある。そのインフラの変化と共にインターネットのコンテンツも動画像を中心とした多様なものに変化しつつあり、静止画やテキストを中心としたHTMLコンテンツだけでなく、動画像を中心とした動きのあるコンテンツが求められつつある。また、インターネットという双方向性をもつネットワークの特性を活用した対話型の映像コンテンツも容易に実現できる事から、“放送と通信の融合”による新たなサービスの期待も大きくなっている。

これまでのインターネットの映像コンテンツは、限られた帯域の中で動く映像を実現するために圧縮した画像データを用いており、テレビなどに比べると品質がかなり劣っていたため、テレビに変わる映像メディアとなるには、不十分であると考えられていた。しかし、インフラの整備はここ数年の間に急速に進歩しており、JGN(Japan Gigabit

Network)のような高帯域なネットワークが日本を縦断する環境においては、テレビ以上の高品質な映像を送受信することが可能となりつつある。

我々は、広帯域なネットワーク上において、家庭で利用されているデジタルビデオ品質の映像を送受信するためのDV over IP 技術の開発⁴⁾⁵⁾をはじめとして、放送局で利用されるD1規格の映像の送受信技術であるD1 over IP 技術⁶⁾、ハイビジョン映像の送受信技術であるHDTV over IP 技術の開発を行っている。

本論文では、これらの技術を紹介すると共に、これらの技術を活用した新しい映像コンテンツの制作システムとその管理手法について述べる。

2. 高画質動画像配信システム

DV 配信システムは、家電製品のネットワーク化という主点で開発された広帯域低遅延シリアルバスインターフェースであるIEEE1394とそのインターフェースを利用したDVに着目している。IEEE1394は、映像機器の相

互接続性が保証され、専門的な知識を必要とすることなく、簡単にメディアのデジタル接続が可能となる。また、DV、iLink 端子などの名称で呼ばれる IEEE1394 インターフェースは、ビデオカメラ、ゲーム機などといった家電製品から、パーソナルコンピュータやコンピュータ周辺機器の接続インターフェースとして装備されている。しかし、IEEE1394 のケーブル長は長く取ることができず、あくまで狭範囲での使用が主である。そこで、インターネットによりこのケーブル長を延長させることは、IEEE1394 の利用範囲を格段に広げることが可能となる。

一方、我々は、超高画質動画像配信システムを次世代インターネットのキラーアプリケーションの基盤技術として位置付けて、非圧縮の D1 及び HDTV の配信を可能とするシステムとして開発した。

2.1 DV 配信システム

我々は、WIDE プロジェクト³⁾と共同で UDP/IP を用いた DVTS⁴⁾、及び東京エレクトロンと共同で TCP/IP を用いた DV over IP システム⁵⁾を開発している。DV over IP 技術は後述する D1 over IP と同一設計なので、このセクションでは、DVTS について述べる。

2.1.1 DVTS

DVTS は、IEEE1394 インターフェースから DV ストリームを取得し、インターネットを利用して転送をおこなうシステムである。DVTS では、以下の 6 つの方針を考慮し実装された。

- 1) RTP(Real time Transport Protocol)への対応
- 2) DV 配信に必要なネットワーク帯域調整機構
- 3) IPv6.への対応
- 4) マルチキャストの対応
- 5) 映像データの配信により生じるバーストトラフィックの改善
- 6) 利用可能帯域資源への動的な適応。

DVTS では、RTP を利用した DV データの送受信をおこなうシステムを構築した。RTP はリアルタイム性の保証が必要なデータの配信をおこなうためのプロトコルであり、RFC1889 として IETF によって定義されている。RTP が提供するサービスとしては、以下の 4 点があげられる。

- 1) ペイロードタイプの識別
- 2) パケットに対するシーケンス番号の付加
- 3) パケットに対するタイムスタンプの付加
- 4) 送信状況の報告

RTP は主に UDP 上で動作するプロトコルとして設計されている。しかし、UDP 以外のプロトコルを用いても実装が可能であり、またマルチキャストにも対応している。インターネット上でリアルタイム通信をおこなう場合、RTP を用いる事により、相互接続性という観点からも実装が単純化される。DV/RTP では、図 1 に示されるパケットフォーマットによって構成される。

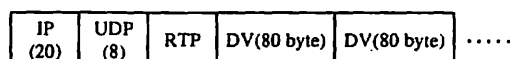


図 1 DVTS のパケットフォーマット

各 DV/RTP パケットは、RTP ヘッダと DV データ部分により構成される。DV/RTP では、DV データ部分は複数の 80 バイト長 DIF ブロックにより構成される。DV/RTP のパケット長は利用するデータリンクのパケットサイズ長(MTU)を考慮し、80 バイト単位で変化できるように実装した。そのため、途中経路での MTU によっては、パケットサイズを MTU に近付けられる。

IEEE1394 上を流れる DV パケットに含まれる DV DIF ブロックは 6 個であるが、DVTS では DV/RTP パケットに含まれる DV DIF ブロックの数を自由に設定できる。DVTS における、DV/RTP のペイロードに含まれる DV DIF ブロックの通常値は 6 である。DVTS では送信者側で DV DIF ブロックをバッファリングし、設定した個数を蓄積してから送信を行う。画像間引きを行った時に、音声の DV DIF ブロックはそのまま送信され、DV/RTP パケットは、複数の音声 DV DIF ブロックだけを含む。

DVTS では、送信するパケットの優先制御は行わない。我々は、パケットの優先制御を行うために ALTQ の HFSC(Hierarchical Fair Service Curve Algorithm)を利用した。

さらに、次世代インターネットの標準プロトコルに対応するため、DVTS は IPv4 と IPv6 の両プロトコル体系に対応した。IPv6 対応のための実装環境として、FreeBSD 上で KAME ライブラリを利用した⁷⁾。IPv6 対応のための変更は主に sockaddr_in と sockaddr_in6 である。

2.2 超高画質動画像配信システム

超高画質動画像配信システムでは、プロダクション品質映像として非圧縮 D1 フォーマットと非圧縮 HDTV フォーマットを採用した。非圧縮 D1 映像は、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約 270Mbps、非圧縮 HDTV では 1.2Gbps の実転送帯域が必要となる。これらフォーマットとプロダクション品質の AES/EBU 音声を同期し、TCP/IP を用いて配信システムを実装した。このシステムは同様に DV を配信することも可能である。

2.3 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、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。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2に示すマルチ AV フォーマットを定義した。

マルチ AV フォーマットは、AV ヘッダとマルチ AV データから構成される。AV ヘッダは、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から構成される。マルチ AV データは、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、パディングデータから構成される。

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、そのフォーマットに対応した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ており、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。

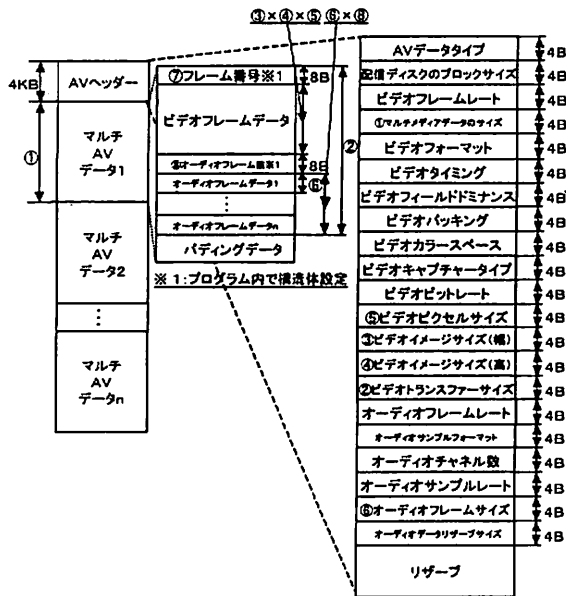


図2 マルチ AV フォーマット

2.3.1 管理デーモン

このシステムで帯域を確保しなければならない各部分に管理デーモンによる次の機能を設定した(図3)。

- 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。
- 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、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としている。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においても、AV ヘッダの設定値によりどのよう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とする。そして、管理デーモンは、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には、配信要求クライアントへ配信拒否を通知し、常に、最良の帯域を確保する。

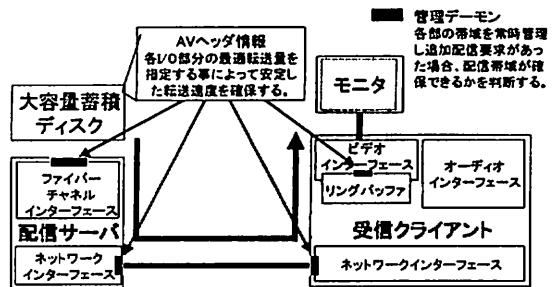


図3 管理デーモンの配置

2.4 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出しない仕組みを採用した。これによって、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。

2.5 システム概要

図4に示す高品質ビデオ・オン・デマンドシステムとして超高品質映像配信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ネル(PVC)による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。

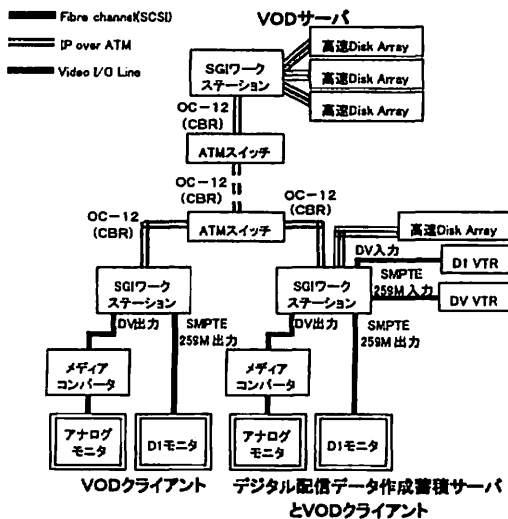


図4 システム構成図

3. 超高画質動画配信システムの利用

超高画質動画配信システムは、ネットワークの双方向性を有効に活用しながら、詳細な動画の送受信が出来る特徴を持つ。本章では、超高画質動画配信システムの利用方法について述べる。

3.1 リアルタイム配信と蓄積型配信

超高画質動画配信システムの利用形態においては、リアルタイム配信と蓄積型配信の2種類が考えられる。これらについてそれぞれの特徴について述べる。

3.1.1 リアルタイム配信

リアルタイム配信では、デジタル化に必要な符号化処理を高速に行う必要があるが、現在は配信時に高速な処理を要求するために単純なサービスしか提供できない。しかし、様々な付加情報を与えた複合的なサービスを提供しなければ、インターネットと双方向性を有効に活用しているとは言えない。また、リアルタイム配信においては、複数地点から中継点に送信された複数の画像ストリームの選択や、一つの画面へ統合、及びあらかじめ用意した情報や新たに生成された情報を付加するといったリアルタイム編集技術を提案している(図5)。この技術では、遠隔地から送られてくる複数の映像からなる多ストリーム映像から編集処理されたシングルストリーム映像の生成と、その映像データを表示する端末に対する個別化処理機能が必要となる。

しかし、リアルタイム配信時の編集では、時間的な制約が厳しいため、複数の映像から一つを選択することや、複数の画面を同時に一つの画面に表示すること、さらには、あらかじめ用意していたデータや画像を組み込むという作業が中心となる。また、突発的な事象については、映像を視聴している利用者にとってそれが印象深いものであれば、その一部のシーンを巻き戻して再生することなども必要となる。現在、我々は、超高画質配信システムをベースとして、リアルタイム配信型を実現するための処理統合化技術の設計を言語ベースで処理できる技術開発を行っている。この技術は、映像と編集処理機能の分離、構造化記述、配信端末による個別化のためのレイアウト処理等を実現することを目標としている。

3.1.2 蓄積型配信

蓄積型配信においては、リアルタイム配信型のような時間的な制約が少ない分、コンテンツをより複雑にすることが可能であり、コンテンツ制作時にも適切と思われる処理を施すことが可能である。インターネットを利用した蓄積型配信システムでは、特殊VRシステムを用いたデジタルミュージアムから通常のPCまでの多様な端末を対象とすることが可能である。従って、複数の利用者の環境を想定し、多フォーマットで要求してきた利用者の環境に適合したコンテンツを提供するための技術が必要となる。我々は、様々なコンテンツをカプセル内に管理し、各カプセルのメソッドが利用者のプロフィール情報を判別した上で、利用者に応じたコンテンツと機能を選択的に配信する機能の研究を行っている。この概念は、蓄積型配信のためのコンテンツデータを、その配下の利用者に提供する。カプセルは、中継ポイントから下位のネットワークセグメントに位置する利用者に対する個別化と配信を実現する機能のメソッドを持つ。そのカプセルに対して編集処理情報としての記述情報と、利用者情報を提供することで、コンテンツを、元の映像データから動的に復元する技術を提案している(図6)。さらに、リアルタイム配信型と同様に、蓄積型コンテンツを提供するための統合処理技術の設計を言語ベースで処理できる技術開発も行っている。この技術はカプセル化処理、複合メディア処理、デバイス透過等の技術等の実現を目標としている。

3.2 ネットワーク構成による解決

インターネット配信における映像配信サービスはすでに始まっている。インターネット博覧会^⑩の開会式においてもインターネットで中継が行われた。この中継においては、大量のアクセス集中を予想した構成を行い、サーバへの負荷分散も行われたにもかかわらず、予想以上のアクセスが特定の時間に集中したため全てを処理できなかった。つまり、コンテンツの内容によっては、予想以上の負荷がパースト的に発生する事が多く、集中型のサービス提供には限界があると考えられる。特に商用の映像配信のサービスを行う場合には、品質が要求されるため、QoS制御が必要となる。しかし、規模が大きくなればなる程、特定のサー

パやネットワークだけに負荷がかかるため、QoS 制御が十分に機能しない可能性があり、コンテンツのコピーやキャッシュの管理を含めた負荷分散が必要となる。従って、大量のアクセスが発生する可能性のある大規模な ISP 等には、利用者に出るだけ近い場所で配信サーバからのコンテンツを受け取り、一時的に記録した上で、ISP 配下の利用者の要求に応じてコンテンツを配信するキャッシュサーバの設置が必要となる。また、一つの映像ストリームを ISP 内でマルチキャスト通信として提供する事でネットワーク負荷を低下させることが可能となる。言い換えれば、そのようにネットワークの構成を工夫することで利用者の要求を満たした高画質な映像配信の効率化を行うことが可能である。

この傾向は、本論文中で述べた超高品質画像の配信において、さらに強くなる。DV や D1, HDTV 等の画像フォーマットは高画質であるが、必要とする帯域は非常に大きく、その画像を配信するためには現時点では専用線が必要不可欠となる。そして、その使用目的も限られたものとなっているが、利用者からの高品質画像の要求と、一般利用者環境の広帯域化によって DV フォーマットの配信も要求されるようになる可能性がある。従って、それらを実現するためには、中継ポイント間の高品質画像配信と、中継ポイントから各クライアントに対しての適応処理を効率的に行えるようにする仕組みを開発する必要がある。

3.3 解決すべき課題

ネットワーク構成を工夫する事で、効率化を図ることが出来るが、より多くの利用者へ高品質な画像を配信するという目的に対しては、まだ不十分である。今後、インターネット放送画像の高品質化とサービスの高機能化が必要となると思われるが、そのための機構も不十分である。

リアルタイム映像配信においては、各配信地点から中継点に送信された複数の映像ストリームの選択や、一つの画面へ統合といった編集作業、さらには、あらかじめ用意した情報や新たに生成された情報を付加するといった編集作業が撮影から配信までの間に行わなければならない。従って、対象となる事象を撮影した映像をリアルタイムに編集する遠隔編集機能が必要となる。具体的には、遠隔地から送られてくる複数の映像からなる多ストリーム映像から編集処理されたシングルストリーム映像の生成と、その映像データを表示する端末に対する個別化処理が必要となる。この場合、編集地点と同様に多ストリームの映像配信を受け取る中継地点においても、編集結果を反映させるための機構が重要となる。その一方で、蓄積型配信のためのコンテンツ分散管理の手法などが重要となる。

次章では、この遠隔編集機能について述べる。

4 遠隔編集機能

4.1 リアルタイム編集作業

蓄積型配信のためのコンテンツを編集する場合は、通常の映像コンテンツの手法を用いることが可能である。その

ため、様々な手法や効果を用いたコンテンツを制作することが可能である。

しかし、リアルタイム配信時の編集では、時間的な制約が厳しいため、多くの映像の中の一つを選択することや、複数の画面を同時に一つの画面に表示すること、さらには、あらかじめ用意していたデータや画像を組み込むという作業が中心となる。また、突発的な事象については、映像を視聴している利用者にとってそれが印象深いものであれば、その一部のシーンを巻き戻して再生することなども必要となるが、限られた時間内に処理を終了しなくてはならない。従って、リアルタイム編集においては、以下の項目が課題となる。

- マルチストリームからシングルストリームへの変換
- あらかじめ準備された関連情報の付加
- 一時的に記録された動画像の適用

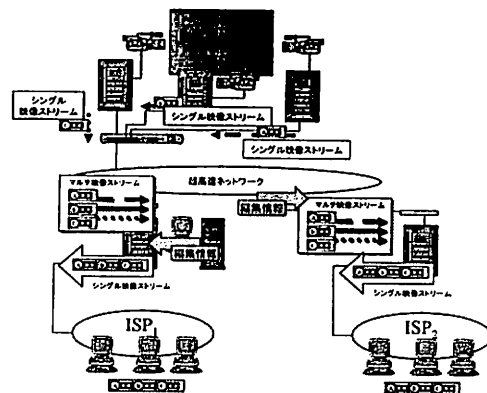


図5 遠隔編集機能概念図

4.1.1 シングルストリームへの変換

スポーツ中継において、複数台のカメラが設置されることが考えられる。このような場合には、マルチストリームの映像が生成されるが、これら全てを利用者に送り届けるためには、利用者側に非常に大きな帯域を要求する。従って、通常のテレビと同様にディレクタがマルチストリームの映像の中から逐一、いくつかの映像ストリームを選択する作業を行うことで、視聴者用の一つのストリームを制作してネットワークに送り出す必要がある。これは、結果としてマルチストリーム映像をシングルストリーム映像に変換する作業となる。

4.1.2 情報付加作業

リアルタイム映像においても、あらかじめ準備していた映像に関する情報を挿入することや付加することは可能である。この際には、関連情報を格納したデータベースからデータを取りだし、編集したストリームに組み込む事となる。この場合、配信すべき端末の種類によっては、Web ブラウザに対する情報要求のリンク情報を配信して、その情報を個別に表示する等の端末固有の個別化処理が必要となる。

4.1.3 編集処理情報と、映像データの分離

画像データの編集情報は、映像ストリームの時間情報に対して処理を指定したものである。従って、編集処理情報と対象となる動画像を分離・独立させることによって、対象となった映像ストリームが蓄積された後でも、必要なときに編集処理情報を用いて編集内容を復元できる。また、画像のレイアウト情報を利用者端末の特性に合わせて変化させる個別化のための記述が重要となる。

4.2 インターネット放送のための編集操作言語の必要性

我々は、これまでに動的ハイパーメディアシステムのためのハイパーメディア記述言語を開発してきた。この記述言語においては、映像の構造化や時間軸の制御を可能としているが、リアルタイム処理のための機能が不十分である。リアルタイム映像に対する編集処理を行うためには、厳密な時間同期や素材の合成、情報の付加機能などを実現する必要がある。また、映像がもつ各シーンの構造を記述するための機能が必要である。

現在、我々は、超高画質配信システムをベースとして、インターネット放送を実現するための編集言語の設計を行っている。この言語は以下の特徴を実現することを目標としている。

1. 映像と編集処理機能の分離
2. 構造化記述
3. 配信端末による個別化のためのレイアウト処理

5. 超高画質映像の管理

5.1 超高画質映像の管理

本論文で述べた遠隔編集機能は、配信された映像ストリームを任意の中継ポイントで保存していくことを想定しているが、非常に高精細な映像であるためデータの大きさは膨大となり、大規模なシステムが必要となる可能性がある。

一方、編集された映像は、視聴者にとって整理された情報を提供するので、番組としての価値が高く、素材としてではなくコンテンツとして再利用可能である。従って、編集されたコンテンツも蓄積する価値のあるデータであるが、さらに大きな保存領域を必要とする。しかし、本論文で述べた編集機能は映像と編集処理機能を分離しているため、保存された元映像データから、編集処理機能が番組コンテンツを復元する事が可能である。言い換えれば、編集機能で生成された編集処理情報も、ディレクターの著作物でありコンテンツの一部であると考えられる。

5.2 カプセル化手法による管理

我々は、これまでに蓄積型動画コンテンツの管理手法の研究・開発を行っている¹⁰⁾。この手法では、動画コンテンツをカプセル内に管理し、各カプセルのメソッドが利用者のプロフィール情報を判別した上で、利用者に応じたコンテンツを選択配信する機能を実現している。

本研究においては、この概念を拡張して蓄積型配信のためのコンテンツデータを、その配下の利用者に提供する。

カプセルは、中継ポイントから下位のネットワークセグメントに位置する利用者に対する個別化と配信を実現する機能のメソッドを持つ。そのカプセルに対して編集処理情報としての記述情報と、利用者情報を提供することで、リアルタイムで提供された番組コンテンツを、元の映像データから動的に復元する。図6に管理機構の概念図を示す。

6. 今後の課題

既に様々な実験やイベントを通じて、我々は超高画質映像を配信する技術を確立しつつある。今後は、この映像配信技術を中心としたインターネット放送のためのキラーアプリケーションの研究開発を進めていく。

我々は、本論文で述べた遠隔編集機能の実現と、その機能を用いた処理を記述するためのリアルタイム編集処理言語の設計及び実装を行っていく予定である。そして、実装された機能をJGN等の大規模かつ広帯域なネットワーク上で評価を行い、次世代インターネットにおいて新しい情報流通の仕組みを構築することを今後の課題としている。

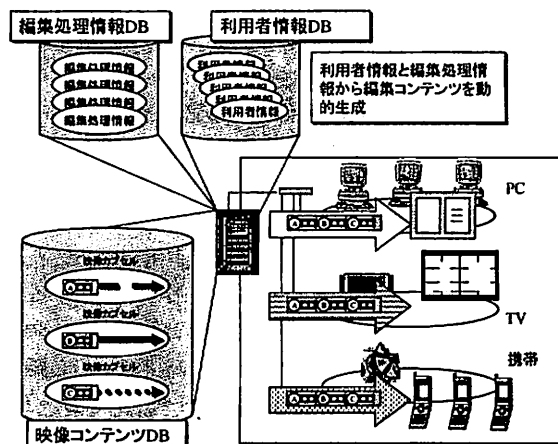


図6 映像コンテンツと編集処理情報管理概念図

参考文献

- 1) M.Katsumoto, S.Iisaku, Design of the Hypermedia Presentation Language for Dynamic Hypermedia System, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, pp.1-6, 1998
- 2) 熊谷誠治: "IP 通信と放送に関する国際事情", 情報処理学会誌 (Vol.41, No.12, 2000), pp.1315-1320
- 3) WIDE: <http://www.wide.ad.jp/wg/ieee1394/index-j.html>
- 4) 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", 情報処理学会誌 (Vol.40 No.7 1999).
- 5) 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", 計測と制御 (Vol. 39 No.8 2000).
- 6) 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)
- 7) The KAME Project Home Page: <http://www.kame.net/> (2000年10月現在)
- 8) インターネット博覧会: <http://www.inpaku.go.jp/>
- 9) Generic Media: <http://www.genericmedia.com/>
- 10) 木俣豊, 川口知昭, 角谷和俊, 田中克己: 同期化コンテンツ制作・配信システムの開発と高速ネットワーク環境における配信実験, 情報処理学会論文誌「データベース」, 2001