

HD マルチメディア配送システム

- 高性能なストリーム配送システムの開発 -

谷 英明、谷口 幸治、二宮 隆夫
(株) デジタル・ビジョン・ラボラトリーズ

次世代マルチメディアアプリケーションプラットフォームには、HD(= High Definition)品質を持つメディアストリームの転送継続中に変化するネットワーク通信資源やノード上処理資源の変動に加え、メディアコンテンツに対する供給者・視聴者双方の思い入れ・関心の度合いの変動に応じて適正な転送帯域および転送形態を動的に制御するメカニズムが求められる。本論文では、このようにネットワークノードやサーバ、端末から与えられる多様な変動要求に応じてストリーム転送系を制御するための、縦列リンク結合型の End-to-End QoS 管理制御メカニズムを提案し、プロトタイプシステムにおいて提案方式の実現性ならびに有効性が示されたことを報告する。

HD Quality Multimedia Stream Delivery System

- The Dynamic Stream Management Mechanism -

Hideaki Tani, Koji Taniguchi, Takao Ninomiya
Digital Vision Laboratories, Corporation

The multimedia application platform in the next decade will be required to handle QoS requests which vary dynamically during transferring a data stream and which are also restricted by the current network and node usage as well. This paper proposes a stream delivery system which employs a logical control bus of a concatenated link topology. The topology makes it simple to associate with service applications including additional stream processing functions at intermediate nodes in the delivery path. The paper also reports some results from a prototype implementation of the proposed mechanism and summarizes remained technical issues.

1. はじめに

筆者らは 21 世紀初頭のネットワーキングシーンにおいて求められるマルチメディア情報商品配送向けプラットフォーム機能としての、ストリーム転送系の End-to-End QoS 管理制御方式を研究開発している[10][11][12][13]。次世代ネットワークのマルチメディアストリーム配送系には、SD から HD 品質に至るスケラビリティを持つコンテンツを扱い、ネットワークあるいはノード上の資源擾乱、作者の表現上の「抑揚」による帯域増減や消

費者側の関心度合いの変化を含む多様な変動要因に応じて、転送状態を管理制御する機能が求められる。クライアント-サーバモデルのように下位層機構を不可視化した単純なモデルは、個別の変動要因を制御したりユーザ要求反映したりするのに適さない。本稿では、多様な変動要因間でひとつのストリーム転送系を共有するような新しいノード縦列結合型ストリーム管理制御メカニズムを提案し、プロトタイプ試作を通じて実現性・有効性の実証実験を行った結果を述べる。

2. マルチメディア転送プロトコル

2.1 ストリーム転送インフラの発展

HD 映像ストリームは次世代マルチメディア情報マーケット上で商品の魅力を表現する広告手段として、またソフトウェア商品自身のリアルタイム配送実現手段として利用されるもので、その転送プラットフォームの開発が急がれている。

この分野は昨今最もホットな技術分野のひとつである。ATMネットワーク上のVoDプラットフォーム標準化を目指す DAVIC 活動はインタオペラビリティ実験を完了し、1.1 版仕様を発行した[1]。またマルチメディアコンテンツを提供するインターネットWebページから連続ストリームを配送するアプリケーションも数多く登場し[2,3]、IETFでは共通ストリームプロトコル RTSP の標準化作業が開始された[4]。

また、転送路の資源状況に応じて転送データ量を加減するストリーム制御技術の研究も活発で、これらは帯域の異なるコンテンツを用意するもの、エンコーダでリアルタイムに帯域制御するもの、送出時または中継時にシェーピングするもの[6][7]、複数のサブストリームを選択的にマージするもの[8][9]、などに分けられる。シーンに応じた大きな帯域変動を含む HD ビデオストリームの符号化伝送では最大帯域を保証することが非現実的であり、こうしたストリーム制御機構が欠かせない。Microsoft 社は、一連のフィルタ機能を縦列結合したグラフ表現 (Filter Graph) を用いてストリーム処理を制御するオブジェクト指向アーキテクチャ ActiveMovie[5]を発表したが、これもこうした動きに呼応するものといえる。

ところが現行のストリーム転送機構は、既存プロトコル体系との互換性や、既存網 (i.e. インタネット) での利用を前提としているため、アーキテクチャ的に制約を受けている。例えば、既存プロトコル階層モデルは多重化・カプセル化を目的として

階層分割されており、個別ストリームの QoS 制御との整合しない。またこうしたモデルに基づくネットワークにおいては第3階層の中継処理を行うルータに高位処理を追加することはできない。

2.2 提案方式の技術的特徴

こうした既存方式に対して、筆者らが開発した HD ストリーム転送系は以下の特徴を持つ。

- (1) 端末やサーバ上のアプリケーションがストリーム転送系と自由に制御交信できるバス結合モデルを採用しており、アプリケーションからストリーム転送状態の把握や QoS の動的制御が容易になる。
- (2) クライアント-サーバ対向の構成に限定せず、同一の機構でクライアント-サーバ型配送のほか、放送型 (プッシュ型)、第三者制御型のストリーム配送系を構成することができる。
- (3) ストリーム転送モジュール (STM) 間の協調により、広域網内や網間接続点に中継ノードを挿入して両ノードの能力不足を補う構成 (「超スケラブル配送」[12]) が可能である。
- (4) STM では単純なストリーム送受信のほか、分岐、マージ、フィルタリング、デバイス出力などの処理機能部品を繋ぎ合わせることができる。

3. ストリーム End-to-End QoS 制御システム

3.1 STM 縦列結合による連携

STM は図 1 に示すように制御部と転送部からなり、通信インタフェースを介して別のノード上の STM (隣接 STM) と接続する。転送部はネットワーク入出力機能のほか、各種ストリーム処理部品やファイル/デバイスとの入出力機能を含むことができ、制御部からの指令に従って動作する。STM は個別ストリームに対応して各ノード上に生成され、ストリーム識別子によって相互に識別される。STM の制御部では、隣接する STM やアプリケーションとの接続関係を表し、データストリー

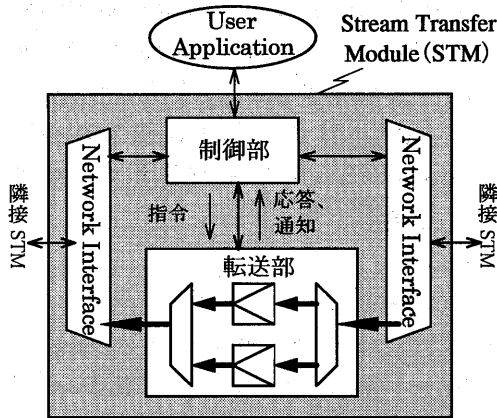


図1. ストリーム転送モジュール (STM) の構成

STM 本体の転送と制御メッセージの転送の両方に用いる転送制御テーブルと、実際の転送動作に関する制御パラメータならびに統計データが管理される。

この STM を縦列結合して構築するストリーム転送系の構成を図 2 に示す。本構成では以下の 3 つのインタフェース規定点を含む。

- a) P1 点: STM-App. 間連携プロトコル
- b) P2 点: STM-STM 間連携プロトコル
- c) STM 利用 API (スタブ-ユーザ Appl 間)

これらの規定点のうち、API については論理的なプリミティブのみが規定される。また本仕様ではマルチメディアデータストリーム本体を運ぶプロトコルについては規定しないので、ネットワーク・インフラにあわせて選択することができる。これらの仕様の詳細は文献[13][14]を参照して頂きたい。

3.2 ストリーム転送の実行手順

本転送系において、ストリーム転送を開始するユーザアプリケーションはまずローカルノード上に STM を生成し、これに接続する。次にリンク延伸メッセージを用いて目的のノードにたどり着くまで STM 縦列結合リンクを伸ばす。このようにして構築された転送制御系は論理的には制御バスとして機能し、アプリケーションからのコマンドメッセ

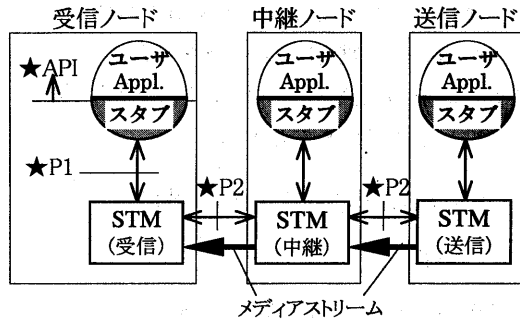


図2. ストリーム転送系構成とインタフェース規定点

ージを経路内各 STM へ伝達することができるので、ストリーム転送に必要なパラメータの設定を行うことができる。また、このようにして設定されたストリーム転送系に対して各ノードのアプリケーション接続することができる。アプリケーションからの接続要求を受けた際にはストリーム識別子を比較してアクセスの正当性を判断する。パブリックな放送型のストリームには公開されたストリーム識別子が、プライベートなストリームには例えば暗号化された識別子の値が利用される。

ストリーム転送経路の設定手順は、VoD 型/ブッシュ型/放送型など、実現するアプリケーションのタイプによって異なるが、本手順は経路設定開始側に依存しない対称構造を持つため、様々なタイプのアプリケーションから同様に利用することができる。なお適切なアクセス点アドレスの獲得するためのディレクトリ機能は、STM 連携機能に含まれない。

ひとつのストリームに関わる STM のうち、全体の制御決定権を持つ STM をマスタ STM と呼ぶ。

ストリームの QoS パラメータは通常、配送するコンテンツを管理する側から設定されるが、この設定状況は各 STM に同報されるので、端末側の伝送帯域やマシン処理能力の不足がある場合には、QoS パラメータの変更を要求することができる。この QoS 変更要求はストリーム転送中であっても発行することができる。QoS 変更要求がマスタ STM

に渡されると、マスタ STM はこの指定された値に基づき、各ノードの動作パラメータを再設定する。ストリーム転送の継続中、マスタ STM は適切な間隔で各ノードの状態を収集する。

4. プロトコル検証システムの開発

4.1 全体アーキテクチャ

筆者らが開発した HD ストリーム配送系プロトタイプシステムの全体構成を図 3 に示す。本システムは、ATM-LAN (155Mbps) からなる模擬広域網と、Ethernet スイッチングハブからなる模擬宅内網から構成され、両者間を Home Information Server (HIS) が接続している。

(1) 模擬広域網

模擬広域網は 2 台の ATM スイッチからなる ATM-LAN で、OC-3 (155Mbps) の端末を 14 台 (最大 30 台) 收容することができ、ATM-Forum UNI3.1 による SVC 交換で運用している。実験では Toshiba WS (Usparc 互換機) および DEC-PC (サーバ機) ベースのストリームサーバをそれぞれ 1 台づつ接続している。

(2) 模擬宅内網

模擬宅内網は現在のところ、Ethernet 10Base-T のスイッチングハブを用いて実現している。この LAN には MPEG2 デコーダボード (Optibase 社製) を搭載した PC を 2 台 (Pentium 133MHz)、SunWS (SS20/125) を 1 台、および、ノート型 PC を 2 台接続している。

(3) HIS

HIS は宅内 LAN サーバ、対外ホームページサーバ、セキュリティゲートウェイ、ストリーム中継ノードなどの機能を集約した家庭向け統合ノードである。本プロトタイプは WS とルータからなっており、様々なサービスアイデアを試作・評価できる構成をとっている。今回はこのうちストリームバッファリング機能を開発した [15]。

4.2 ソフトウェアアーキテクチャ

上記システムの上でストリーム配送機能を実現するために、以下のソフトウェアを開発した。MPEG2 デコーダ対応のストリーム受信モジュールを除くすべてのモジュールは、Solaris 2.4 および Windows NT 4.0 上でソース互換の C++ プログラムで実現した。

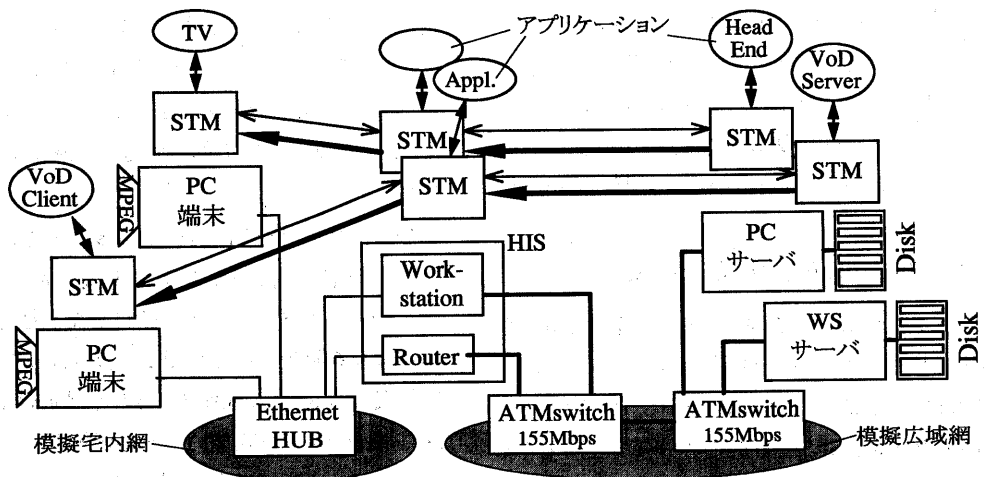


図3. HD ストリーム転送系の全体構成

(1) STM

STM 制御部機能として、まずストリーム転送経路設定プロトコルおよび転送部制御機能をプロトタイプ実装し、この上に QoS イベントの通知/フィードバック機能を追加した。セキュリティ機能やマスタ委譲機能は実装していない。

STM 転送部機能は、次項のストリーム転送機能ライブラリを用いて実現した。

(2) ストリーム転送機能ライブラリ (CommLib)

STM は Unix (Solaris2.4) および Windows (NT4.0) の環境で動作するプロセスとして実現されており、その制御部および転送部は、自走する (独立スレッドを持つ) 複数の C++オブジェクトから構成される。

ストリーム転送に必要となる様々な C++オブジェクトを効率的に開発するため、Solaris/WinNT 双方で動作する MPEG ストリーム転送用 C++クラスライブラリを開発した。本ライブラリのクラス構成概略を図 4 に示す。

(3) STMC-Lib

ユーザアプリケーションから STM を利用する際にリンクするスタブモジュールである STMC-Lib は、最初 C++クラスとして開発し、さらにこれを Java へ移植した。これにより、Solaris/WinNT 上で動作可能な GUI 環境との組み合わせも容易に

なった。

(4) STM デーモン

STM デーモンは、STM の生成/消滅、および STM に接続されるユーザアプリケーションに対するアクセス許可のためのテーブルを管理する常駐型プロセスとして実装し、予め決められたアクセスポートでアプリケーションや STM からのアクセスを受け付ける構成とした。

4.3 ストリーム制御系の実装と評価

筆者らは、前述のストリーム転送実験システムにおいて、提案プロトコルの実現性ならびに実用性の評価実験を行った。以下では実験結果の概要を述べる。

転送するストリームに対応して各ノード上に STM を生成し、これらを連携させる手順は、仕様通りに動作し、良好な再生画像が得られた。4Mbps ビデオストリームを 3 本転送し、受信端末でこのうち 1 本を選択する実験でも転送性能の劣化は認められなかった。また、端末-HIS-サーバを連携させた単純な VoD 型アプリケーションの実験では、コマンドレスポンスも 2.4 秒程度と、許容できる範囲内に収まることを確認した (図 5)。

本方式では、ストリーム配送系を構成する各 STM には、STM 制御ライブラリを介してユーザア

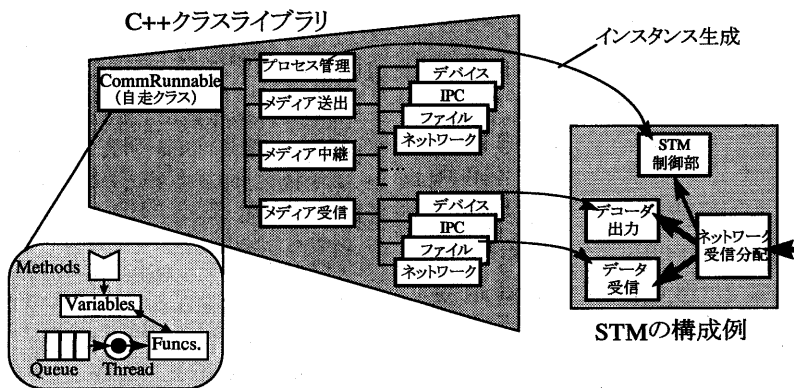


図4. MPEG 転送系クラスライブラリの構成

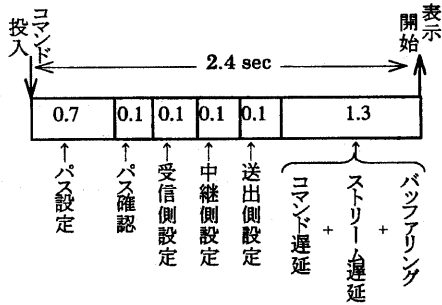


図5. オンデマンド遅延の計測結果

アプリケーションを接続することができるので、上記実験では、STMの内部状態を表示するJavaアプリケーションを接続して転送時の内部動作を確認した。

本転送系では転送動作中にSTMが発信する通知メッセージに基づいて送出レートやフィルタリング条件などの動作パラメータを変更することにより、動的QoS制御が実現できる。今回の実験では、ユーザ要求に基づく転送中のMPEG2-TSストリームシェーピングを行った。このシェーピング機構は、転送系初期化時に、ストリームを構成する各要素(音声、I/P/B画像、その他データ)間の優先度を指定したテーブルを予め設定し、転送中にはこのテーブルを参照しながら与えられた送出レートを超えないように適応的間引きを行うもので、テーブルの切り替えによって作者や視聴者の嗜好を反映することができる[16]。

5. おわりに

本稿では、筆者らが開発したストリーム End-to-End QoS 管理制御システムについて述べた。今後は、本稿で紹介した提案プロトコルならびにSTM連携メカニズムを、より現実的なネットワーク環境に適用するための機能強化に注力する予定である。また、既存のDSM-CC、DAVIC、RTSPとの相互接続関係についても調査検討を進めていく。最後に、本研究に際して多くのアドバイスを頂いた当社青池常務、羽根技師長、五十嵐部長、

篠原部長、および、熱心に討論していただいた第2研究部研究員各位に謝意を表します。また、MPEGストリーム転送系の開発に協力して頂いた当社森本氏、本間氏、ならびにプロジェクトメンバーに感謝します。

参考文献

- [1]DAVIC Specification 1.1, 1996.12.
- [2] <http://www.realaudio.com/> (RealVideo), <http://www.vdo.net/> (VDOLive), <http://www.xingtech.com/> (StreamWorks) など
- [3]比較記事多数。例えば、日経コミュニケーション1997.2.3.
- [4] Internet Draft, draft-rao-rtsp-00.txt (RTSP), 1996.9.
- [5] <http://www.microsoft.com/> (ActiveMovie)
- [6]山内他,「インターネット上のビデオ転送のための...」,次世代ボーダレスメディアシンポ,pp.1-8,1996.6.
- [7]酒澤,「フレキシブルなビデオストリーム配送方式の検討」,信学技報MVE96-64,1997.2.
- [8]Campbell,A.et al,“End-to-End QoS Management for Adaptive Video Flows”,SMCVC'95,1995.10.
- [9]秦泉寺他,「インターネットにおける実時間配信プロトコル RSTP と...」,次世代ボーダレスメディアシンポ,pp.9-14,1996.6.
- [10]萩原他,「HD マルチメディア情報サービスプラットフォーム-システムコンセプト-」,情処第52回全大予稿集,2F-6,1996.3.
- [11]前川,「同-非同期ネットワーク計算と連続メディア処理-」,情処第52回全大予稿集,2F-7,1996.3.
- [12]谷,「同-スケラブルなマルチメディアデータ配送-」,情処第52回全大予稿集,2F-8,1996.3.
- [13]谷,谷口,「HD マルチメディア配送システムの開発-リンク接続によるEnd-to-End QoS 管理機構-」,情処 DPS 研究会八幡平ワークショップ予稿集,pp.395-400,1996.10.
- [14]谷,谷口,二宮,「HD マルチメディア配送システム-End-to-End ストリーム QoS 制御」,第54回情処全大予稿集,3U-4,1997.3.
- [15]二宮,谷,「HD マルチメディア配送システム-大容量蓄積機能を持つ中継ノードの提案」,第54回情処全大予稿集,3U-5,1997.3.
- [16]谷口,谷,「HD マルチメディア配送システム-符号化映像の動的帯域制御に関する検討」,信学平9春総大,B-7-249,1997.3.